

## تحلیل مکانی شوری آب زیرزمینی دشت سرخون با استفاده

### از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS

احمد نوحه گر<sup>۱</sup>، فاطمه ریاحی<sup>۲\*</sup>، مجید خیاط خلقی<sup>۳</sup>، حسن وقار فرد<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

<sup>۲\*</sup> کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان

پست الکترونیک نویسنده مسئول:

Fateme\_riahi@yahoo.com

<sup>۳</sup> دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی کرج

<sup>۴</sup> استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۵

#### چکیده:

انتخاب یک روش میان‌یابی بهینه برای تخمین ویژگی‌های یک منطقه در نقاط نمونه‌گیری نشده، نقش مهمی در مدیریت داده‌ها دارد. یکی از شاخص‌های مهم در بررسی وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی، هدایت الکتریکی است. هدف از انجام این پژوهش، انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی به منظور بررسی و تحلیل مکانی میزان شوری آب‌های زیرزمینی دشت سرخون است. در این باره با استفاده از نرم‌افزار **ARC GIS 9.3**، روش‌های مختلف میان‌یابی از جمله کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده و روش‌های معین مانند عکس فاصله (**IDW**)، تابع شعاعی (**RBF**)، تخمینگر موضعی (**LPI**) و تخمین‌گر عام (**GPI**) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش تابع شعاعی و روش کریجینگ معمولی به دلیل دارا بودن **R** بالاتر و **RMSE** و **MBE** کمتر، روش‌های اعتمادپذیرتری هستند. نیز با مقایسه بین دو روش مشخص شد که روش کریجینگ معمولی دارای صحت بیشتری است. بر این اساس، نقشه تغییرات شوری دشت سرخون با روش کریجینگ معمولی تهیه شد و بر مبنای آن، آب زیرزمینی دشت سرخون از نظر کیفیت، براساس دیاگرام شولر در چهار کلاس قابل قبول، نامناسب، بد و موقتاً بد (به ترتیب ۴۱/۵، ۲۵/۳۱، ۲۲/۵ و ۱۰/۸۹ درصد) و از نظر استفاده برای کشاورزی در دو کلاس مشکل کم تا متوسط (۶۴/۸ درصد) و مشکل شدید (۳۵/۲ درصد) قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: شوری، میان‌یابی، کریجینگ، دیاگرام شولر، دشت سرخون.

## مقدمه

به موازات این مسائل، این است که کیفیت آب زیرزمینی در مقیاس مکانی تغییر زیادی کرده و نمی‌توان آن را در گستره مکان ثابت فرض کرد (ملکی گنادیشی، ۲۰۰۹). علی‌رغم اهمیت این موضوع، تاکنون به تغییرات مکانی کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی کشور توجه لازم نشده است. یکی از مهم‌ترین دلایل این کاستی، فقدان توانایی روش‌های سنتی مورد استفاده در آمار کلاسیک برای ارائه اطلاعات لازم در خصوص موقعیت مکانی و تغییرات موضعی آن در سطح است (مهدوی، ۲۰۰۵). اما پیشرفت‌های اخیر در معرفی و بسط روش‌های غیرکلاسیک، باعث افزایش تمایل برای استفاده از آمار مکانی یا میان‌یابی به‌منظور بررسی و شناخت بیشتر این تغییرات شده است. تحقیقات و مطالعات گوناگونی در داخل و خارج از کشور، درباره کاربرد روش‌های میان‌یابی در مطالعه آب‌های زیرزمینی انجام گرفته است که بعضی از آن‌ها به‌طور مختصر توضیح داده می‌شود.

داگوستینو و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) به بررسی تغییرات با استفاده از روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در آب‌های زیرزمینی پرداختند؛ در نهایت نتایج تحقیق ایشان نشان داد که روش کوکریجینگ، باعث افزایش دقت در برآورد غلظت نیترا شده است.

تئودوسیو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) سطح آب زیرزمینی در حوضه آتوماتوس<sup>۳</sup> در شمال یونان را با استفاده از روش کریجینگ میان‌یابی کردند و صحت مقادیر میان‌یابی شده را با روش C.V تخمین زدند.

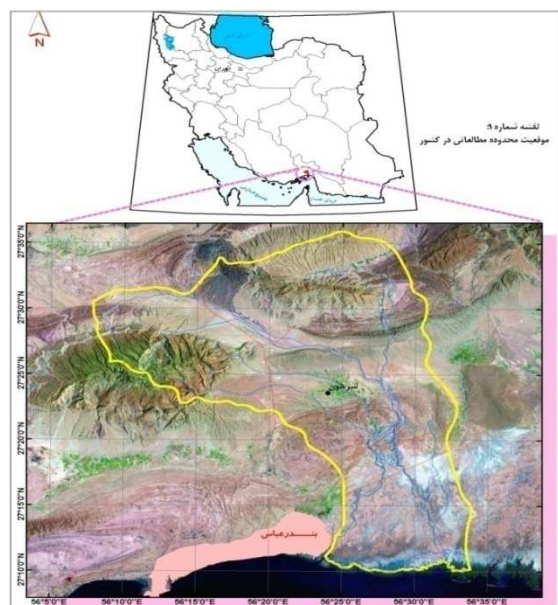
زهتابیان و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی و تحلیل مکانی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی درحوزه آبخیز گرمسار واقع در استان سمنان با استفاده از روش‌های میان‌یابی و معین با مقایسه به این نتیجه رسیدند که روش‌های میان‌یابی نسبت به روش‌های معین دقتی بالاتر دارند؛ به‌گونه‌ای

آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است. در شرایط کنونی، بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور به‌خصوص در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود (خدایی و همکاران، ۱۳۸۴). تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شورشدن منابع آب در حال حاضر، خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور به‌خصوص در اراضی خشک است. کیفیت آب زیرزمینی همچون آب سطحی دائماً در حال تغییر است؛ اما این تغییرات نسبت به آب‌های سطحی بسیار کندتر صورت می‌گیرد (مهدوی، ۲۰۰۵). تهیه نقشه‌ها هنگام تغییرات شوری و املاح می‌تواند گامی مهم در بهره‌برداری صحیح از منابع آب باشد. افزون بر آن، نقشه‌های تغییرات ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نقشی ارزنده را در فرایند تصمیم‌گیری و مدیریت استفاده و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند.

روش‌های گوناگونی برای مطالعه و پهنه‌بندی تغییرات ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها بسته به وضعیت منطقه و وجود آمار و داده‌های کافی، دارای دقت‌های گوناگونی هستند. از جمله روش‌های میان‌یابی برای تهیه نقشه‌های تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌توان به روش‌های زمین‌آمار کریجینگ و کوکریجینگ و روش‌های معین مانند روش عکس فاصله، تابع شعاعی و .. اشاره کرد. انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه به‌شمار می‌رود. امروزه به‌منظور تخمین متغیرهای مکانی یک منطقه از روش‌های زمین‌آمار استفاده می‌گردد. تفاوت اصلی این روش با آمار کلاسیک این است که در آمار کلاسیک، نمونه‌های گرفته‌شده از یک جامعه آماری، مستقل از یکدیگر بوده و وجود یک نمونه، هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره نمونه بعدی نمی‌دهد؛ اما روش‌های میان‌یابی، وجود همبستگی مکانی بین مقادیر یک متغیر در یک ناحیه را بررسی می‌کنند (حسنی‌پاک، ۲۰۰۶). مسئله مهم دیگر قابل تأمل

1. Dagostino et al.
2. Theodossiou et al
3. Anthemountas

تعیین حوضه آبریز، ارتباطی با زیرحوضه سرخون ندارد؛ ولی به دلیل وجود مناطق بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در حاشیه شرقی دشت سرخون و ایجاد شیب هیدرولیکی، رودخانه شور عملاً آن دشت را تغذیه می‌کند. میانگین بارندگی طولانی‌مدت در مناطق ارتفاعی و دشتی منطقه به ترتیب ۲۳۴ و ۲۱۹ میلی‌متر است. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی ساختاری، در زون زاگرس چین‌خورده واقع شده است. در این محدوده، سازندهایی از پرکامبرین تا کواترن وجود دارد. جنس آبرفت در بخش غربی و ورودی دشت و همچنین مرکزی دشت، دانه درشت است و با پیشروی به سمت شمال شرق و جنوب و بالاخص شرق و جنوب شرقی (خروجی دشت) از قطر دانه‌بندی آبرفت کاسته می‌شود و آبرفت حالت دانه‌ریز پیدا می‌کند.



شکل ۱: موقعیت دشت سرخون بر روی تصویر ماهواره‌ای

### روش تحقیق

در این پژوهش، از میانگین آماری ۱۰ ساله هدایت الکتریکی مربوط به ۲۶ حلقه چاه نمونه‌برداری موجود در دشت سرخون به عنوان منابع آماری استفاده شد. در مرحله بعد، همه داده‌های مربوط به EC از نظر نرمال‌بودن مورد بررسی قرار گرفتند و به منظور تشریح پیوستگی مکانی متغیرها، واریوگرام داده‌ها ترسیم شد.

که از بین روش‌های زمین‌آماری، روش کوکریجینگ و از میان روش‌های معین، روش تابع شعاعی از دقتی بالاتر برای بیشتر عامل‌ها برخوردار بود.

شعبانی (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان تحلیل مکانی آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه ارسنجان، خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه از نظر شوری، نیترات، PH و TDS را با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و معین مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که روش زمین‌آماری کوکریجینگ به دلیل دارا بودن R بالاتر و RMSE پایین‌تر نسبت به روش‌های معین در تهیه نقشه تغییرات ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان، از دقت بالاتری برخوردار بوده و دارای ارجحیت است. فتونی (۲۰۰۸) در تحقیقی درباره کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشاورزی تریفا در شمال شرق مراکش از نظر میزان نیترات آمونیوم و آلودگی‌های باکتریولوژیکی، از روش کوکریجینگ معمولی برای مطالعه و پهنه‌بندی نقشه کیفی آب زیرزمینی استفاده کرد؛ در نهایت، نتایج نشان‌دهنده تغییرات معنی‌داری در مقایسه با مطالعات قبلی بود و بیان نمود اگر هیچ نوع استراتژی بازدارنده صورت نگیرد، توسعه اراضی کشاورزی در این مناطق، باعث تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌شود.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی سرخون به فاصله تقریبی ۲۵ کیلومتری از بندرعباس در دامنه شرقی-شمال شرقی کوه گنو واقع شده است. این حوزه با مساحتی حدود ۷۱۸۲/۷ هکتار و در مختصات جغرافیایی ۲۷°، ۳۵' تا ۲۷°، ۳۷' عرض شمالی و ۷°، ۵۶' تا ۵۶°، ۳۳' طول شرقی، در حوضه آبریز سرخون واقع شده است. محدوده مطالعاتی سرخون از شمال شرق و شرق به محدوده شمیل-تخت، از شمال به محدوده مطالعاتی سرزه-سیاهو، از غرب به محدوده‌های رضوان، ایسین شرقی و بندر عباس و از جنوب به خلیج فارس منتهی می‌گردد (شکل ۱). رودخانه شور، واقع در این محدوده از نظر ساختار مرفولوژیکی

### ۲-۱. آستانه متغیر نما

به مقدار ثابتی که متغیر نما در دامنه تأثیر به آن می‌رسد، آستانه گفته می‌شود. مقدار آستانه، برابر با واریانس کل تمام نمونه‌هایی است که در محاسبه تغییر نما به کار رفته‌اند (حسینی پاک، ۲۰۰۶).

در روش کریجینگ، متغیر نماهایی که به سقف مشخص می‌رسند، اهمیتی بیشتر دارند. در مواردی متغیر نماهایی به دست می‌آید که در محدوده فواصل مورد نظر، تمایلی به نزدیک شدن به حد ثابتی ندارند. این متغیر نماها می‌توانند نشان‌دهنده وجود روند در داده‌ها و یا عدم ایستایی داده‌ها باشند. گاهی نیز ممکن است تغییرپذیری یعنی آستانه تغییر نما در جهات مختلف متفاوت این پدیده، بر اثر ناهمسان‌گردی کمیت مورد نظر باشد.

### ۳-۱. اثر قطعه‌ای

مقدار متغیر نما در مبدأ مختصات یعنی به‌ازای  $h=0$  اثر قطعه‌ای ( $C_0$ ) نامیده می‌شود. در حالت بهینه، مقدار  $C_0$  باید صفر باشد؛ اما در بیشتر مواقع بزرگ‌تر از صفر است. در این حالت، جزء تصادفی و یا غیر ساختاردار متغیر ظاهر می‌شود (حسینی پاک، ۲۰۰۶).

### ۲. معیار ارزیابی صحت

در این تحقیق، برای انتخاب روش مناسب میان‌یابی از روش ارزیابی متقابل استفاده شده است. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از سایر نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای تمامی نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود؛ به‌گونه‌ای که در پایان، به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهد داشت و در پایان، با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده‌شده را برآورد کرد. معیارهایی گوناگون برای این کار وجود دارد که در این تحقیق، سه معیار میانگین خطای اریب یا انحراف (MBE)، ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE)، ضریب همبستگی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی (R) استفاده شده است. معادله‌های مربوط به محاسبه آن‌ها به قرار زیر است:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n [z(e_i) - z(m_i)]}{n}$$

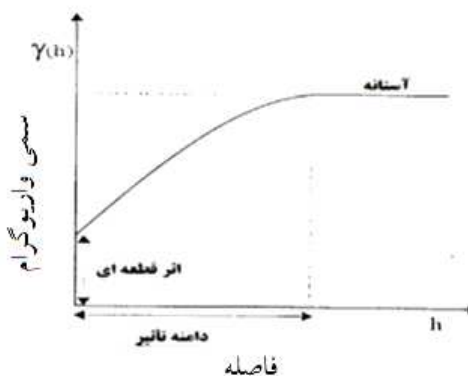
پس از انجام این مراحل برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به نقشه سطح و تولید نقشه شوری آب زیرزمینی دشت سرخون در محیط نرم‌افزاری ArcGIS9.3، روش‌های میان‌یابی کریجینگ معمولی (OK)، کریجینگ ساده (SK) و روش‌های معین مانند عکس فاصله (IDW)، تخمین‌گر موضعی (LPI) و تخمین‌گر عام (GPI) استفاده شد و مقایسه این روش‌ها با استفاده از معیارهای ارزیابی صحت صورت گرفت. پس از انتخاب روش مناسب میان‌یابی، نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه از لحاظ هدایت الکتریکی تهیه شد و در نهایت، درجه بحرانی بودن هر پهنه براساس استانداردهای موجود مانند دیگرام شولر و دانشگاه کالیفرنیا مشخص شد.

### ۱. ویژگی‌های متغیر نما

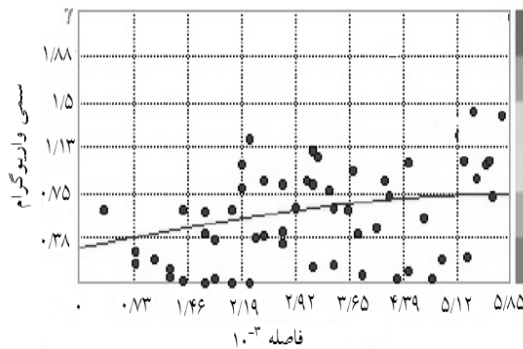
هدف اصلی از محاسبه متغیر نما این است که بتوان تغییرپذیری متغیر را نسبت به فاصله مکانی یا زمانی شناخت. برای این کار لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله معلوم  $h$  از یکدیگر قرار دارند، محاسبه و در مقابل  $h$  رسم گردد (حسینی پاک، ۲۰۰۶).

#### ۱-۱. دامنه تأثیر

شعاع تأثیر یا دامنه، فاصله‌ای است که در ماورای آن نمونه‌ها بر هم اثری ندارند و تغییر نما به حالت افقی درمی‌آید. دامنه تأثیر کوتاه، بیانگر تغییرپذیری زیاد و دامنه تأثیر بلند، نشان‌دهنده همگن بودن جامعه مورد مطالعه است (شکل ۲)؛ بنابراین می‌توان در حالت اخیر، فاصله نمونه‌برداری‌ها را افزایش داد (اخوان و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۲: واریوگرام و پارامترهای آن



شکل ۳: نیم تغییر نمای هدایت الکتریکی

### ۳. نتایج ارزیابی معیار صحت

در جدول‌های ۲ و ۳، RMSE، R، MBE مربوط به داده‌های EC برای هر یک از روش‌های معین و کریجینگ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در جدول‌های زیر و مقایسه روش‌های مختلف میان‌یابی نشان‌دهنده این است که روش کریجینگ معمولی به دلیل دارا بودن R بالاتر و RMSE، MBE کمتر دارای بیشترین دقت است؛ لذا به عنوان روش مناسب میان‌یابی در تهیه نقشه تغییرات EC در دشت سرخون مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۲: مقادیر R و RMSE و MBE برای هریک از

روش‌های کریجینگ مربوط به EC

روش	R	RMSE	MBE
کریجینگ معمولی	۰/۸۳	۱۳۸۲/۶۰	۰/۰۰۷
کریجینگ ساده	۰/۸۳	۱۴۵۱/۰۸	۵/۰۱

جدول ۳: مقادیر R و RMSE و MBE برای هریک از

روش‌های معین مربوط به EC

روش	R	RMSE	MBE
عکس فاصله (IDW)	۰/۷۳۶۳	۱۷۲۵/۳۸۴	-۸۴/۹۹
تابع شعاعی (RBF)	۰/۷۴۹۱	۱۶۸۲/۰۶	۵/۹۰
تخمین گر عام (GPI)	۰/۷۲۲۶	۲۰۸۱/۵۲	۲۲/۳۷
تخمین گر موضعی (LPI)	۰/۷۷۸۸	۱۷۱۸/۸۱	۳۵/۸۶

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z(e_i) - Z(m_i)]^2}{n}}$$

که در این معادله‌ها، هر کدام از پارامترها عبارت‌اند از:

$$R = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n [Z(e_i) - \bar{Z}(m_i)]^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [Z(m_i) - \bar{Z}(m_i)]^2}}$$

n = تعداد نقاط مشاهده‌ای

Z(ei) = مقدار برآوردی بر نقطه i ام

Z(mi) = مقدار مشاهده‌ای بر نقطه i ام

$\bar{Z}(m_i)$  = میانگین مقدار مشاهده‌ای برای نقطه i ام

### نتایج

#### ۱. نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها

شرط استفاده از روش‌های میان‌یابی، نرمال بودن داده‌هاست. با بررسی دو روش هیستوگرام داده‌ها و QQPLOT مشخص شد که داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند؛ بنابراین، داده‌ها به صورت لگاریتمی درآمدند داده‌ها تا از این طریق، داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت کنند. به عبارت دیگر، داده‌ها با تبدیل لگاریتمی به توزیع نرمال تبدیل شده و از این طریق، شرط نرمال بودن داده‌ها برای استفاده از روش میان‌یابی صورت پذیرفت. لازم است ذکر شود که شرط نرمال بودن داده‌ها فقط برای روش‌های میان‌یابی کریجینگ بوده و برای روش‌های معین شرط نیست.

#### ۲. نتایج تحلیل واریوگرام EC

نتایج به دست آمده از تحلیل سمی واریوگرام EC، نشان‌دهنده این بود که مدل واریوگرام به دست آمده، کروی است و این پارامتر، دارای اثر قطعه‌ای ۰/۲۹ است (جدول ۱). در شکل ۳، واریوگرام تجربی و مدل برازش شده داده برای حالت تبدیل لگاریتمی نشان داده شده است.

جدول ۱: پارامترهای مربوط به واریوگرام هدایت الکتریکی

مدل	اثر قطعه‌ای	آستانه‌ای	شعاع تأثیر
کروی	۰/۲۹	۰/۴۴	۵۷۷۵/۵

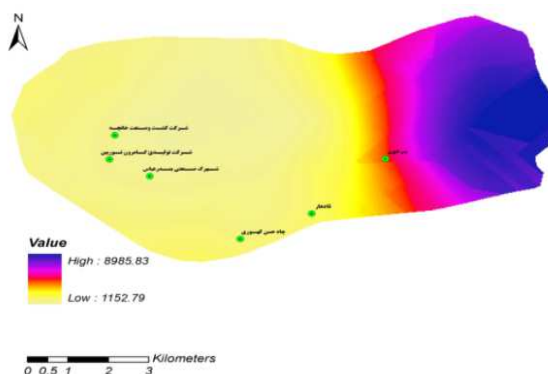
در شکل ۶، نقشه کیفیت آب زیرزمینی دشت سرخون براساس دیاگرام شولر با استفاده از فاکتور TDS (غلظت املاح محلول) نشان داده است.

جدول ۴: مساحت مربوط به هر یک از طبقات EC در دشت سرخون برحسب میکروموس بر سانتی متر

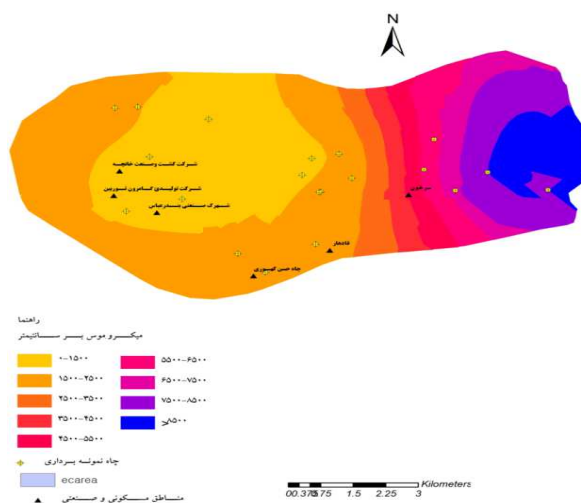
طبقات	مساحت (هکتار)	مساحت (%)
۰-۱۵۰۰	۱۹۳۳/۵	۲۶/۹۲
۱۵۰۰-۲۵۰۰	۲۵۵۲/۲	۳۵/۵۳
۲۵۰۰-۳۵۰۰	۳۲۰/۸	۴/۴۷
۳۵۰۰-۴۵۰۰	۲۴۲/۷	۳/۳۸
۴۵۰۰-۵۵۰۰	۲۵۲/۲	۳/۵۲
۵۵۰۰-۶۵۰۰	۳۴۰/۷	۴/۷۴
۶۵۰۰-۷۵۰۰	۳۷۰/۴	۵/۱۶
۷۵۰۰-۸۵۰۰	۶۹۸/۶	۹/۷۳
۸۵۰۰<	۴۷۰/۲	۶/۵۵

#### ۴. نتایج نقشه مقادیر EC

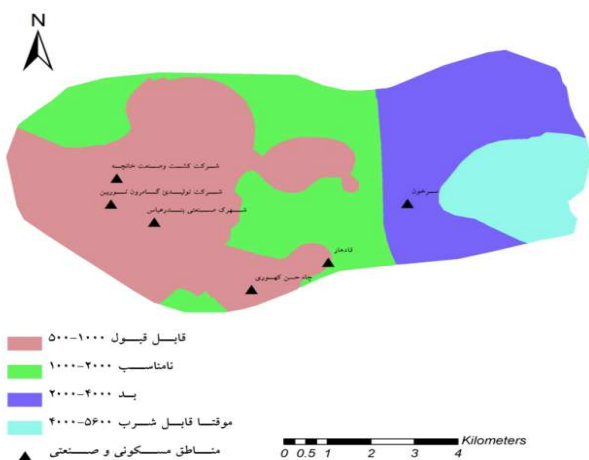
در شکل ۴، نقشه مقادیر EC براساس روش کریجینگ معمولی و در شکل ۵، نقشه مقادیر EC آب‌های زیرزمینی دشت سرخون نشان داده شده است.



شکل ۴: نقشه تغییرات EC آب‌های زیرزمینی دشت سرخون براساس روش کریجینگ معمولی



شکل ۵: نقشه تغییرات EC آب‌های زیرزمینی دشت سرخون بر حسب میکروموس بر سانتی متر



شکل ۶: نقشه کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت سرخون از نظر شرب براساس دیاگرام شولر

#### ۵. نتایج نقشه کیفیت آب زیرزمینی

در جدول ۴ نیز، مساحت مربوط به طبقات EC نشان داده شده است. بر این اساس، بیشترین سطح منطقه، یعنی ۲۵۵۲/۲ هکتار معادل ۳۵/۵۳ درصد از سطح منطقه، دارای هدایت الکتریکی به میزان ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ میکروموس بر سانتی متر است.

جدول ۶: مساحت مربوط به گروه‌های کیفیت آب براساس پارامتر

طبقات	مقدار EC	مساحت (ha)	مساحت (%)
مشکل کم تا متوسط	۷۰۰-۳۰۰۰	۴۶۵۶/۴۶	۶۴/۸
مشکل شدید	۳۰۰۰<	۲۵۲۶/۱۲	۳۵/۲

براساس جدول ۶ مشخص می‌شود که حدود ۶۴/۸ درصد از مساحت منطقه از لحاظ آبیاری، در طبقه مشکل کم تا متوسط طبقه‌بندی می‌شوند.

### بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش، انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی در تهیه نقشه کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر میزان شوری و پهنه‌بندی آن، برای مصارف شرب و آبیاری است. نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۲ و ۳ نشان می‌دهد که از بین تمامی روش‌های درون‌یابی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، کریجینگ معمولی دارای حداقل خطا و حداکثر همبستگی است. دقت قابل قبول زمین آمار به‌ویژه روش کریجینگ در مطالعات و تحقیقات پیشین نیز مورد تأیید قرار گرفته است. در این زمینه، تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای در دشت ارسنجان یزد، به تحلیل مکانی برخی از ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی پرداختند و نتایج حاصل نشان داد که روش کریجینگ براساس معیار RMSE برتری داشته و در نهایت، به‌عنوان روش نهایی و مناسب برای تهیه نقشه ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی منطقه انتخاب شد.

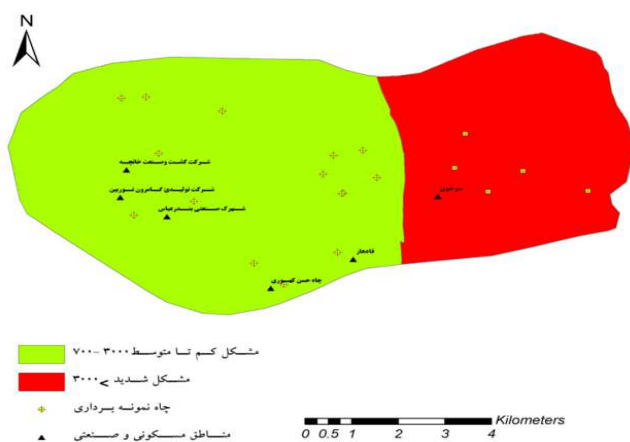
در این پژوهش نیز، نقشه تغییرات شوری دشت سرخون با روش کریجینگ معمولی تهیه شد و بر مبنای آن، دشت سرخون از نظر کیفیت، براساس دیاگرام شولر در چهار کلاس (جدول ۵) و همچنین از نظر استفاده برای کشاورزی طبقه‌بندی کالیفرنیا در دو کلاس قرار گرفت (جدول ۶). نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت سرخون نشان می‌دهد که به‌طور کلی، آب‌های زیرزمینی در بخش غربی و ورودی و همچنین مرکزی دشت، دارای املاح کمتری بوده که می‌توان آن

همچنین همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، دشت سرخون از نظر کیفیت آب زیرزمینی براساس دیاگرام شولر در چهار کلاس قابل قبول، نامناسب، بد و موقتاً قابل شرب قرار می‌گیرند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بیشترین سطح منطقه (۲۹۸۰/۷۵ هکتار معادل ۴۱/۵ درصد) دارای وضعیت قابل قبول است.

جدول ۵: مساحت گروه‌های مختلف آب از نظر شرب براساس دیاگرام شولر

مقدار TDS (میلی‌گرم در لیتر)	گروه	وضعیت	مساحت (ha)	مساحت (%)
۵۰۰-۱۰۰۰	۱	قابل قبول	۲۹۸۰/۷۵	۴۱/۵
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲	نامناسب	۱۸۱۷/۹	۲۵/۳۱
۲۰۰۰-۴۰۰۰	۳	بد	۱۶۰۱/۴	۲۲/۳
۴۰۰۰-۶۰۰۰	۴	موقتاً قابل شرب	۷۸۲/۴	۱۰/۸۹

در شکل ۷، نقشه کیفیت آب زیرزمینی دشت سرخون برای آبیاری با استفاده از روش کالیفرنیا نشان داده شده است. در جدول ۶ نیز، مساحت مربوط به هر یک از این طبقات آورده شده است.



شکل ۷: نقشه کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت سرخون از نظر EC

(میکروموس بر سانتی‌متر) برای آبیاری



آسیب‌پذیری، مناطق مستعد و آسیب‌پذیر شناسایی شده و بر این اساس، اقدام‌های مدیریتی مانند عدم صدور مجوز حفر چاه‌های جدید، همچنین استقرار صنایع آلاینده و محدود کردن بهره‌برداری از چاه‌های موجود، به‌منظور جلوگیری از برداشت‌های بی‌رویه آب، ایجاد طرح‌های آبخیزداری و تغذیه مصنوعی دشت با توجه به سیلابی بودن منطقه برای بالابردن سطح آب زیرزمینی، استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بندرعباس با رعایت همه استانداردهای بخش کشاورزی، ایجاد فرهنگ مصرف و کنترل دقیق مصارف آب شرب مشترکین روستایی، استفاده از آب شیرین‌کن‌های کوچک با استفاده از روش‌های اسمز معکوس (RO) جهت تأمین آب شرب دشت صورت گیرد.

را ناشی از تغذیه آبرفت دانه‌درشت از جریان‌های ارتفاعات غربی دانست. همچنین در جهت شمال شرق و جنوب و بالاخص شرق و جنوب شرقی (خروجی دشت) به دلیل کاسته شدن از قطر دانه‌بندی آبرفت و طول مسیر جریان آب زیرزمینی و تغذیه ناشی از رودخانه شور (به دلیل وجود مناطق بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در حاشیه شرقی دشت سرخون و ایجاد شیب هیدرولیکی)، در فصول مینیمم سطح آب، هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد و به مرز ۷۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌رسد؛ بنابراین، به دلیل ارزان‌قیمت بودن منابع آب زیرزمینی جهت تأمین آب شرب و نیز هزینه‌های زیاد ناشی از انتقال آب شیرین یا استفاده از آب شیرین‌کن‌ها برای شیرین کردن آب دریا در منطقه باید تا آنجا که امکان دارد از تخریب این منابع طبیعی جلوگیری به عمل آید. به‌منظور کنترل و جلوگیری از پیشروی شوری در آبخوان دشت سرخون پیشنهاد می‌شود با تهیه نقشه‌های

## منابع

- خدایی، کمال، شهبواری، علی، ۱۳۸۴. پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان دشت جوین در مقابل آلودگی با استفاده از روش‌های GODS و DRASTIC. کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان.
- Abedini, M.J., Pouladi, A., 2003. Artificial Neural Network Performance Compared with other methods in place to estimate of spatial daily rainfall. Sixth International Conference on civil Engineering. Iran, Isfahan University of technology, may 15-17.
- Akhavan R., Klein K., 2009. Kriging estimation performance in forest inventory and map-building business (case study: forest work Baneshky Ramsar). Journal- Research spruce and forests of Iran. Volume 17 (No. 2). 303 - 318.
- Dagostino, V., Greene, E.A., Passarella, G. and Vurro, M. 1998. Spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of co regionalization. Environmental geology, 36, 285-295
- Fetouani, S., Sbaa, M., Vanclooster, M., Bendra, B., 2008. Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (North-east Morocco). Journal of Agricultural Water Management 95: 133-142.
- Hasany pak, A., 2006. Geostatistic. university of Tehran Publication. 314p.
- Mahdavi, M., 2005. Applied hydrology. Volume n. university of Tehran press. P. 393.
- Maleky gonadishy, F., Rahnama, M., Rezaey, A., 2009. Quality study of water resource Zarand plain from an act of drinking with use of geostatic and GS software. The second water and sewage seminar, Iran, September 12-14.
- Missaghi, F., Mohammadi, K., 2006. Zonation of rainfall data using classical statistical methods and Geostatistical and comparison with Artificial Network. Journal of Agriculture. Volume 29 (N:4): 1-13.
- Shaebany, M. 2009. Determine of suitability method geostatistic to provide PH and TDS map of groundwater resource (case study: Arsanjan plain). Iran water engineering journal. 1: 47-57.
- Taghizadeh-mehrjardi, R., Zareian Jahromi, M., Mahmodi, Sh. Heidari, A., 2008. Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). World Applied Sciences Journal 4 (1): 09-17.
- Theodossiou, N., Latinopoulos, P. 2007. Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the kriging methodology. j. of Environmental Modeling and software. 22(3):414.
- Zehtabian, q., mohamad asgary, H., 2008. Study and local analysis of water resource quality character in the Garmsar basin. Research plan of Tehran University.