پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ شرب با استفاده از روش‌های زمین آمار

مطالعه موردی: مناطق خشک مهران و دهلران

فاطمه محمدیاری[1] حسین اقدر[2]

رضا بصیری[3]

تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۰۲/۲٦ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/۰٦/۱۱

****

چکیده

آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیت ویژه‌ای دارند .در این تحقیق، با استفاده از روش‌های زمین آمار، خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی مناطق خشک و نیمه خشک مهران و دهلران مورد بررسی قرار گرفت. سدیم، کلر، سولفات، TDS وTH متغیرهای مورد ارزیابی بودند. نیم تغییرنمای تجربی هر یک از پارامترها با استفاده از نرم افزار GS+ محاسبه و مدل‌های مختلف برازش داده شد. پس از بررسی نرمال سازی داده‌ها واریوگرام ترسیم، و در نرم افزار GIS درون-یابی به روش وزندهی عکس فاصله (IDW) و کریجینگ انجام شد. معیار انتخاب مدل مناسب درونیابی مقدار RMSE کمتر و ساختار مکانی قوی‌تر بود. نتایج نشانگر برتری روش کریجینگ نسبت به روش IDW می‌باشد. بنابراین نقشه‌ها با این روش تهیه شد. نتایج بیانگر همبستگی قوی داده‌های کیفی آب منطقه و ساختار مکانی تابع مدل گوسین می‌باشد. در پایان با استفاده از منطق فازی و طبقه‌بندی شولر نقشه پهنه‌بندی منطقه جهت شرب تهیه گردید. مطابق نقشه نهایی، ۳۷ درصد از منطقه برای شرب مناسب، ۱۳ درصد نسبتاً مناسب و ۵۰ درصد نامناسب می‌باشد. در نتیجه، کیفیت آب منطقه مورد مطالعه برای شرب در حد مطلوب نیست. با روی هم گذاری نقشه پهنه‌بندی و نقشه حاصل از تحلیل نقاط بارز مشاهده شد که نقاط با غلظت‌های زیاد و در آستانه هشدار در کنار هم و در طبقه نامناسب نقشه پهنه‌بندی، قرار گرفته‌اند. بالا بودن میزان سختی و سایر عناصر در بخش‌هایی از منطقه روند افزایشی دارد. این موضوع به دلیل جانشین شدن رسوبات آبرفتی با سازند گچساران است. لذا عامل اصلی کاهش کیفیت آبها را می‌توان سازند گچساران دانست.

واژه‌های کلیدی: آب‌های زیرزمینی، تحلیل نقاط بارز، طبقه‌بندی شولر، کریجینگ، IDW

****

۱- کارشناس ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان m.fatima.1364@gmail.com

۲- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، بهبهان aghdarhossain@yahoo.com

۳-دانشیار گروه جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان basiri52@yahoo.com

۱- مقدمه

آب بعنوان یک منبع قابل تجدید همواره بعنوان یک رکن اصلی توسعه مطرح بوده است. با افزایش جمعیت و افزایش نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب، بهداشت و صنعت و نهایتاً افزایش تولید و ایجاد پتانسیل‌های آلودگی فشار زیادی به منابع آب‌ها وارد شده است. از آنجا که منابع تجدید شونده آب در هر اقلیم مقدار نسبتاً ثابتی می‌باشند ازاینرو بایستی سیاست‌ها و روش‌های اتخاذ شده درجهت حفظ ومصرف بهینه ازاین منابع ساماندهی گردد *(ابراهیمی، ۱۳۸۰، ص ٤٨؛ وجدانی،۱۳۸۱، ١٤)*. امروزه بررسی‌های کیفی آب دامنه گسترده‌تری پیدا کرده و مسائل مربوط به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را نیز شامل می‌گردد. در اغلب نقاط جهان منابع آب زیرزمینی، از جمله مهمترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی می‌باشد. با توجه به محدود بودن منابع آب زیرزمینی و افزایش نیاز آبی جوامع بشری ذخیره این آب‌ها رو به کاهش است. از این رو نگهداری این منابع ضروری بوده و جلوگیری از آلودگی آنها دارای اهمیت می‌باشد *(غضنفری و رضایی، ۱۳۸۵، ص۳۲)*. مهم‌ترین منبع آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آب‌هایی است که به آن وارد می‌شود. برای کنترل آلودگی بایستی منشأ آلودگی را شناسایی کرد. در این راستا می‌توان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های کیفیت آب زیرزمینی را تهیه و پارامترهای کیفی آب را بررسی نمود. جهت بررسی روند تغییرات و پهنه‌بندی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی از روش‌های زمین آمار استفاده می‌شود. مزیت زمین آمار آن است که 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 *(استواری، ۱۳۹۰، ۲۳)*. Yidana و همکاران (۲۰۰۸) کیفیت آب زیرزمینی دشت افرام در کشور غنا را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بخش جنوب غربی منطقه مورد مطالعه مقادیر فلوراید، EC و SAR بالایی دارد و بخش‌های شمالی فلوراید کمتر از حدمجاز برای شرب دارند و آب این مناطق برای شرب مناسب نیست. Vijay و Remadevi (۲۰۰٦) نشان دادند که در تخمین سطح آب زیرزمینی روش کریجینگ نسبت به روش فاصله معکوس دقت بالاتری دارد. نادریان فرد و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی کاربرد روش‌های مختلف زمین آمار به منظور میانیابی مقادیر EC و SAR در آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور را با استفاده از روش‌های کوکریجینگ، کریجینگ و عکس فاصله انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ و کریجینگ به روش عکس فاصله برتری دارند. شعبانی (۱۳۸۸) تغیرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان را بررسی کرد. نتایج نشان داد که از نظر شرب، آب‌های زیرزمینی منطقه براساس دیاگرام شولر در چهار گروه خوب ۱۷ درصد، قابل قبول ٤٨/٢٢ درصد، نامناسب ۳۱/۷۱ درصد و بد ۳/۰۷ درصد قرار می‌گیرند. از دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان به Sarani و همکاران (۲۰۱۲)، Demir و همکاران (۲۰۰۹)، Ta'any و همکاران (۲۰۰۹)، Stigter و همکاران (۲۰۰٦)، پسندیده فرد و همکاران (۱۳۹۲)، کالیراد و همکاران (۱۳۹۲)، هرچگانی و حشمتی (۱۳۹۱)، حسنی و همکاران (۱۳۹۱)، سعیدی و عابسی (۱۳۹۰)، رجایی و همکاران (۱۳۹۰) و ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۹) اشاره کرد. اهداف تحقیق حاضر عبارتند از: بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی مناطق خشک و نیمه خشک مهران و دهلران در محیط GIS و پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی این مناطق با هدف شرب. با توجه به بهره‌برداری زیاد و روزافزون از منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه که کیفیت آب منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شور شدن سفره‌های آب زیرزمینی را نیز به دنبال دارد، انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسد.

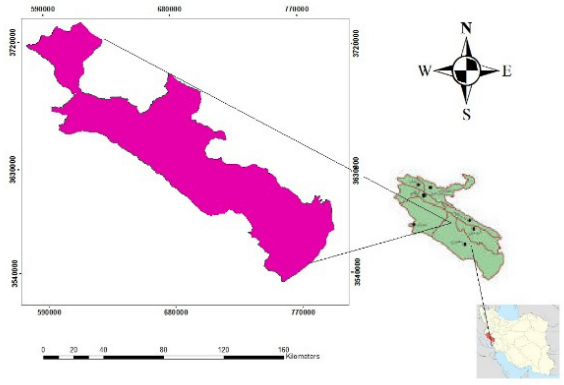
۱-۱ روش تحقیق

این تحقیق از نوع کاربردی و روش جمع آوری اطلاعات به دو شکل کتابخانه‌ای و میدانی انجام گرفته است، همچنین از نرم افزارهای Gs ، Spss17+9و Arc GIS 10 جهت انجام

تحقیق استفاده شده است.

۲-۱ محدوده و قلمرو پژوهش

مناطق خشک و نیمه خشک مهران و دهلران در طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ١٥دقیقه تا ٤٧ درجه و ٣٩ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٢ درجه و ٢ دقیقه تا ٣٣ درجه و ٣٧ دقیقه شمالی در استان ایلام قرار دارند. مساحت منطقه ٨٩٩٩ کیلومتر مربع و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن خشک، روش آمبروژه بیابانی گرم میانه، روش کوپن استپی و روش پاپاداکیس بیابانی مدیترانه‌ای می‌باشد (نگاره ١).



نگاره ١: موقعیت منطقه مطالعاتی

۲- مفاهیم نظری

۲-۱ فازی سازی داده‌های ورودی

به منظور قابل مقایسه شدن مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری (به ازای شاخص‌های گوناگون) باید از بی مقیاس کردن یا همان استانداردسازی استفاده نمود، که بدان طریق عناصر شاخص‌های تبدیل شده بدون بعد اندازه‌گیری می‌شوند *(اصغرپور، ١٣٨٠، ص ٣٢)*. منطق فازی در سال ١٩٦٥ به وسیله دکتر لطفی زاده ارائه شد. منطق فازی منطقی چند ارزشی است که ارزش درستی هر گزاره می‌تواند عددی بین صفر و یک باشد. این منطق دقیق‌ترین روش برای بدون بعد کردن عناصر می‌باشد به گونه‌ای که قضاوت تقریبی و نادقیق را به کارگیری آن ممکن می‌شود *(غضنفری، ١٣٨٥، ص ٤١)*. تابعی که به هر یک از اعضای مجموعه فازی یک عدد را به عنوان درجه نسبت می‌دهد، تابع عضویت[1] می‌گویند. تابع عضویت میزان فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند و در واقع به تابعی که میزان درجه عضویت المان‌های مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند. توابع عضویت فازی مختلفی در ARC GIS وجود دارد که بسته به نوع داده‌های مورد استفاده از مناسب‌ترین تابع استفاده می‌شود. با توجه به معیارهای کیفیت آب طبق نظر شولر، هر چه مقدار پارامترها کمتر باشد کیفیت بالاتر و هر چه مقدار آنها بیشتر باشد کیفیت پایین‌تر می‌باشد. لذا در این تحقیق تحلیل فازی کوچک بر روی پارامترها اعمال شد. تابع تبدیل فازی کوچک زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مقادیر ورودی کوچک‌تر برای عضویت مجموعه مناسب‌تر هستند. این تابع برای حالت‌های خطی کاهنده به کار می‌رود یعنی مقادیر ورودی کوچک‌تر مقدار عضویت نزدیک به یک را دارند. تابع توسط نقطه میانی تعیین شده توسط کاربر (مقدار عضویت ٠/٥) و مقدار پراکندگی که بین ١ تا ١٠ تغییر می‌کند، مشخص می‌شود. هرچه مقدار پراکندگی بیشتر باشد، شیب منحنی تابع عضویت، بیشتر می‌شود. معادله تابع عضویت فازی بزرگ به صورت زیر است:

$$\mu(x)=\frac{1}{1+\left(\frac{x}{f2}\right)^{f1}} \qquad (١)$$

که f1 مقدار پراکندگی و f2 مقدار نقطه میانی است.

۲-۲- نیم تغییر نما

اساس زمین آمار بر تعریف نیم تغییرنما استوار است. در تعریف نیم تغییرنما می‌توان از تعریف واریانس استفاده نمود. واریانس، وابستگی متقابل مقادیر دو نقطه به فاصله h را نشان می‌دهد. در زمین آمار واریانس توزیع اختلاف‌ها وقتی نقاط وابستگی زیادی با یکدیگر دارند اندک است. در اصل این واریانس بیانگر تأثیر نمونه‌ها در محیط پیرامون خود در یک ناحیه مثل حوزه آبخیز می‌باشد. این واریانس

1- Membership Function

تغییرنما نامیده می‌شود. به دلیل آنکه آنرا به صورت نمودار واریانس بر حسب فاصله h ترسیم می‌کنند، در ریاضی آنرا به صورت $2\gamma h$ نشان می‌دهند. مقدار γh را نیم تغییر نما می‌گویند *(مدنی، ۱۳۷۷، ص ٤۲)*. ویژگی مهم نیم تغییرنما در این است که در جهات مختلف می‌توان آنها را رسم نمود و روندها را شناسایی نمود. برای استفاده از آن، لازم است ابتدا مدل تئوریکی به داده‌ها برازش داده شود و سپس از مدل نیم تغییرنمای به دست آمده، در فرآیند تخمین استفاده گردد *(حسنی پاک، ۱۳۸٤، ص ۳۹)*.

۲-۳ روش کریجینگ

پس از برازش مدل، مشخصات نیم تغییرنما در سیستم معادلات کریجینگ برای میانیابی متغیر مورد نظر وارد می‌گردد.

شیوه‌های مختلفی برای درون یابی وجود دارد که روش کریجینگ مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش می‌باشد. کریجینگ روش درون یابی پیشرفته‌ای است که برای داده‌هایی که دارای روند موضعی تعریف شده‌ای باشند، مناسب است. این روش با کمترین واریانس تخمین، درون‌یابی می‌کند و میزان خطای آن تابع مشخصات تغییرنما می‌باشد. اگر مطالعات مربوط به تشخیص مدل تغییرنما با دقت کافی انجام شود درونیابی با روش کریجینگ از دقت بالایی برخوردار خواهد بود *(قهروردی تالی، ۱۳۸٤، ص ۲۱)*. تخمینگر کریجینگ معمولی که به آن بهترین تخمینگر خطی نااریب (BLUE) نیز گفته می‌شود، به صورت زیر تعریف می‌شود *(Journel and Huijbregts, 1987, pp 92)*.

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda i\, z(x) \qquad (۲)$$

که در آن $Z^*(x_0)$ مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه‌ی x_0، $z(x)$ مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه x0 و λi وزن آماری است که به متغیر در نقطه x نسبت داده می‌شود. این پارامتر نشان دهنده‌ی مقدار اهمیت و تأثیر نقطه‌ی i ام بر مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه x_0 است.

۲-٤ مدل میان یابی IDW

روش میانیابی **IDW** یکی از معمول‌ترین روش‌های میانیابی نقاط پراکنده در مکان است که اساس آن بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح میانیابی، اثر یک پارامتر بر نقاط اطراف یکسان نبوده و نقاط نزدیک بیشتر و نقاط دور کمتر تحت تأثیر هستند و هر چه فاصله از مبداء افزایش یابد اثر پارامتر کمتر می‌شود *(انصاری و داوری، ۱۳۸٦، ص ۷۲)*.

۲-۵ طبقه‌بندی کیفی آب

به منظور ارزیابی آب مناطق مهران و دهلران در مرحله نخست از ۲۹ حلقه چاه موجود در منطقه نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها از لحاظ TH، TDS، سدیم، سولفات، و کلر مورد تحلیل شیمیایی قرار گرفتند. سپس نیم تغییر نمای تجربی داده‌های کیفی در نرم افزار GS^+ محاسبه و مناسب‌ترین مدل برای هر کدام از پارامترها با توجه به کمترین RSS و R^2، تعیین گردید. به عبارت دیگر هر مدلی که کمترین RSS و بیشترین R^2 را داشته باشد به عنوان بهترین مدل برای آن پارامتر انتخاب می‌شود. بر این اساس، نسبت بخش ساختاری واریانس به کل واریانس داده‌ها را که با C/(C+CO) نشان می‌دهند، هر اندازه به یک نزدیکتر باشد، بهتر بوده و نشان دهنده همبستگی قوی‌تری می‌باشد.

۲-٦ طبقه‌بندی کیفی آب از لحاظ شرب

به منظور ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب، براساس طبقه‌بندی شولر نقشه پهنه‌بندی شرب بدست آمد. در طبقه‌بندی شولر، آبها از نظر مصرف آشامیدنی به ٦ گروه تقسیم می‌شود (جدول ۱).

۲-۷ تحلیل نقاط بارز[1]

این آنالیز بیان می‌کند که در چه موقعیتی عوارض با ارزش خوشه‌بندی مکانی بالا یا پایین وجود دارند. یک

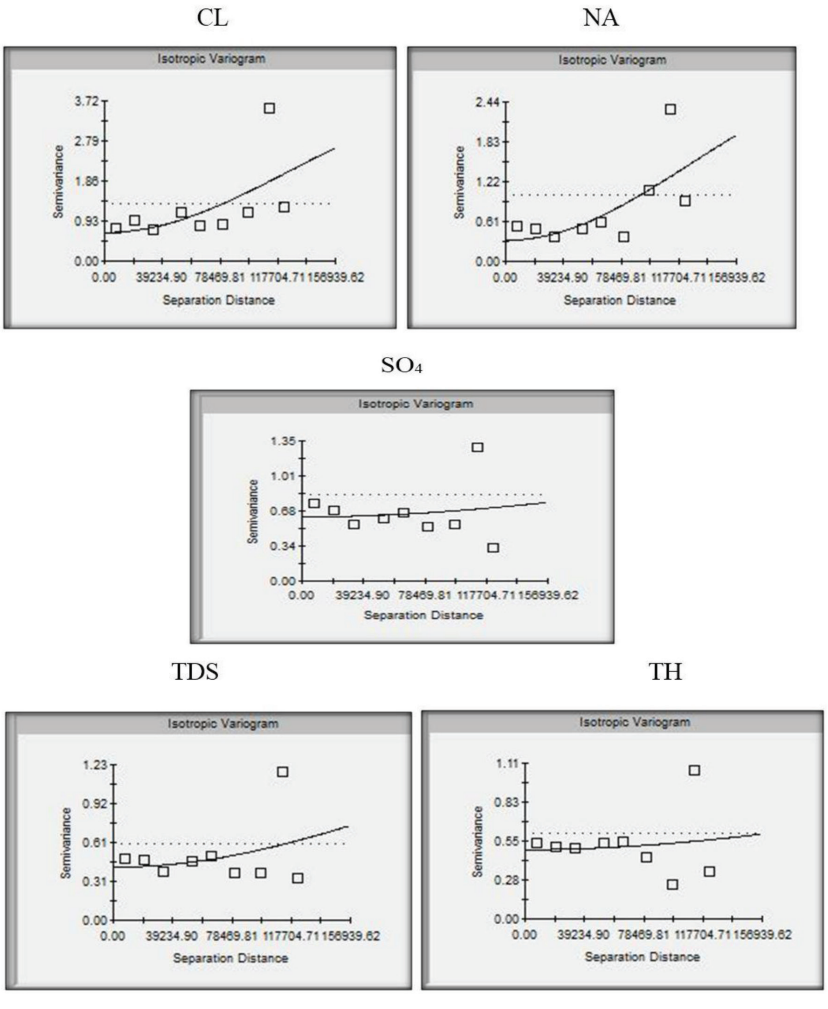
[1]- Hot spot

جدول ۱: معیارهای کیفیت آب شرب طبق نظر شولر(mg/l)

ردیف	کیفیت	Na^+	Cl^-	SO_4	TDS	TH
۱	خوب	<۱۱۵	<۱۷۵	<۱٤٥	<٥۰۰	<۲٥۰
۲	قابل قبول	۱۱٥–۲۳۰	۱۷٥–۳٥۰	۱٤٥–۲۸۰	٥۰۰–۱۰۰۰	۲٥۰–٥۰۰
۳	متوسط	۲۳۰–٤٦۰	۳٥۰–۷۰۰	۲۸۰–٥۸۰	۱۰۰۰–۲۰۰۰	٥۰۰–۱۰۰۰
٤	نامناسب	٤٦۰–۹۲۰	۷۰۰–۱٤۰۰	٥۸۰–۱۱٥۰	۲۰۰۰–٤۰۰۰	۱۰۰۰–۲۰۰۰
٥	کاملاً نامطلوب	۹۲۰–۱۸٤۰	۱٤۰۰–۲۸۰۰	۱۱٥۰–۲۲٤۰	٤۰۰۰–۸۰۰۰	۲۰۰۰–٤۰۰۰
٦	غیرقابل شرب	>۱۸٤۰	>۲۸۰۰	>۲۲٤۰	>۸۰۰۰	>٤۰۰۰

جدول ۲: پارامترهای نیم تغییر نمای تجربی

پارامترها	نوع مدل	CO	CO+C	AO	(C/(CO+C	R^2	RSS
Na^+	Gaussian	۰/۳۲۲۰	۳/۳۱۹۰	۱۷۸۳۰۰	۰/۹۰۳	۰/٤٦۲	۱/٦۷
Cl^-	Gaussian	۰/٦٦۰۰	٤/۳۳۰۰	۱۷۹۱۰۰	۰/۸٤۸	۰/۳٤٥	٤/۱۲
SO4	Gaussian	۰/٦۱۹۰۰	۱/۲۳۹۰۰	۳۱۱۰۰۰	۰/٥۰۰	۰/۰۰٤	۰/٥۷۳
TDS	Gaussian	۰/٤۱۹۰۰	۱/۷۹۹۰۰	۳۰۰٥۰۰	۰/۷٦۷	۰/۰۹٥	۰/٤۷۹
TH	Gaussian	۰/٤۹۳۹	۰/۹۸۷۰۰	۳۱۱۰۰۰	۰/٥۰۱	۰/۰۰۸	۰/٤۰٥



نگاره ۲: نیم تغییر نمای تجربی و مدل برازش داده شده پارامترها

عارضه با ارزش بالا جالب توجه است اما ممکن است از نظر آماری معنادار نباشد، به این دلیل که یک نقطه داغ معنادار آماری باید علاوه بر داشتن ارزش بالا، توسط دیگر عوارض با ارزش بالا احاطه شده باشد، این امر توسط p-value و z-score بیان می‌شود، این دو به ترتیب میزان احتمال تصادفی بودن و انحراف معیار را نشان می‌دهند *(راهنمای نرم‌افزار Arc GIS10)*.

۳- بحث

اولین گام در استفاده از روش‌های زمین آماری بررسی وجود ساختار مکانی بین داده‌ها به وسیله تحلیل نیم تغییر نما است. شرط استفاده از این تحلیل نرمال بودن داده‌هاست *(حسنی پاک، ۱۳۸٤، ص ٤۲)*. لذا برای بررسی نرمال بودن یا نبودن پارامترها، آزمون آماری کولموگروف اسمیرنوف روی آنها تست گردید و مشخص شد که داده‌های تمام پارامترها از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند (P >۰/۰۵). در این مطالعه برای بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی، به کمک نرم‌افزار GS^+ نیم تغییر نمای تجربی محاسبه و بهترین مدل نیم تغییر نما به هر کدام از پارامترها برازش داده شد (نگاره ۲).

نتایج مربوط به تحلیل این واریوگرام‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. مناسب‌ترین مدل با توجه به کمترین RSS وR^2 تعیین گردید. با توجه به مقادیر نسبت بخش ساختاری واریانس به کل واریانس داده‌ها C/(C+CO)، شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی مناطق مهران و دهلران تقریباً نزدیک یک بدست آمد که وجود وابستگی مکانی قوی و بسیار خوب را نشان می‌دهد. مدل‌های برازش داده شده به واریوگرام تمامی پارامترها گوسی است. برای توجیه همسانی مدل‌های پارامترها، ضریب همبستگی پیرسون بین آنها بررسی شد (جدول ۳)، شاید بتوان همسانی مدل‌ها را به وجود همبستگی معنی‌دار بین این شاخص‌ها نسبت داد. طبق این جدول مؤلفه‌های مورد بررسی در سطح خطای ۵% با یکدیگر رابطه‌ی معناداری داشتند (P<۰/۰۵).

سپس با داشتن بهترین مدل‌ها، در محیط نرم افزار ARC GIS10 هر کدام از پارامترها به روش کریجینگ و عکس فاصله درونیابی شدند که برای انتخاب مدل مناسب جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی از مقدار RMSE کمتر و استحکام ساختار مکانی قوی‌تر استفاده شد. نتایج حاصل از روش کریجینگ با کمک معیار RMSE که میزان دقت را نشان می‌دهد، مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول۳: ضرایب همبستگی بین مؤلفه‌های کیفی آب (ضریب همبستگی پیرسون)

پارامترها	+NA	-CL	SO4	TDS	TH
NA^+	۱				
CL^-	۰/۹۲۵	۱			
SO_4	۰/۷٤۱	۰/۵۳۵	۱		
TDS	۰/۹٤۸	۰/۸۷۹	۰/۸۵۸	۱	
TH	۰/۸۷۷	۰/۷۸۸	۰/۹۲٤	۰/۹۷۰	۱

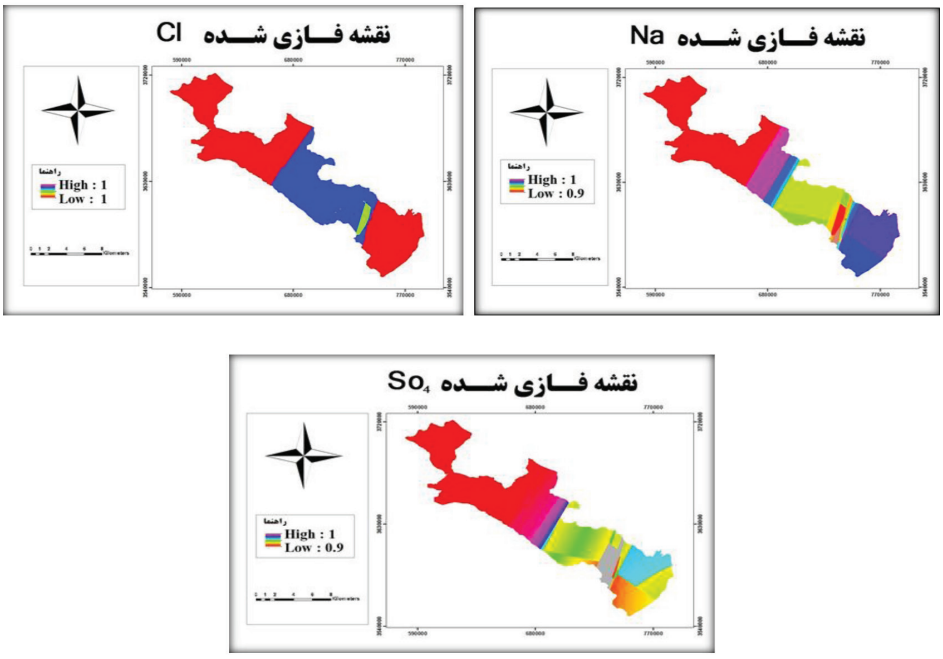
در نهایت نتایج حاصل از محاسبه RMSE نشان داد که روش کریجینگ نسبت به روش عکس فاصله برتری دارد و با توجه به RMSE کمتر روش کریجینگ که نشان دهنده دقت بالا و خطای پایین است برتری این روش دیده شد (جدول ٤). بنابراین ادامه کار با نتایج روش کریجینگ دنبال شد و پس از درون یابی، لایه‌ها با استفاده از روش فازی، استاندارد سازی شدند (نگاره ۳).

جدول ٤: نتایج RMSE برای برآورد کیفیت آب زیرزمینی

پارامترها	کریجینگ	عکس فاصله
NA^+	۱/۰٤	۱/۹٦
CL^-	۱/۰۸	۱/۷۸
SO_4	۰/۹٦	۱/۹٤
TDS	۱/۰۲	۱/۸۹
TH	۱/۰۱	۱/۸۲

در نهایت نقشه‌ی پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ شرب طبق روش شولر تهیه شد (نگاره ٤).

براساس نقشه‌ی پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی منطقه طبق

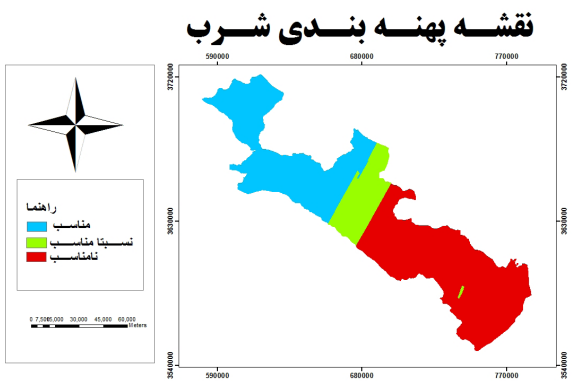


نگاره ۳: نقشه‌های فازی شده

روش شولر، ۳۷ درصد از مساحت منطقه آب با کیفیت خوب، ۱۳ درصد با کیفیت متوسط و ۵۰ درصد از منطقه دارای آب با کیفیت نامناسب از لحاظ شرب هستند (جدول ۵). پس می‌توان گفت که کیفیت آب منطقه مورد مطالعه برای شرب در حد مطلوب نیست.

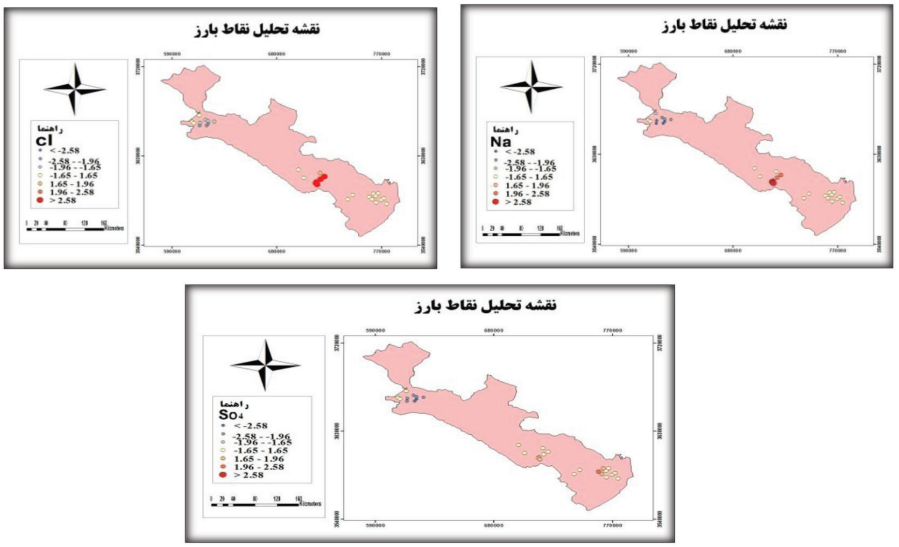
جدول ۵: مساحت کلاس‌های منطقه

کلاس‌ها	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
منطقه مناسب	۳۳۵۲/۶۹	%۳۷
منطقه نسبتاً مناسب	۱۱۴۱/۰۳	%۱۳
منطقه نامناسب	۴۵۰۶/۰۳۹	%۵۰
جمع	۸۹۹۹/۷۷	۱۰۰



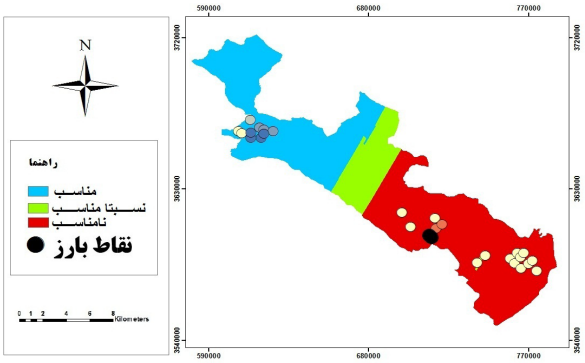
نگاره ٤: نقشه پهنه‌بندی شرب

با انجام تحلیل نقاط بارز تجمع مکانی نقاط مشخص شد (نگاره ۵).



نگاره ۵: نتایج تحلیل نقاط بارز

از روی هم گذاری نقشه پهنه‌بندی و نقشه حاصل از تحلیل نقاط بارز مشاهده شد که تمام نقاط داغ منطقه که نشان دهنده‌ی تجمع عناصر با غلظت زیاد می‌باشد در کنار هم و روی طبقه سوم نقشه پهنه‌بندی که برای شرب نامناسب هستند، قرار گرفته‌اند (نگاره ٦).



نگاره ٦: روی هم گذاری نقشه پهنه‌بندی شرب و نقاط بارز

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای انتخاب روش مناسب درونیابی پارامترها در نرم افزار GIS از دو روش زمین آمار کریجینگ و وزندهی عکس فاصله استفاده شد که با توجه به خطای کمتر روش کریجینگ نسبت به وزندهی عکس فاصله که نشان دهنده دقت بالا می‌باشد این روش برای درونیابی انتخاب شد. پارامترها با توجه به آزمون آماری کولموگروف اسمیرنوف نرمال شدند. همچنین عناصر از همبستگی قابل قبولی برخوردار بودند. پس از تعیین بهترین مدل برای هر عنصر که مدل گوسین بود، درونیابی با روش کریجینگ صورت گرفت. نوآوری صورت گرفته در این تحقیق انجام عملیات فازی کوچک بر روی لایه‌ها برای بالا بردن دقت کار قبل از روی هم‌گذاری لایه‌ها جهت تهیه نقشه پهنه-بندی و روی هم‌گذاری تحلیل نقاط بارز و نقشه پهنه-بندی بود که در مطالعات مشابه چنین کاری صورت نگرفته

است. نتایج این تحقیق با نتایج شعبانی (۱۳۸۸)، محمدی و همکاران (۱۳۹۰)، Kresic (۱۹۹۷) و Vijay و Remadevi (۲۰۰٦) مطابقت دارد. در دشت مهران و دهلران رخساره‌های گچی، نمکی و محدود کننده گچساران خصوصاً در نواحی مرکزی به طرف جنوب شرق رخنمون زیادی دارند، که به سبب قابلیت انحلال نمک‌ها و گچ و فرسایش‌پذیری رسوبات عامل محدود کننده منابع آب عبوری و موجب نامطلوبی و شوری آب‌ها می‌گردد. به همین دلیل با تغییر جنس سازندهای دشت در جهت مرکز به جنوب شرق و توسعه سازند گچساران، در نقاط انتهایی دشت کیفیت آب تنزل می‌یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بالا بودن میزان سختی و سایر عناصر از قسمت‌های مرکز به جنوب شرق و شمال غربی روند افزایشی دارد و به دلیل جانشین شدن رسوبات آبرفتی با سازند گچساران مقدار سختی و دیگر عناصر افزایش می‌یابد و در قسمت‌های جنوب شرقی دشت به حداکثر خود می‌رسد.

لذا می‌توان عامل اصلی کاهش کیفیت آبها را سازند گچساران دانست. در راستای سؤالات و فرضیات تحقیق، نتایج حاکی از قابلیت بالای GIS و زمین آمار برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی است. همچنین با توجه به نتایج آب منطقه برای شرب مطلوب نیست لذا فرضیات تحقیق تأیید می‌شوند.

در نهایت پیشنهاد می‌گردد از روش‌های زمین آماری به عنوان ابزاری مفید برای شناسایی کیفیت آب‌های زیرزمینی استفاده شود و به تدریج این روش جایگزین روش‌های قدیمی شود تا علاوه بر کاهش هزینه، راندمان پروژه‌های آبی به علت استفاده از آمار دقیق افزایش یابد.

منابع و مآخذ

۱. ابراهیمی، امین، هاشمی، فولادی‌فرد، وحید دستجردی؛ اصغر، محمد، حسن، رضا، مرضیه (۱۳۸۹)، بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی منطقه سجاد شهرستان زرین شهر، مجله تحقیقات نظام سلامت، ۹۲٦-۹۱۸.

۲. ابراهیمی، پدرام (۱۳۸۰)، بررسی و ارزیابی مدیریت عرضه و تقاضای آب شرب در شرایط خشکسالی اصفهان، مجله آب و محیط زیست، ۹۸: ٤۹-٤۸.

۳. استواری، یاسر، (۱۳۹۰)، ارزیابی کیفیت آب آبخوان‌های منطقه‌ی لردگان و تأثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت این آبخوان‌ها، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، رشته علوم خاک دانشگاه شهرکرد ۱۱۰ صفحه.

٤. اصغرپور، محمد جواد، (۱۳۸۵)، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۵. انصاری، داوری؛ حسین، کاظم (۱۳۸٦)، پهنه‌بندی دوره‌های خشک با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد شده در محیط GIS استان خراسان، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، مؤسسه جغرافیایی دانشگاه تهران، ۱۰۸: ۹۷-٦۰

٦. پسندیده‌فرد، سلمان ماهینی، میرکریمی، اکبری، غلامعلی فرد؛ زهرا، عبدالرسول، سیدحجت، محمد، مهدی (۱۳۹۲)، بررسی تغییرات فصلی پارامترهای کیفی آب در حوضه آبخیز گرگانرود به وسیله روش‌های آماری چند متغیره، مجله بوم شناسی کاربردی، ٦: ٦۲-۵۳

۷. حسنی پاک، علی اصغر، (۱۳۸٤)، زمین آمار (ژئواستاتیستیک)، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

۸. حسنی، محوی، ناصری، عرب علی بیگ، یونسیان، قریبی؛ قاسم، امیرحسین، سیمین، حسین، مسعود، حامد، (۱۳۹۱)، طراحی شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از منطق فازی، مجله سلامت و بهداشت اردبیل، دوره سوم، ۱: ۱۸-۳.

۹. راهنمای نرم‌افزار ArcGIS10.

۱۰.رجایی، مهدی نژاد، حصاری مطلق؛ قاسم، محمدهادی، سمانه (۱۳۹۰)، بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹، مجله تحقیقات نظام سلامت، سال هفتم، ٦: ۷٤۵-۷۳۷.

۱۱.سعیدی، عابسی؛ محسن، عزیز (۱۳۹۰)، توسعه شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی در سطح استان قزوین، فصلنامه علوم محیطی، ۳: ۱۲۸-۱۱۷.

۱۲.شعبانی، محمد، (۱۳۸۸)، بررسی تغیرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۳، ۷۱-۸۲

۱۳.غضنفری، رضایی؛ محمد، مهدی، (۱۳۸۵)، مقدمه‌ای بر نظریه مجموعه‌های فازی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱٤.قهرودی تالی، منیژه، (۱۳۸٤)، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدیArcGIS، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

۱۵.کالیراد، ملکیان، معتمد وزیری؛ زهرا، آرش، بهارک (۱۳۹۲). تعیین الگوی توزیع منابع آب زیرزمینی(مطالعه موردی: حوزه آبخیز الشتراستان لرستان)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۷: ٦۹-۵۷.

۱٦.محمدی، محمدی قلعه‌نی، ابراهیمی؛ مسعود، مهدی، کیومرث (۱۳۹۰)، تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین، مجله پژوهش آب ایران، ۸: ۵۲-٤۱.

۱۷.مدنی، حسن، (۱۳۷۷)، مبانی زمین آمار، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، واحد تفرش.

۱۸. نادریان‌فر، قهرمان، انصاری، سالاری؛ محمد، بیژن، حسین، مژده، (۱۳۹۰)، کاربرد روش‌های مختلف زمین آمار به منظور میانیابی مقادیر EC و SAR در آب‌های زیرزمینی با تأکید بر تغییرات نفوذپذیری حوضه علوم و مهندسی آبیاری، مجله‌ی علمی کشاورزی، ۱: ۳۳-۲۱.

۱۹.وجدانی، حبیب، (۱۳۸۱)، چالش عمده پیشروی ناپایداری آب مطالعه موردی استان همدان، مجله آب و محیط زیست، ۵۳: ۱۲-۱٦.

۲۰. هرچگانی، حشمتی؛ حشمت‌الله، سیده سمیرا (۱۳۹۱) پهنه‌بندی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی شهرکرد به منظور استفاده در طراحی سامانه‌های آبیاری، مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۱: ۵۹-٤۳.

21- Demir, Y., Ersahin, S., Gżler, M., Cemek, B., Gżnal H and Arslan H .(2009). Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated ustifluvents in the Middle Black Sea Region of Turkey. Environ Monit Assess, 158(1-4): 279-94.

22- Journel, A,G, Huijbregts, Ch, J, (1987) Mining Geostatistics: academic press; 600.

23- Kresic, N. (1997). Hydrogeology and groundwater modeling. Lewis Publishers. 35 pp.

24- Sarani,S, Sarani, N, Rafat, SH, Tabatabaii, S.M. (2012) Study of the Quality of agricultural and drinking water of Chahnimeh Reservoirs in Sistan, International Conference on Chemical, Ecology and Environmental Sciences,118-122.

25- Stigter, T.Y., L. Ribeiro and A.M.M. CarvalhoDill (2006). Evaluation of an intrinsic and a specific vulnerability assessment method in comparison with groundwater salinisation and nitrate contamination levels in two agricultural regions in the south of Portugal. Hydrogeology, 14 (1-2): 79-99.

26- Ta'any, R.A., Tahboub, A.B., and Saffarini, G.A (2009) Geostatistical analysis of spatiotemporal variability of groundwater level fluctuations in Amman-Zarqa basin, Jordan: a case study. Environ. Geol., 57: 525-535. Vijay, K. and J. Remadevi. 2006. Kriging of groundwater levels (a case study). Journal of Spatial Hydrology, 1: 81-92.

27- Yidana, S, M, Ophori, D, Yakubo, B, B. (2008) Groundwater Quality Evaluation for Productive Uses The Afram Plains Area, Ghana. J. Irrig. and Drain. Engrg 134: Issue 2, 222-227.