

# ارزیابی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با استفاده از GIS و زمین آمار (مطالعه موردی: دشت مهران و دهلران ایلام)

حسین اقدر<sup>۱</sup>، فاطمه محمدیاری<sup>۲\*</sup>، رضا بصیری<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- کارشناس ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

۳- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۲/۱۵)

## چکیده:

در این تحقیق، متغیرهای شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت مهران و دهلران با استفاده از روش‌های زمین آمار (روش کریجینگ و کوکریجینگ) مورد مطالعه قرار گرفت. آب حاصل از ۲۹ چاه، در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ از لحاظ سدیم، کلر، سولفات، کل جامدات محلول و سختی کل آنالیز شیمیایی گردید. به کمک نرم افزار Arc GIS 10 درون‌یابی به روش کوکریجینگ و کریجینگ صورت گرفت. برای انتخاب مدل مناسب جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی از مقدار RMSE کمتر و ساختار فضایی قوی‌تر استفاده شد. نتایج حاصل از محاسبه MAE و RMSE نشان داد که روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ برتری دارد. این امر به دلیل MAE و RMSE کمتر در روش کوکریجینگ می‌باشد که نشان دهنده دقت بالا و خطای پایین است. نتایج نشان می‌دهد که داده‌های کیفی آب زیرزمینی در این منطقه دارای همبستگی قوی می‌باشند و ساختار مکانی آنها از مدل کروی و نمایی تبعیت می‌کند. درنهایت با استفاده از روش کوکریجینگ، منطق فازی و طبقه‌بندی شولر نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه جهت شرب تهیه گردید. با توجه به نقشه نهایی ۳۲ درصد از منطقه برای شرب مناسب، ۱۸ درصد نسبتاً مناسب و ۵۰ درصد نامناسب می‌باشد. نتایج نشان داد که کیفیت آب منطقه مورد مطالعه برای شرب در حد مطلوب نیست. با روی هم گذاری نقشه پهنه‌بندی و نقشه حاصل از آنالیز Hot spot مشاهده شد که نقاط با غلظت‌های زیاد و در آستانه هشدار در کنار هم و در طبقه نامناسب نقشه پهنه‌بندی، قرار گرفته‌اند.

**کلید واژگان:** آب‌های زیرزمینی، طبقه‌بندی شولر، کوکریجینگ، کریجینگ، آنالیز Hot spot

## ۱. مقدمه

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 (Hassany pak, 2010). Shabani (۲۰۰۹) تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان را بررسی کرد. نتایج نشان داد که از نظر شرب، آب‌های زیر زمینی منطقه براساس دیاگرام شولر در چهار گروه خوب ۱۷ درصد، قابل قبول ۴۸/۲۲ درصد، نامناسب ۳۱/۷۱ درصد و بد ۳/۰۷ درصد قرار می‌گیرند. Yidana و همکاران (۲۰۰۸) کیفیت آب زیرزمینی دشت افرام در کشور غنا را از لحاظ فلوراید، EC و SAR برای ۱۴۳ حلقه چاه با استفاده از GIS 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 حد مجاز برای شرب دارند و آب این مناطق برای شرب مناسب نیست. Mohammady و همکاران (۲۰۱۱) از دو روش میان‌یابی کریجینگ معمولی و کوکریجینگ نقطه‌ای به منظور تخمین نقشه‌های کیفیت آب در دشت قزوین استفاده کرد. تغییرات زمانی کیفیت آب‌های زیرزمینی نشان داد که در فصول تر سال غلظت آلودگی افزایش یافته است که نشان دهنده اثر بارندگی روی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت می‌باشد. Rajaei و همکاران (۲۰۱۱) کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن را به صورت آماری- توصیفی و با استفاده از دیاگرام شولر انجام و

آب‌های زیرزمینی به دلیل استعداد آلودگی کمتر و ظرفیت ذخیره بالا نسبت به آب‌های سطحی به عنوان یک منبع مهم در منابع آب مورد توجه می‌باشند (Abdi, 2006). 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 ارقام نسبتاً ثابتی می‌باشند از این‌رو بایستی سیاست‌ها و روش‌های اتخاذ شده در جهت حفظ و مصرف بهینه از این منابع ساماندهی گردد (Vejdany, 2002)؛ (Ebrahimi, 2001). در اغلب نقاط جهان منابع آب زیرزمینی، از جمله مهمترین منابع تامین 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 (Rahnema et al., 2000). مهمترین منبع آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آب‌هایی است که به آن وارد می‌شود و برای کنترل آلودگی بایستی منشأ آلودگی را شناسایی کرد (Hassany pak, 2010). 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

به تجزیه تحلیل پارامترهای آن (مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، کلر، سدیم، سولفات و سختی کل) پرداخته و به این نتیجه رسیده اند که آب شرب مناطق مورد مطالعه در وضعیت خوب تا نامناسب قرار دارند. Hassany و همکاران (۲۰۱۲) شاخص کیفی آب زیرزمینی را با استفاده از منطق فازی در قنات-های شهر یزد بر اساس ۲۴ پارامتر شیمیایی بررسی نموده و به این نتیجه رسیده اند که کیفیت آب پایین و استاندارد لازم برای مصارف آشامیدن را ندارد. Rangzan و همکاران (۲۰۰۵) به درونبایی داده‌های سطح آب زیرزمینی دشت میان آب شوشر با ارزیابی مدل‌های وزن‌دهی معکوس فاصله و کریجینگ پرداختند. نتیجه‌ای که از این ارزیابی حاصل شد این بود که هر دو مدل در سطح اطمینان قابل پذیرش بوده و دقت روش IDW بالاتر از کریجینگ بود. Taghizadeh Mehrjerdi و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و وزن-دهی عکس فاصله توزیع مکانی تعدادی از خصوصیات آب‌های زیر زمینی دشت اردکان یزد را تعیین کردند. نتایج نشان داد که روش‌های کوکریجینگ و کریجینگ از عکس فاصله بهترند. Khazaei و همکاران (۲۰۱۱) به پهنه‌بندی آلودگی نترات در آب‌های زیرزمینی منطقه سیخ دارنگون در استان فارس پرداختند. در این تحقیق از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و وزن‌دهی عکس فاصله استفاده شد و کریجینگ بهترین روش درونبایی شناخته شد. Hajhashemi jazy و همکاران (۲۰۱۱) مولفه‌های کیفی آب‌های زیر زمینی دشت گلپایگان را با روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ

بررسی کردند. نتایج حاصل از محاسبه RMSE نشان داد که روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ برتری ندارد. اما با توجه به RMSE کمتر روش کوکریجینگ این روش برای پهنه‌بندی مولفه‌های کیفی آب زیرزمینی انتخاب شد. Bigi و Herchegany (۲۰۱۲)، پهنه‌بندی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی شهرکرد به منظور استفاده در طراحی سامانه‌های آبیاری و کشاورزی را انجام دادند. نتایج نشان داد بر اساس نقشه EC آب زیرزمینی، در اکثر قسمت‌ها جز جنوب دشت در کلاس خیلی خوب و خوب قرار داشت. مقدار TDS نیز در جنوب دشت به ۵۱۲ میلی‌گرم در لیتر رسید که در کلاس متوسط قرار می‌گیرد. در نهایت به این نتیجه رسیدند که آب منطقه مورد مطالعه برای کشاورزی مناسب است. همان طور که در مرور منابع اشاره شد برای پهنه‌بندی آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌توان از روش‌های گوناگون درونبایی استفاده کرد. اما زمانی نقشه‌های تهیه شده دارای اعتبار کافی خواهند بود که در منطقه مورد مطالعه با شرایط جغرافیایی و پراکنش داده‌های متفاوت، به مقایسه انواع روش‌ها و ارائه بهترین الگوی پهنه‌بندی اقدام شود. بنابراین، اهداف تحقیق حاضر عبارتند از:

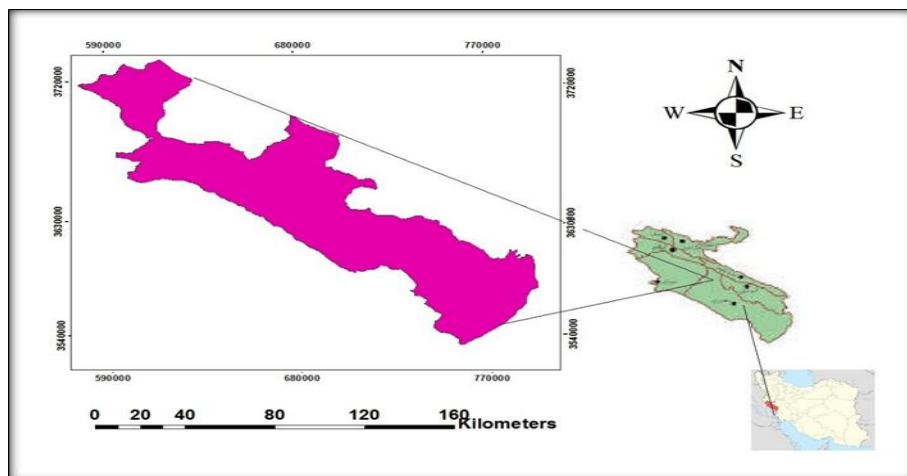
- ۱- ارزیابی روش‌های درونبایی به منظور پهنه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه درونبایی برای منطقه
- ۲- بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت مهران و دهلران با استفاده از امکانات نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی
- ۳- تهیه نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت مهران و دهلران جهت مصرف شرب.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. منطقه مورد مطالعه

دشت مهران و دهلران در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی در استان ایلام قرار دارند. نوع سازندهای منطقه کوآترنری است که از نوع نهشته‌های آبرفتی جوان هستند که با گستردگی زیاد پوشش رویی دشت مهران و دهلران را تشکیل می‌دهند. از نگاه ساختاری ارتفاعات مشرف به دشت مهران آخرین طاق‌دیس‌های زاگرس چین خورده هستند که در حاشیه خاوری فرو نشست تکتونیکی بین‌النهرین قرار دارند. نوع آبخوان دشت کارستی است که بدلیل گسترش قابل توجه سنگ‌های کربناته در سطح دشت و وجود شرایط مناسب، آبخوان‌های با پتانسیل آبی مناسب در این تشکیلات سنگی وجود دارد. منابع آب زیر زمینی استان ایلام محدود است که در کوهپایه‌ها و نقاط کوهستانی بدلیل

محدودیت دشت‌ها، سفره‌های بزرگ و غنی امکان شکل‌گیری نیافته و در قسمت‌های پست و کم شیب در غرب استان نیز سازندهای نامناسب کیفیت آب را نامطلوب ساخته‌اند. در حال حاضر دشت‌های مهران و دهلران مهم‌ترین مناطق بهره برداری از آب‌ها به شمار می‌روند که برای مصارف شرب و کشاورزی از این آب‌ها استفاده می‌شود. مشکل اصلی در این میان کیفیت آب در مخازن زیر زمینی است که عمدتاً متوسط تا بد است. قدیمی‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در این ناحیه متعلق به گروه بنگستان می‌باشد که در تاقدیس سیاه کوه به چشم می‌خورد و متعلق به کرتاسه بالایی است و قدیمی‌ترین سازند رخنمون یافته سازند سروک است که در هسته تاقدیس سیاه کوه مشاهده می‌گردد و از نظر سن متعلق به کرتاسه بالایی است (Hajikarimi and Mohammady, 2009). مساحت منطقه ۸۹۹۹ کیلومتر مربع و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن خشک می‌باشد (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت منطقه مطالعاتی

## ۲-۲. روش تحقیق

این تحقیق از نوع کاربردی می باشد و جهت انجام تحقیق از نرم افزارهای Arc GIS10 و Spss17 استفاده شده است.

### ۲-۲-۱. نمونه برداری و آنالیز نمونه ها

به منظور ارزیابی آب دشت مهران و دهلران در مرحله نخست از ۲۹ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق موجود در منطقه در یک بازه زمانی ۱۳ ساله، سال های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ به طور تصادفی و با پراکنش مناسب نمونه برداری گردید و نمونه ها از لحاظ TH (سختی کل)، TDS (کل جامدات محلول)، سدیم، سولفات و کلر سنجش شدند. بر اساس مرجع استاندارد روش APHA (2005) نمونه ها در بطری های ۵۰۰ میلی-لیتر پلی اتیلنی تیره رنگ که از قبل با اسید استیک و

سپس با آب مقطر شستشو داده شده بود، جمع آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه، در دو دسته آزمایش های دستگاهی و آزمایش های تیتریمتری تجزیه گردیدند. برای تعیین فلزات سنگین از جمله سدیم از دستگاه جذب اتمی شعله مدل (Thermo Model 97 GFS) استفاده گردید.

### ۲-۲-۲. طبقه بندی کیفی آب از لحاظ شرب

نقشه پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب، بر اساس طبقه بندی شولر بدست آمد. در طبقه بندی شولر، آب ها از نظر مصرف آشامیدنی به ۶ گروه تقسیم می شود (Johansen, 1998) (جدول ۱).

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

| ردیف | کیفیت          | Na <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> | TDS       | TH        |
|------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|
| ۱    | خوب            | <۱۱۵            | <۱۷۵            | <۱۴۵            | <۵۰۰      | <۲۵۰      |
| ۲    | قابل قبول      | ۱۱۵-۲۳۰         | ۱۷۵-۳۵۰         | ۱۴۵-۲۸۰         | ۵۰۰-۱۰۰۰  | ۲۵۰-۵۰۰   |
| ۳    | متوسط          | ۲۳۰-۴۶۰         | ۳۵۰-۷۰۰         | ۲۸۰-۵۸۰         | ۱۰۰۰-۲۰۰۰ | ۵۰۰-۱۰۰۰  |
| ۴    | نامناسب        | ۴۶۰-۹۲۰         | ۷۰۰-۱۴۰۰        | ۵۸۰-۱۱۵۰        | ۲۰۰۰-۴۰۰۰ | ۱۰۰۰-۲۰۰۰ |
| ۵    | کاملاً نامطلوب | ۹۲۰-۱۸۴۰        | ۱۴۰۰-۲۸۰۰       | ۱۱۵۰-۲۲۴۰       | ۴۰۰۰-۸۰۰۰ | ۲۰۰۰-۴۰۰۰ |
| ۶    | غیرقابل شرب    | >۱۸۴۰           | >۲۸۰۰           | >۲۲۴۰           | >۸۰۰۰     | >۴۰۰۰     |

#### ۲-۲-۳. فازی سازی داده‌های ورودی

نظریه مجموعه‌های فازی برای تصمیم‌گیری و مدل‌سازی در سیستم‌های پیچیده، بخصوص زمانی که مفاهیم و متغیرها مبهم باشند، مناسب می‌باشد (Tahery, 1998). این نظریه اولین بار توسط Zadeh (۱۹۶۵) ارائه شده و در شاخه‌های مختلف علوم و فناوری در فرآیند تصمیم‌گیری و ارزیابی محیط‌های نادقیق به کار گرفته شده است (Deshpande *et al.*, 1996a, 1996b; Mujumdar and Sasikumar, 2002; Klir and Yuan, 1995; Mamdani, 1977). به منظور قابل مقایسه شدن مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری (به ازای شاخص‌های گوناگون) باید از بی‌مقیاس کردن یا همان استاندارد سازی استفاده نمود، که بدان طریق عناصر شاخص‌های تبدیل شده بدون بعد اندازه‌گیری می‌شوند (Asgharpour, 2006). یک مجموعه فازی با تابع عضویت آن مشخص می‌گردد. در نظریه کلاسیک، تابع عضویت مجموعه‌ای است که عدد یک در داخل آن و صفر بیرون آن قرار می‌گیرد. در صورتی که در

یک مجموعه فازی، تابع عضویت در فاصله بین صفر تا ۱ تعریف می‌شود. عملیات فازی سازی ورودی‌ها را گرفته و توسط توابع عضویت مربوطه، یک درجه مناسب به هر یک نسبت می‌دهد.

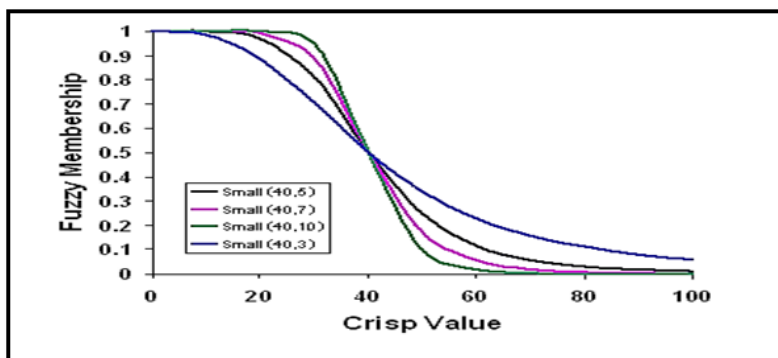
#### ۲-۲-۴. فازی کوچک

تابع تبدیل فازی کوچک زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مقادیر ورودی کوچک‌تر برای عضویت مجموعه مناسب‌تر هستند. این تابع برای حالات 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 ۰/۵) و مقدار پراکندگی که بین ۱ تا ۱۰ تغییر می‌کند، مشخص می‌شود (شکل ۲). هرچه مقدار پراکندگی بیشتر باشد، شیب منحنی تابع عضویت، بیشتر می‌شود. معادله تابع عضویت فازی کوچک به صورت زیر است:

(۱)

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_2}\right)^{f_1}}$$

که  $f_1$  مقدار پراکندگی و  $f_2$  مقدار نقطه میانی است.



شکل ۲) تابع عضویت فازی کوچک

#### ۲-۲-۶. روش کوکریجینگ (Cokriging)

در برخی موارد ممکن است از یک متغیر به اندازه کافی نمونه برداری نشده باشد و براساس آنها نتوان تخمین را با دقت مورد نظر انجام داد. در چنین مواردی می توان 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 می باشد (Hassany, Pak, 2010).

#### ۲-۲-۷ ارزیابی صحت روش های کریجینگ و کوکریجینگ

در این بررسی با محاسبه دو آماره میانگین مطلق

#### ۲-۲-۵. روش کریجینگ (Kriging)

یکی از روش های معروف درون یابی کریجینگ است که بهترین تخمین گر خطی ناریب (BLUE) نام گرفته است (Journel et al., 1987). این روش یک روش تخمین زمین آماری است که با استفاده از مقادیر معلوم و یک نیم تغییرنما، مقادیر مجهول را برآورد می کند و بر منطق میانگن متحرک وزن دار استوار است (Ghahrevaridi Tally, 2005). و به صورت زیر تعریف می شود:

(۲)

$$Z^*(x_0) = \sum \lambda_i Z(x_i)$$

که در آن  $Z^*(x_0)$  مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه  $x_0$ ،  $Z(x_i)$  مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه  $x_i$  و  $\lambda_i$  وزن آماری است که به متغیر در نقطه  $x_i$  نسبت داده می شود این پارامتر نشان دهنده ی مقدار اهمیت و تأثیر نقطه ی  $i$  ام بر مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه  $x_0$  است.

بالا، توسط دیگر عوارض با ارزش بالا احاطه شده باشد، این امر توسط p-value و z-score بیان می-شود، این دو به ترتیب میزان احتمال تصادفی بودن و انحراف معیار را نشان می دهند (شکل ۳).

میزان بالا و یا پایین z-score نشان دهنده وجود الگو در ورودی ها است. آمار عمومی G از رابطه زیر بدست می آید. در این رابطه  $x_j$  ارزش عارضه  $j$  می باشد،  $w_{ij}$  وزن مکانی بین عارضه  $i$  و  $j$  است و  $n$  تعداد کل عوارض است، میزان Z-score برابر با میزان  $G_i^*$  می-باشد.

(۵)

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}}$$

(۶)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

(۷)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

### ۳. نتایج

اولین گام در استفاده از روش های زمینی آماری بررسی وجود ساختار مکانی بین داده ها به وسیله آنالیز واریوگرام است. شرط استفاده از این آنالیز نرمال بودن داده ها است (Hassany pak, 2010). نرمال سازی داده ها با آزمون آماری کولموگروف اسمیرنوف انجام شد. سپس به منظور بررسی پیوستگی متغیرها از تابع واریوگرام استفاده شد (Ahmadali et al., 2008) و این توابع به صورت

جداگانه برای روش های کریجینگ و کوکریجینگ

اشتباهات ( $MAE^*$ ) و میانگین مجذور مربعات خطا ( $RMSE^{\square}$ ) ارزیابی صحت دو روش کریجینگ و کوکریجینگ با هم مورد مقایسه قرار گرفتند که به صورت رابطه های زیر تعریف می شوند ( Webster and Oliver, 2000).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n |\hat{z}(x) - z(x)| \quad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]^2} \quad (۴)$$

### ۲-۲-۸. آنالیز Hot spot

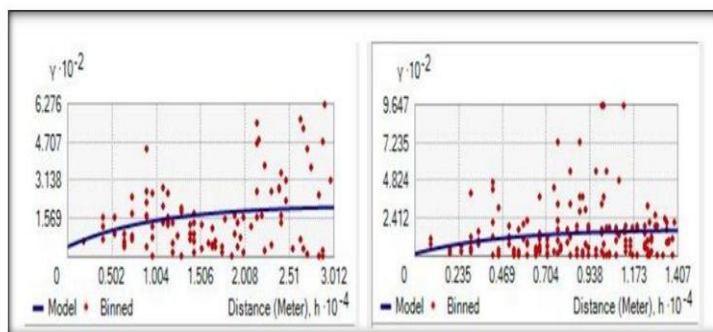
این آنالیز نشان می دهد که در چه مناطقی خوشه بندی مکانی رخ داده است، به عبارتی ابزاری برای بصری سازی وسعت و مدل خوشه بندی ها است. با استفاده از این آنالیز می توان برای مثال نیروهای پلیس را بر اساس جرائم خوشه بندی شده توزیع کرد. در مواقعی که به دنبال دلایل اصلی تشکیل خوشه بندی هستیم توجه به مکان آن ها خیلی مهم است. با استفاده از آمار عمومی G می توان Hot spot و Cold spot منطقه مطالعه را تفکیک کرد، نقاط داغ و سرد به تمرکزهای مکانی معروف هستند. این آنالیز بیان می کند که در چه موقعیتی عوارض با ارزش خوشه بندی مکانی بالا یا پایین وجود دارند. یک 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

1. Mean Absolute Error
2. Root Mean Square Error





شکل ۳) آنالیز Hot Spot



ب

الف

شکل ۴) واریوگرام  $SO_4$  الف: روش کریجینگ؛ ب: روش کوکریجینگ

بخش ساختاری واریانس به کل واریانس داده‌ها را که نشان داده شده است. به عنوان نمونه واریوگرام  $SO_4$  در شکل ۴

ترسیم شد. به عنوان نمونه واریوگرام  $SO_4$  در شکل ۴ نشان داده شده است. مناسب‌ترین مدل با توجه به کمترین RSS و  $R^2$  که در جدول ۲ ارائه شده است، تعیین گردید. نسبت قوی‌تری می‌باشد.

جدول ۲) بهترین مدل برازش شده به واریوگرام

| RSS   | R2    | C/(CO+C) | AO     | CO+C    | CO      | نوع مدل | پارامترها |
|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|-----------|
| ۱/۶۷  | ۰/۴۶۲ | ۰/۹۰۳    | ۱۷۸۳۰۰ | ۳/۳۱۹۰  | ۰/۳۲۲۰  | نمایی   | $Na^+$    |
| ۴/۱۲  | ۰/۳۴۵ | ۰/۸۴۸    | ۱۷۹۱۰۰ | ۴/۳۳۰۰  | ۰/۶۶۰۰  | کروی    | $Cl^-$    |
| ۰/۵۷۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۵۰۰    | ۳۱۱۰۰۰ | ۱/۲۳۹۰۰ | ۰/۶۱۹۰۰ | نمایی   | $SO_4$    |
| ۰/۴۷۹ | ۰/۰۹۵ | ۰/۷۶۷    | ۳۰۰۵۰۰ | ۱/۷۹۹۰۰ | ۰/۴۱۹۰۰ | کروی    | TDS       |
| ۰/۴۰۵ | ۰/۰۰۸ | ۰/۵۰۱    | ۳۱۱۰۰۰ | ۰/۹۸۷۰۰ | ۰/۴۹۳۹  | کروی    | TH        |

کوکرینجینگ که نشان دهنده دقت بالا و خطای پایین است برتری این روش دیده شد (جدول ۳ و ۴). لذا ادامه کار با نتایج روش کوکرینجینگ دنبال شد و پس از درون‌یابی، لایه‌ها با استفاده از روش فازی، استاندارد سازی شدند (شکل ۵). جهت بررسی رابطه‌ی بین پارامترهای  $Na$ ،  $Cl^-$ ،  $SO_4$ ، TDS و TH از تجزیه‌ی همبستگی به روش پیرسون در محیط نرم افزار SPSS<sup>17</sup> استفاده شد (جدول ۵).

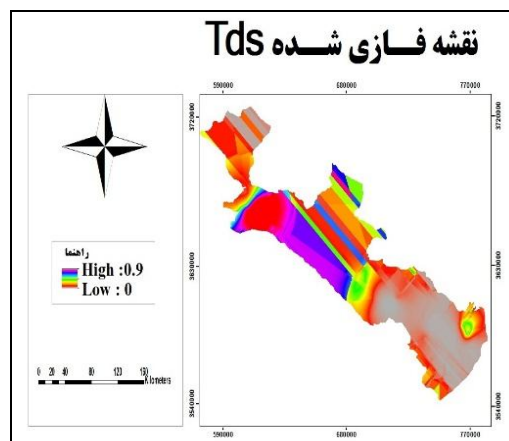
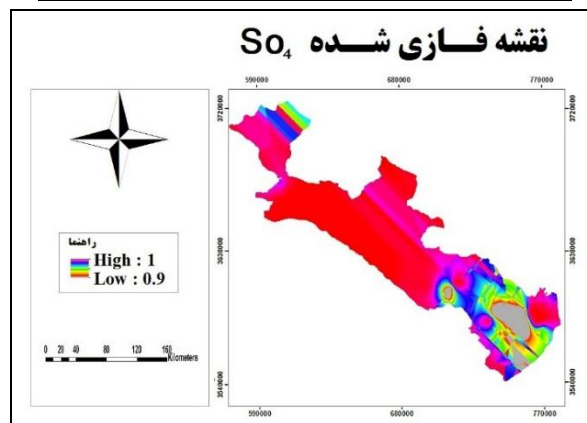
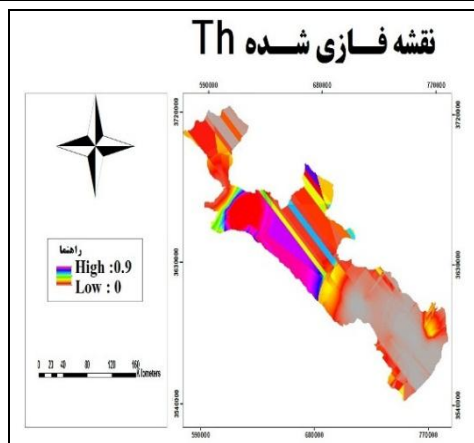
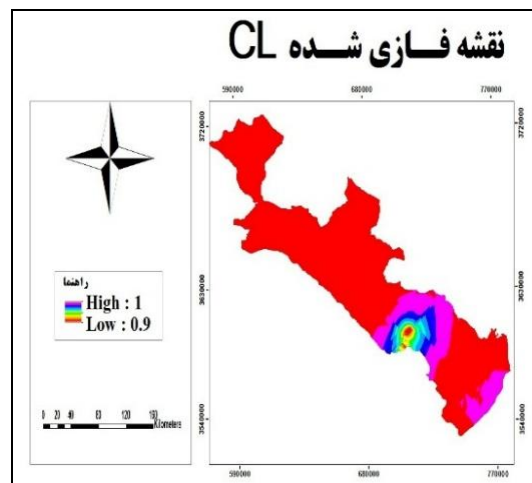
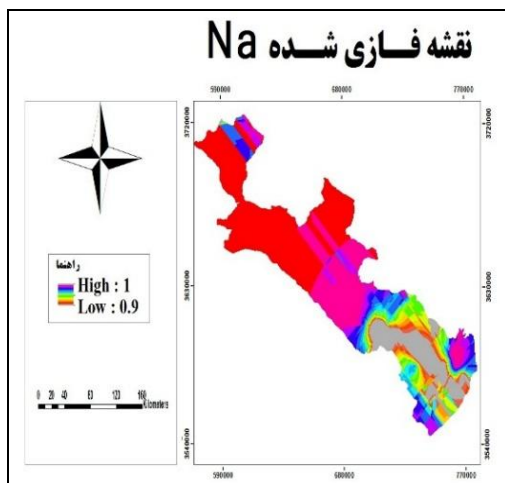
پس از رسم واریوگرام برازش مدل مناسب، عملیات درون‌یابی به کمک نرم افزار Arc GIS 10 برای روش کوکرینجینگ و کیریجینگ صورت گرفت. نتایج حاصل از روش کوکرینجینگ با کیریجینگ به کمک معیار RMSE و MAE که میزان دقت را نشان می‌دهد، مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت نتایج حاصل از محاسبه RMSE و MAE نشان داد که روش کوکرینجینگ نسبت به روش کیریجینگ برتری دارد و با توجه به RMSE و MAE کمتر روش

جدول ۳) نتایج RMSE برای برآورد کیفیت آب زیرزمینی

| پارامترها | کیریجینگ | کوکریجینگ |
|-----------|----------|-----------|
| $Na^+$    | ۱/۰۴     | ۰/۸۶      |
| $Cl^-$    | ۱/۰۸     | ۱/۰۶      |
| $SO_4$    | ۰/۹۶     | ۰/۷۴      |
| TDS       | ۱/۰۲     | ۰/۸۹      |
| TH        | ۱/۰۱     | ۰/۸۲      |

جدول ۴) نتایج MAE برای برآورد کیفیت آب زیرزمینی

| پارامترها | کیریجینگ | کوکریجینگ |
|-----------|----------|-----------|
| $Na^+$    | ۴/۱۲     | ۰/۹۵      |
| $Cl^-$    | ۶/۰۵     | ۱/۸۷      |
| $SO_4$    | ۳/۶۸     | ۰/۶۹      |
| TDS       | ۱۱/۴۹    | ۲/۰۳      |
| TH        | ۷/۱۵     | ۰/۷۸      |



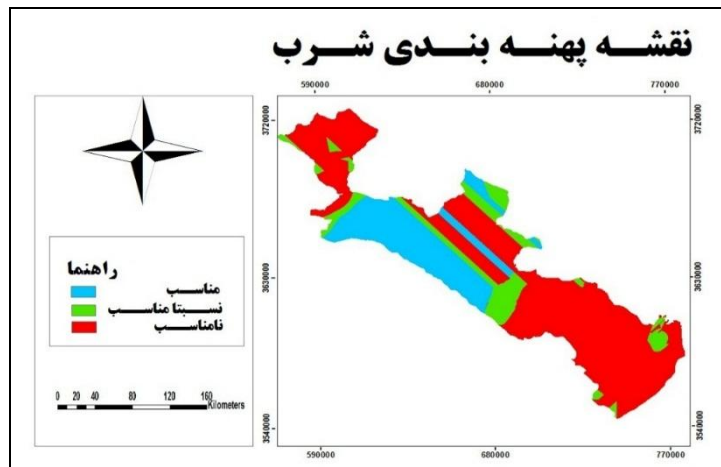
شکل ۵) نقشه‌های فازی شده

جدول ۵) ضرایب همبستگی پیرسون بین مولفه‌های کیفی آب

| پارامترها       | Na <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> | TDS   | TH |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|----|
| Na <sup>+</sup> | ۱               |                 |                 |       |    |
| Cl <sup>-</sup> | ۰/۹۲۵           | ۱               |                 |       |    |
| SO <sub>4</sub> | ۰/۷۴۱           | ۰/۵۳۵           | ۱               |       |    |
| TDS             | ۰/۹۴۸           | ۰/۸۷۹           | ۰/۸۵۸           | ۱     |    |
| TH              | ۰/۸۷۷           | ۰/۷۸۸           | ۰/۹۲۴           | ۰/۹۷۰ | ۱  |

طبق جدول ۵ مولفه‌های مورد بررسی در سطح خطای ۵٪ با یکدیگر رابطه‌ی معناداری داشتند ( $P < 0/05$ ). بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی در نقشه‌های فازی پارامترها کاملاً مشهود است. مقادیر پارامترهای مورد بررسی در تمام نقاط دشت مهران و دهلران کیفیت یکسانی ندارند. به طور نمونه کیفیت کلر در قسمت‌های شمال، غرب و قسمت‌هایی از جنوب شرق منطقه خوب و در سایر قسمت‌ها دارای مقادیر بالایی نسبت به استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشد. TDS پارامتر بسیار مؤثری در ایجاد طعم آب آشامیدنی است. طبق رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی آبی که دارای TDS کمتر از ۵۰۰ میلی گرم در لیتر است، از دیدگاه استاندارد شرب، آب بسیار خوبی محسوب می‌گردد. TDS بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مطلوب و در گستره ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ برای شرب مجاز است ولی

آب با بیشتر از ۱۵۰۰ مقبولیت شرب را ندارد. میزان TDS در آب‌های زیرزمینی دشت ۱۶۹۲ mg/l می‌باشد که قابلیت شرب را ندارد و طبق نقشه فازی در سراسر دشت بجز قسمت‌هایی از شمال و شمال غرب کیفیت نامطلوب آب از نظر این عنصر مشهود است. از دیگر پارامترهای مهم در تعیین کیفیت آب برای مصارف شرب به لحاظ شیمیایی، سختی آن است. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های آب و محاسبه سختی کل مشخص شد که آب‌های دشت از تیپ آب سخت و کاملاً سخت هستند که مطابق نقشه فازی فقط در نوار باریکی از مرکز، آب دشت از نوع کاملاً سخت می‌باشد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی از میانگین آمار در طول دوره آماری مورد مطالعه استفاده شده است. در نهایت نقشه‌ی پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ شرب طبق روش شولر تهیه شد (شکل ۶).



شکل ۶) نقشه پهنه بندی شرب

متوسط و ۵۰ درصد از منطقه دارای آب با کیفیت نامناسب برای شرب هستند (جدول ۶).

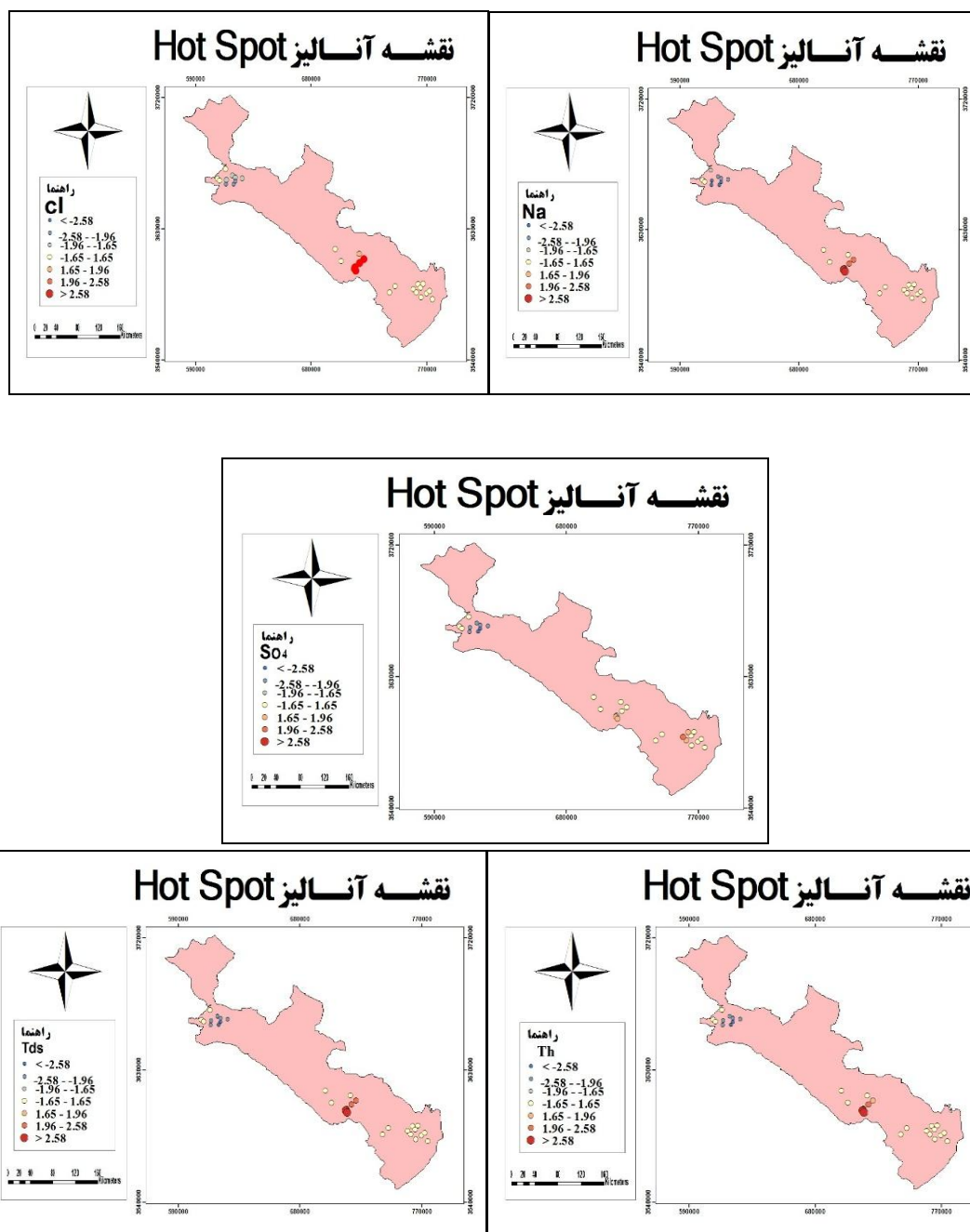
نقشه‌ی پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی منطقه نشان می‌دهد، بر اساس روش شولر، ۳۲ درصد از مساحت منطقه آب با کیفیت خوب، ۱۸ درصد با کیفیت

جدول ۶) مساحت کلاس‌های منطقه

| کلاس‌ها            | مساحت (کیلومتر مربع) | مساحت (درصد) |
|--------------------|----------------------|--------------|
| منطقه مناسب        | ۳۳۰۲/۶۹              | ٪۳۲          |
| منطقه نسبتاً مناسب | ۱۱۹۱/۰۳              | ٪۱۸          |
| منطقه نامناسب      | ۴۵۰۶/۰۳۹             | ٪۵۰          |
| جمع                | ۸۹۹۹/۷۷              | ۱۰۰          |

زیاد و در آستانه هشدار بر روی طبقه سوم نقشه پهنه‌بندی که مکان‌های نامناسب برای شرب هستند افتاده است و صحت نتایج به دست آمده را تایید می‌کند.

نوآوری صورت گرفته در تحقیق حاضر استفاده از آنالیز Hot spot برای بهتر نشان دادن مناطق با غلظت بالای عناصر می‌باشد و مناطق هشدار یا مناطق نامناسب را به ما نشان می‌دهد. طبق نقشه-های خروجی این آنالیز (شکل ۷) نقاط با غلظت‌های



شکل ۷) نتایج آنالیز Hot spot

جغرافیایی معین می‌باشد. علاوه بر آن، اتخاذ رویکردهای مدیریتی در زمینه مبارزه با آلودگی‌های محیطی و خطر شوری نه تنها نیازمند اطلاعات کمی در رابطه با میزان آلوده کننده مورد نظر است، بلکه

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

مدیریت بهینه منابع آبی و حفظ و ارتقای کیفیت آنها نیازمند وجود اطلاعات در زمینه موقعیت، مقدار و پراکنش فاکتورهای شیمیایی آب در یک منطقه

دارد. RMSE و MAE محاسبه شده برای هر کدام از روش‌ها نشان داد که روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ برتری دارد. Rizzo و Mouser (۲۰۰۰) برای پهنه‌بندی مولفه‌های کیفیت شامل سدیم، کلر، سولفات، کلسیم و شوری روش کوکریجینگ را به عنوان روش مناسب معرفی کردند. نتایج به دست آمده به طور کلی نشان دهنده این است که روش کوکریجینگ برای بیشتر پارامترهای آب زیرزمینی مناسب است و با توجه به این که در این روش از همبستگی بین متغیرهای مختلف استفاده می‌شود پس می‌توان گفت که بین مولفه‌های آب زیرزمینی رابطه معنی دار وجود دارد (Habibi Zehtabian et al., 2009؛ Arbatani et al., 2009). با توجه به اصول زمین آمار متغیری که همبستگی مکانی مناسب و واریانس تخمینی کمتری دارد برای تخمین نیاز به نمونه برداری کمتری دارد و بالطبع هزینه نمونه برداری آن نیز کمتر خواهد شد (Zehtabian et al., 2010) این یافته با نتایج Mohammady (۲۰۱۱)، Zehtabian و همکاران (۲۰۱۰) و Ahmed (۲۰۰۲) مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که روش‌های زمین آماری از کارایی بسیاری در تخمین نقاط نامعلوم برخوردارند و نقشه‌های حاصل می‌تواند ابزاری مناسب برای تصمیم‌گیری مدیران در بخش‌های گوناگون باشد. طبق نقشه‌ی پهنه‌بندی که ۵۰ درصد از منطقه آب با کیفیت نامناسب برای شرب را نشان می‌دهد، می‌توان گفت که کیفیت آب دشت مهران و دهلران برای شرب مطلوب نیست. با توجه به شکل ۶ قسمت شمال شرقی و قسمتهایی از مرکز و جنوب شرق دشت

دانستن احتمال و ریسک این خطرات، کمک موثری در اتخاذ تدابیر مناسب می‌نماید. پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت اولین قدم در شناسایی گستره جغرافیایی آلودگی‌ها به شمار می‌آید و نقشه‌های پراکنش خصوصیات شیمیایی، نقش ارزنده‌ای در فرآیند تصمیم‌گیری ایفا می‌کند. آب آشامیدنی حاوی سولفات خیلی زیاد (۲۰۰ ppm) و کلرورو (۱۰۰ ppm) در اکثر مردم باعث سوء هاضمه می‌شود (Ebrahimi et al., 2010). مطالعات فائو در ۹۳ کشور حکایت از عدم پایداری آب در این کشورها دارد. عدم پایداری به این مفهوم است که استفاده از آب‌ها بیش از مقداری است که در منابع جایگزین می‌شود. ایران که حدود ۹۵ درصد از خاک آن در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد در زمره این مناطق است (Moradynejad and Agharazy, 2001). نتایج حاکی از این است که داده‌های کیفی آب زیرزمینی در این منطقه دارای همبستگی قوی می‌باشد و ساختار مکانی TDS، CL و TH از مدل کروی و NA و SO<sub>4</sub> از مدل نمایی تبعیت می‌کند. که با نتایج Haji Hashemi و همکاران (۲۰۱۰)، Ahmadali (۲۰۰۸) و Dagostino و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت دارد. برخورداری داده‌ها از توزیع نرمال نشان دهنده این است که نقاط نمونه‌برداری به درستی انتخاب شده‌اند. در واقع می‌توان گفت تعداد این نقاط مناسب بوده و دارای پراکنش خوبی هستند. برای انتخاب بهترین روش درون‌یابی از مقدار RMSE و MAE استفاده شد که هر چه این مقادیر کمتر باشد، نشان دهنده این است که این روش صحت بیشتری در برآورد مکانی مولفه‌های کیفی آب

محدود کننده گچساران خصوصاً در نواحی مرکزی به طرف جنوب شرق رخنمون زیادی دارند. این سازند به علت خواص شدید پلاستیکی، ناشی از وجود لایه-های ضخیم گچی و مارنی و نمکی موجب دگر شکلی و بهم ریختگی طبقات شده و به سبب قابلیت انحلال نمک‌ها و گچ و فرسایش پذیری 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 پس می‌توان تأثیر سازندهای زمین شناسی در تنزیل و یا تغییر کیفیت آب زیرزمینی و نوع استفاده‌های ممکن از آب را تایید کرد. در نهایت می‌توان به قابلیت بالای نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های زمین آمار برای پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی پی برد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از همکاری اساتید گروه‌های محیط‌زیست و جنگلداری دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان و سازمان آب منطقه‌ای استان ایلام کمال تشکر و امتنان را دارند.

دارای آسیب پذیری بالاتری نسبت به سایر نواحی می‌باشند که در واقع این مسئله نشان دهنده این موضوع است که فعالیت‌های انسانی در این حدود در صورت تمرکز دارای اثر گذاری بیشتری بر این قسمت‌های دشت می‌باشد. نمونه‌برداری‌های انجام شده صحت نتایج را نشان می‌دهد به صورتی که میزان نیترات در ایستگاه‌های شمال شرق و شمال دارای بیشترین مقدار می‌باشند. در بسیاری از منابع آب به خصوص منابع زیرزمینی افزایش مقادیر نیترات به دلیل توسعه فعالیت‌های کشاورزی مشاهده شده است. طبق رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی به علت امکان وجود همزمان نیتریت و نیترات در آب آشامیدنی، مجموع نسبت غلظت هر کدام به مقادیر توصیه شده نباید از ۱ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند. همچنین وجود بیش از حد نیتریت و نیترات که احتمالاً مهمترین علت این امر افزایش تولید فاضلاب‌ها، توسعه شهرنشینی و وجود زمین-های کشاورزی و به تبع آن استفاده از کودهای ازته و نشر ازت موجود در این کودها، به منابع آب زیرزمینی است به دلیل مخلوط شدن با منابع آبهای سطحی منطقه مشکلات بهداشتی ایجاد نمی‌کند که با نتایج Maleki و همکاران (۲۰۱۴) و Dindarlo و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد، لیکن توصیه می‌گردد پایش‌های لازم صورت گیرد تا در صورت روند روبه رشد نیتریت در منابع آب زیرزمینی، اقدامات کنترلی لازم اعمال گردد. با توجه به نتایج آنالیز Hot spot نوع سازندهای زمین شناسی منطقه و تحلیل آنها کمک شایانی به تایید نتایج این تحقیق می‌کند. در دشت مهران و دهلران رخساره‌های گچی، نمکی و



## References

- Abdi, P., 2006. Examine the opportunities and challenges of water resources in Zanjan province, Development conference agricultural zanjan. (in Persian)
- Ahmadali, Kh., S. Nickmehr., and A. Liaghat. 2008. Evaluation of kriging and cokriging methods for the estimation of deep soil acidity and salinity (case study: plains of Bokan). Iranian Journal of Water Research 2: pp: 55-64.
- Ahmed, S., 2002. Groundwater monitoring network design: application of Geostatistics with a few Case studies from a granitic aquifer in a semiarid region. In: Groundwater Hydrology, M.M. Sherif, V.P. Singh and M. Al-Rashed (Eds.), Balkema, Tokyo, Japan. 2: pp: 37-57.
- APHA, AWWA, WPCF. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater" , Washington , d .c.
- Asgharpour, M. G., 2006. Multi-criteria decision making, Tehran University Press. (in Persian)
- Bigi Herchegany, H. A., Heshmati, S.S., 2012. Zoning of Shahrekord water quality indices to use The design of irrigation systems, Journal of agricultural water, 1: PP: 43-59. (in Persian)
- Dagostino, V., E.A. Greene., B. Passarella and G. Vurro. 1998. Spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of coregionalization. Environmental Geology. 36: pp: 285-295
- Dindarlo, K, Alipur, V, Farshidfar, G. R. 2006. Chemical quality of drinking water in Bandar Abbas, Hormozgan University of Medical Sciences,10: pp: 57- 62 (in Persian)
- Deshpande, A. W., Raje, D. V. and Khanna, P. 1996a. Fuzzy description of river water quality. International Conference EUFIT, Aachen, Germany, 2-5 Sep., pp: 1795-1801.
- Deshpande, A. W., Raje, D. V. and Khanna, P. 1996b. Agreement index for water consumption. International Conference EUFIT, Aachen, Germany, 2-5 Sep., pp:1816-1820.
- Ebrahimi, A., Mahdi Amin, M., Hashemi, H., Foadifard, R., Vahiddastjerdi, M., 2010. A survey of groundwater chemical quality in Sajad Zarinshahr, Journal Thagigat Health System, 6: pp: 918-926. (in Persian)
- Ebrahimi, P., 2001. Management assessment Esfahan demand and supply of drinking water in drought conditions, Journal of Water and Environment, 98: pp: 43-49 (in Persian)
- Ghahrevardi Tally, M., 2005. In the three-dimensional geographic information system ArcGIS, Publications Teacher Training University Jahad. (in Persian)
- Habibi Arbtani, V., A. Ahmadi and M. M., Fattahi. 2009. Modeling of spatial variations of some chemical characteristics of underground waters using geostatistical methods. Iranian Watersheds Science and Engineering. 7: pp: 23- 34. (in Persian)
- Hassany Pak, A., 2010. Geostatistics (3rd edition), Tehran University Press, 314 pp. (in Persian)
- Hassany, Gh., Mahvi, A.H., Nasser, S., Arabalibeik, H., Yunesian, M., Gharibi, H 2012. Designing Fuzzy-Based Ground Water Quality Index, Journal of Health and Ardabil, 1: pp: 3-18. (in Persian)
- Hajikarimai, A., Mohammady, M. 2009. Formations sensibility of the deposition rate them a case study of a watershed in Ilam, Watershed's

Fifth National Conference on Science and Engineering, pp: 55-59. (in Persian)

Hajhashemi jazy, M. R., Atashgahi, M. and Hamidian A. H., 2011. Spatial estimation of groundwater quality factors using geostatistical methods (case study: Golpayegan plain), Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 63, No. 4, 2011, pp: 347-357. (in Persian)

Johansen K., Andersen, AN., Kampman JP., Hansen JM, Mortensen HB. 1982. Excretion of methimazole in human milk. Eur J Clin Pharmacol;23,pp: 339-41

Journel, A.G., Huijbregts, Ch, J, Mining Geostatistics: academic press 1987; 600 p.

Khazaei, S.H., Dalvand, M, Eskandari, B, Taghizade Mehrjardi, R. 2011. Examine the spatial distribution of groundwater nitrate ions city Andimeshk using geostatistical methods. Publication of the Natural Environment, Iran's natural resources, 2: pp: 165-174. (in Persian)

Klir, G. J. and Yuan, B. 1995. Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and application. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 574 p.

Mamdani, E. H. 1977. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic system, IEEE Trans. on Computers, 26, pp: 1182-1191.

Maleki. A., Daraiy, H., Aminy, H., Bahmany, P., 2014. Quality of drinking water in rural Diwandareh city with emphasis on nitrate, Scientific Journal of Kordestan University of Medical Sciences, 19: pp 57-67. (in Persian)

Mohammady, M., Mohammady Ghlea ni, M., Ebrahimi, K. 2011. Temporal and spatial changes in groundwater quality Qazvin, Journal Iran Water Research, 8: pp: 41-52. (in Persian)

Moradynejad, A. Agharazy, H. 2001. Assessment drought in Markazi province, Journal of Water and Wastewater, no 44, pp: 20-26 (in Persian)

Mujumdar, P. P. Sasikumar, K. 2002. A fuzzy risk approach for seasonal water quality management of a river system. Water Resour. Res., 38(1), pp: 51-59

Rajaei, Q., Mehdinejad, MH., Hesari Motlagh, S., 2011. A Survey of Chemical Quality of Rural Drinking Water of Birjand and Qaen Plains, Iran, Journal of Health Systems Research, 6: pp: 737-745. (in Persian)

Rahnama, MB., Barani, GM., Moradi M., 2000. The Anticipation of Pollutant Spread Process in Groundwater Aquifer, Proceedings of the 3rd National Conference on Environmental Health; pp 10-12 (in Persian)

Rangzan, K., Mokhtari, M., shaygan, M., 2005. Interpolation between the water of valley groundwater level data using IDW models and Krigging, National Cartographic Center, Conferences Geomatics. (in Persian)

Rizzo, D.M., and J.M. Mouser., 2000. Evaluation of Geostatistics for Combined Hydrochemistry and Microbial Community Fingerprinting at a Waste Disposal Site: pp 1-11.

Shabani, M, Evaluate groundwater quality changes in plain Arsanjan. 2009. Journal of natural geography, 3: pp: 71-82. (in Persian)

Taghizade Mehrjerdi, R., M. Zareian Jahromi, Sh. Mahmodi, A., Heidari and F. Sarmadian. 2009. Reviewing methods of spatial interpolation to investigate the underground water quality parameters, Rafsanjan plain. Journal of Iranian Watersheds Science and Engineering. 2: pp: 63-70. (in Persian)

Tahery, S.M., 1998. Introduction to the theory of fuzzy sets, First Edition, Publications Jahad Daneshgahi Mashhad. (in Persian)

Vejdany, H. R., 2002. A major challenge instability Water Level Case Study Hamedan province, Journal of Water and Environment, 53: pp 12-16. (in Persian)

Webster, R. Oliver, M.A., 2000. Geostatistics for environmental scientists. Wiley press, p. 271

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, pp: 222-227.

Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets, Inform. Contr., 8, pp: 338-353.

Zehtabian, Gh.; A. Jaanfaza; H. Mohammad Asgari and M.C. Nematollahi. 2010. Modeling of spatial variations of some groundwater chemical properties (case study: Garmsar watershed). Journal of Range and Desert Research of Iran. 17: pp: 61-73. (in Persian)

## Evaluation Groundwater quality parameters using GIS and Geostatistics (Case Study: Mehran Plain and Dehloran Ilam)

Hossein Aghdar<sup>1</sup>, Fatemeh Mohammadyari<sup>2\*</sup>, Reza Basiri<sup>3</sup>

*1- Master of Remote Sensing and GIS, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz*

*2- Master of Evaluation and land use planning, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology.*

*3- Associ. Prof., of Environment Department, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology*

Received: 8-Dec.-2014

Accepted: 5-May-2015

### Abstract

In this study, Mehran and Dehloran groundwater chemical variables were studied using geostatistical methods (kriging and co-kriging). Sodium, chloride, sulfate, TDS and TH of 29 water wells, were chemical analyzed from 2001 to 2014. The method of co-kriging and kriging interpolation was done using Arc GIS 10 software. Lower RMSE and strong spatial structure were used to select the appropriate model to fit the experimental variogram. The results of RMSE and MAE showed that the co-kriging is better than the kriging method. This is due to a low RMSE and MAE in co-kriging method indicates the high precision and lower error, and the results show that water quality data in this area are the strong correlation and their spatial structure follow spherical and exponential models. Finally, zoning map of the study area were obtained using co-kriging method, fuzzy logic and Sholer classification. According to the final map, 32, 18 and 50% of the area are suitable for drinking, relatively good and inappropriate, respectively. The results showed that water quality in the study area is not desirable for drinking. Areas with high concentrations of the warning threshold are located next to each other and in inappropriate zoning map class with overlay zoning map and the map of Hot spot analysis.

**Keywords:** Groundwater, Schuler classified, kriging, co- kriging, Analysis Hot spot

---

\* Corresponding author: Tel: +98-9183406231,

E-mail: m.fatima.1364@gmail.com