

## بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی در دشت جیرفت

- ❖ **فرشاد سلیمانی ساردو؛** دانشجوی دکترای بیابان زدایی، مربی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، ایران.
- ❖ **ناصر برومند؛** استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، ایران.
- ❖ **علی آذره\*؛** دانش آموخته دکترای مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

### چکیده

در دهه‌های اخیر افزایش روزافزون جمعیت و توسعه اراضی کشاورزی، سبب افزایش بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و تشدید کاهش کیفیت آب در اکثر مناطق کشور شده است. از این رو با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش، به بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کلسیم، منیزیم، اسیدیت، کلر، سولفات و سدیم آب زیرزمینی در دشت جیرفت پرداخته شده است. بدین منظور از اطلاعات ۴۰ چاه که توسط آب منطقه‌ای استان کرمان در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۱ برداشت و آنالیزهای کیفی روی آن صورت گرفته بود، استفاده گردید. در این راستا پس از نرمال کردن داده‌ها، به ارزیابی دقت روش‌های مختلف زمین آمار شامل کریجینگ و عکس فاصله وزن دار پرداخته و سپس نقشه پهنه‌بندی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در محیط نرم افزاری ArcGIS9.3 با استفاده از بهترین روش درون‌یابی تهیه شد. نتایج این بررسی نشان داد که میزان پارامترهای اسیدیت، سدیم، کلر و سولفات در آب بیشتر شده و میزان کلسیم و منیزیم نیز کاهش پیدا کرده است. اما کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت در حالت کلی در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۸۱، کاهش یافته است و روند تغییرات به صورتی است که هر چه به سمت جنوب و غرب برویم کیفیت آب کاهش می‌یابد که علت اصلی آن را وجود سازندهایی از جنس ژئوپس و هالیت در قسمت‌های جنوب و غرب منطقه مورد مطالعه دانست.

**واژگان کلیدی:** مدل‌سازی، دشت جیرفت، آب زیرزمینی، تغییرات مکانی، درون‌یابی.

## ۱. مقدمه

در مطالعه‌ای بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی در حوزه کاشان، خصوصیات فیزیکی آنها مانند pH، سختی، کلرید، هدایت الکتریکی (EC) و جامدات حل شده (TDS) مورد بررسی قرار گرفت. درصد سدیم نشان داد که فقط ۵۳ درصد از نمونه‌ها برای آبیاری مجاز می‌باشند [۱۱].

نمونه آب از ده حلقه چاه مختلف در سراسر نگاتین کارا جمع‌آوری گردید و پارامترهایی مانند EC، TDS، pH، سولفات و کربندیاکسید به مدت چهار ماه از مارس ۲۰۱۲ تا ژوئن ۲۰۱۲ با استفاده از روشهای استاندارد اندازه‌گیری گردید. پارامترهایی مانند EC، pH و سولفات در داخل حدود مجاز توصیه شده توسط WHO بود اما در برخی از سایت‌ها TDS بیش تر از حد مجاز بود [۱۶].

در پژوهشی، به بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی شهر دهر در هند پرداخته شد. پارامترهای بررسی شده شامل اسیدیته، گل آلودگی، قلیائیت کل، سختی کل آب، مقدار کل جامدات محلول، سولفات، نیترات، کلرید و فلوئورید بودند. نتایج به دست آمده از مطالعه نشان داد که شاخص کیفیت آب در طی هر فصل در حد مجاز هستند و آب زیرزمینی برای نوشیدن بی خطر است و برای مصارف آب شرب مناسب می‌باشد [۴].

در منطقه مومبی در هند با استفاده از شاخص کیفیت آب زیرزمینی، به ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی در کیفیت آب زیرزمینی پرداخته شد. در این مطالعه از ۱۵ چاه نمونه‌برداری صورت گرفت و نتایج به دست آمده نشان دهنده آن است که ۷۴ درصد از نمونه‌های برداشت شده در طبقه آب‌های غیر قابل شرب قرار دارند و برای شرب مناسب نیستند، زیرا منطقه مورد مطالعه در یک ناحیه صنعتی قرار گرفته و فعالیت‌های انسانی منجر به آلودگی منابع طبیعی از جمله آب‌های زیرزمینی منطقه شده است [۱۷].

پژوهشگران در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی حوضه وانپار در هند به این نتیجه رسیدند که براساس نمودار ویلکوکس کیفیت آب در پایین دست جهت آبیاری خوب است ولی در بعضی نقاط بالادست آلودگی زیادی یافت

منابع آب زیرزمینی در کشور ایران و بسیاری از کشورهای دیگر که آب و هوای مشابه دارند، مهم‌ترین منابع آب مورد استفاده در کشاورزی و شرب به‌شمار می‌آیند. از سوی دیگر خطر آلودگی کمتر این منابع نسبت به دیگر روش‌های فرآوری آب باعث شده که حتی در مناطقی که کمبودی از لحاظ آب سطحی احساس نمی‌شود نیز استفاده از این منابع رونق داشته باشد. موضوع آلودگی آب‌ها نه تنها در کشورهای صنعتی بلکه در کشورهای در حال توسعه نیز مطرح است [۱۳]. از این رو لازمه هرگونه اقدام، جهت کنترل و کاهش آلاینده‌های آبهای زیرزمینی و تأثیرات آنها، آگاهی کامل از نحوه توزیع و پراکندگی آلاینده‌های موجود می‌باشد. در اختیار داشتن چنین اطلاعاتی صرفاً از طریق ایستگاه‌های سنجش آلودگی توزیع یافته در سطح منطقه مورد مطالعه و درون‌یابی نقاط نمونه‌برداری شده و انجام آنالیزهای مختلف امکان‌پذیر می‌باشد [۲]. در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری به کمک روش‌های زمین آماری، مبادرت به تهیه نقشه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی نموده‌اند [۲۰] که در این جا به تعدادی از این مطالعات اشاره شده است:

در تحقیقی تحت عنوان آنالیز آماری پراکنش آب زیرزمینی در ایالت Alessandria (ناحیه ای در شمال غربی ایتالیا)، اقدام به نمونه‌برداری از ۴۴ چاه در طول تابستان و بهار (۲۰۰۱) برای تعیین ۲۹ پارامتر کیفی آب شد. نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در ترکیب آب میان رو ستاهای کوچک ناشی از آلودگی انسان و مناطق دورتر از روستاها بود [۱۵].

در پژوهشی، تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه بررسی شد. آنان در این پژوهش از داده‌های ماهانه یک سال (۲۰۰۳ تا ۲۰۰۴) در ۶۰ چاه مشاهداتی استفاده کردند. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه که دارای زهکشی ضعیفی است، دارای بیشترین خطر برای شوری می‌باشد [۵].

به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت از آمار و اطلاعات ۴۰ چاه مربوطه در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۱ که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان برداشت و آنالیزهای کیفی روی آن‌ها انجام شده بود، استفاده گردید. بعد از نرمال سازی داده‌ها، با استفاده از معیار RMSE روش مناسب درونیابی تشخیص و نقشه پارامترهای کیفی در محیط ArcGIS 9.3 ترسیم شد. در انتها به بررسی روند تغییر پارامترها و شناسایی مناطق بحرانی و آلوده پرداخته شد.

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار می‌باشد و به عنوان بهترین تخمینگر خطی نااریب شناخته می‌شود [۱۵]. شرط استفاده از روش کریجینگ آن است که متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. در غیر اینصورت باید از روش کریجینگ غیرخطی استفاده و یا به نحوی توزیع متغیر نرمال گردد. رابطه کلی کریجینگ به صورت زیر است:

$$Z^*(x_i) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (1)$$

که در آن،  $Z^*(X_i)$ : مقدار تخمینی متغیر در موقعیت  $X_i$ ،  $\lambda_i$ : وزن مربوط به نمونه  $i$  ام،  $Z(X_i)$ : مقدار متغیر  $i$  ام و  $n$  نیز تعداد مشاهدات است.

روش زمین آماری دیگر، فاصله وزنی معکوس<sup>۱</sup> می‌باشد که با وزن‌دهی به داده‌های اطراف نقطه مورد برآورد، کمیت مجهول را به دست آورده و درونیابی را انجام می‌دهد. ضمناً چنین فرض می‌شود که نقاط نزدیک به یکدیگر شباهت بیشتری نسبت به نقاط دورتر دارند، بنابراین نقاط نزدیکتر وزن بیشتری دارند [۱۲]. رابطه کلی فاصله وزنی معکوس به شرح روبه‌رو می‌باشد.

می‌شود که این می‌تواند به دلیل هوازدگی سنگ‌ها و فعل و انفعالات زمین شناسی باشد [۱۱].

با توجه به مطالعات یاد شده و اهمیت مطالعه بررسی کیفیت آب زیرزمینی از یک سو و وابستگی شدید مردم در دشت جیرفت به این منابع آب زیرزمینی، بررسی روند تغییرات کیفیت آب لازم و ضروری به نظر می‌رسد. از این رو در این تحقیق به بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات کیفی آب زیرزمینی دشت جیرفت در دوره زمانی ۸۱ و ۹۱ و تهیه نقشه‌های مربوط به این تغییرات پرداخته شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

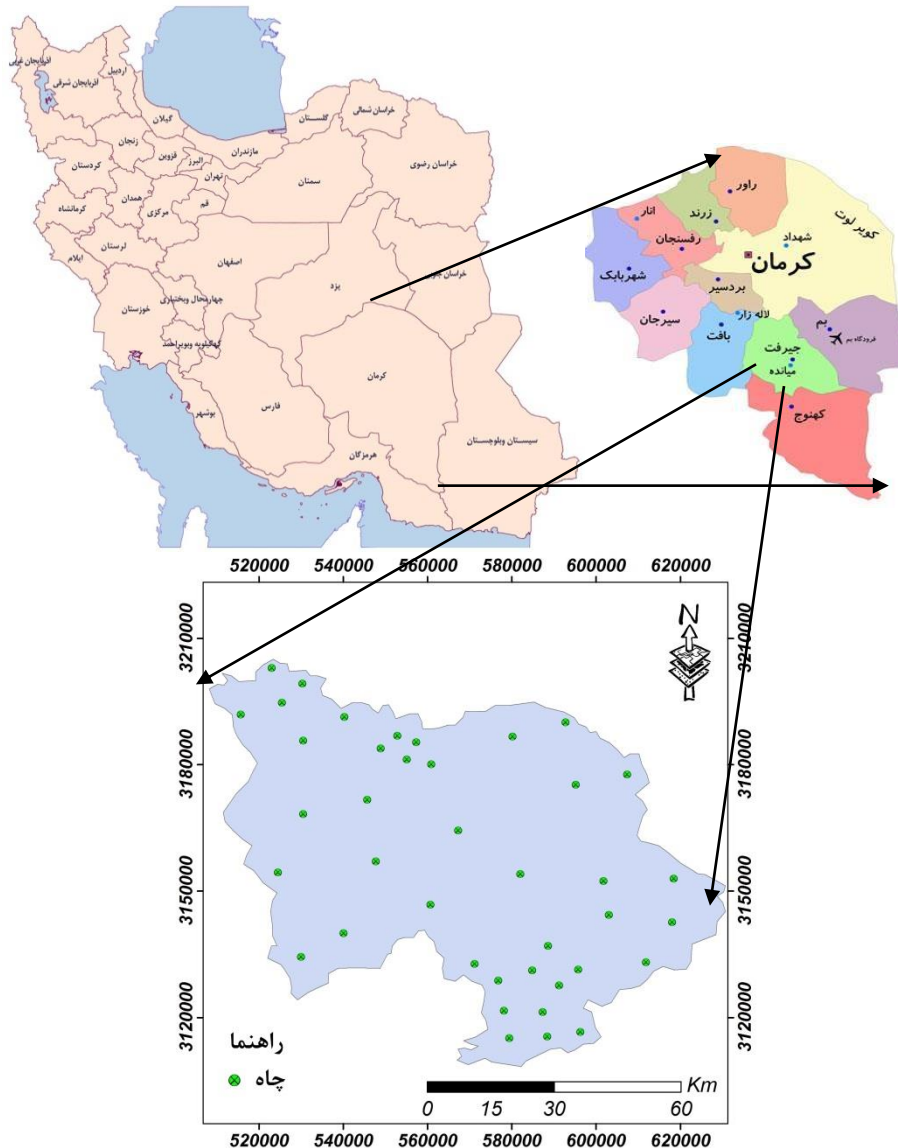
### ۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت جیرفت بخشی از حوضه غربی جازموریان است که بین طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه ۱۵ دقیقه و ۵۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۸ درجه ۱۲ دقیقه و ۲۹ درجه ۱۳ دقیقه شمالی، در جنوب ایران و در استان کرمان قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع آن از سطح دریا بین ۵۵۰ تا ۸۰۰ متر متغیر است. این منطقه از نظر آب و هوایی جزء مناطق نیمه‌خشک به شمار می‌آید و متوسط بارندگی سالانه آن در یک دوره دراز مدت ۴۰ ساله ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد. در محدوده دشت جیرفت و بر اساس آخرین آمار برداری در سال ۱۳۸۴، حدود ۵۱۲۹ چاه (نیمه عمیق و عمیق)، ۱۰۹۰ چشمه و ۲۹۴ قنات وجود دارد که تخلیه‌های بالغ بر ۹۵۰ میلیون متر مکعب در سال را به آبخوان دشت جیرفت اعمال می‌کنند. از این میزان تخلیه، بخش صنعت با مصرف ۰/۲۶ در صد میزان کل تخلیه، کمترین مقدار و بخش کشاورزی با ۰/۹۴ بیشترین میزان بهره‌برداری را به خود اختصاص داده اند [۷].

### ۲.۲. روش تحقیق

<sup>1</sup> Inverse Distance Weighted

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^m}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^m}} \quad (2)$$



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت جیرفت

همکاران [۱۸]، RMSE را به عنوان پارامتر مهمی جهت نشان دادن دقت تحلیل مکانی در GIS و RS می دانند.

$$RMSE = \left( \frac{\sum (Z^*(xi) - Z(xi))^2}{n} \right)^{1/2} \quad (3)$$

برای ارزیابی میزان خطا و انتخاب بهترین روش میانجیابی، معیارهای مختلفی نظیر میانگین مطلق خطا (MAE)، میانگین خطای انحراف (MBE) و ریشه مجذور مربعات خطا (RMSE)، وجود دارد. در این تحقیق بدین منظور از روش RMSE و MAE استفاده گردید. Siska و

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)| \quad (۴)$$

$Z^*(x)$ : مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر،  
 $Z(x_i)$ : مقدار اندازه‌گیری شده متغیر مورد نظر و  $n$ : تعداد داده‌ها می‌باشد.

## ۴. نتایج

مربوطه ملاحظه گردید که همه متغیرهای مورد تحقیق دارای چولگی بوده، بنابراین به منظور نرمال سازی داده‌ها از انتقال لگاریتمی داده‌ها در نتایج مربوط به هر متغیر استفاده شده است. که نتایج مربوطه در جدول ۱ آورده شده است.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نظر آمار کلاسیک برای هر کدام از پارامترهای کیفی مورد تحقیق، هیستوگرام داده‌ها و پارامترهای آماری آن مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل هیستوگرام‌ها و پارامترهای

جدول ۱. نتایج آنالیز آماری بر روی داده‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

پارامتر	سال	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی
Mg(mg/Lit)	۱۳۸۱	۲/۳۰	۲/۴۳	۰/۴	۱۵	۳/۲۶	۱۴/۶۱
Mg*(mg/Lit)	۱۳۸۱	۰/۳۶	۰/۳۸	-۰/۳۹	۱/۱۷	۰/۵۱	۱/۱۶
SO <sub>4</sub> (mg/Lit)	۱۳۸۱	۵/۳۷	۳/۶۱	۰/۱	۴۸/۵	۳/۶۱	۳/۰۵
SO <sub>4</sub> *(mg/Lit)	۱۳۸۱	۰/۷۳	۰/۸۸	-۱	۱/۶۸	۰/۵۵	۱/۳۰
pH	۱۳۸۱	۷/۸۳	۰/۳۵	۶/۹	۸/۴	۰/۵۵	۰/۲۵
pH*	۱۳۸۱	-	-	-	-	-	-
Na(mg/Lit)	۱۳۸۱	۹/۳۷	۱۱/۲۳	۰/۲	۶۷	۲/۷۱	۱۱/۸۷
Na*(mg/Lit)	۱۳۸۱	۰/۹۷	۱/۰۵	-۰/۶۹	۱/۸۲	۰/۴۳	۱/۰۷
Ca(mg/Lit)	۱۳۸۱	۲/۷۸	۲/۵۸	۰/۷	۱۷/۶	۴/۰۴	۲۲/۹۸
Ca*(mg/Lit)	۱۳۸۱	۰/۴۴	۰/۴۱	-۰/۱۵	۱/۲۴	۰/۶۰	۱/۳۵
Cl(mg/Lit)	۱۳۸۱	۵/۰۸	۷/۲۰	۰/۲	۴۴	۳/۱۴	۱۵/۵۰
Cl*(mg/Lit)	۱۳۸۱	۰/۷۰	۰/۸۵	-۰/۶۹	۱/۶۴	۰/۴۹	۱/۱۹
Mg(mg/Lit)	۱۳۹۱	۱/۶۷	۱/۸۲	۰/۲	۱۳/۶	۳/۹۸	۲۰/۶۹
Mg*(mg/Lit)	۱۳۹۱	۰/۲۲	۰/۲۶	-۰/۶۹	۱/۱۳	۰/۶۰	۱/۳۱
SO <sub>4</sub> (mg/Lit)	۱۳۹۱	۲/۶۷	۲/۶۱	۰/۱	۱۳/۹	۲/۰۷	۵/۱۲
SO <sub>4</sub> *(mg/Lit)	۱۳۹۱	۰/۴۲	۰/۴۱	-۱	۱/۱۴	۰/۳۱	۰/۷۰
pH	۱۳۹۱	۸/۰۹	۰/۲۹	۷/۴	۸/۸	۰/۱۹	۰/۷۵
pH*	۱۳۹۱	-	-	-	-	-	-
Na(mg/Lit)	۱۳۹۱	۶/۵۹	۷/۱۷	۰/۱	۴۱/۳	۲/۸۷	۱۰/۰۵
Na*(mg/Lit)	۱۳۹۱	۰/۸۲	۰/۸۵	-۱	۱/۶۱	۰/۴۵	۱/۰۰
Ca(mg/Lit)	۱۳۹۱	۲/۵۷	۱/۶۹	۰/۵۰	۱۱	۲/۳۶	۸/۰۶
Ca*(mg/Lit)	۱۳۹۱	۰/۴۱	۰/۲۲	-۰/۳۰	۱/۰۴	۰/۳۷	۰/۹۰
Cl(mg/Lit)	۱۳۹۱	۴/۲۰	۶/۷۳	۰/۳۰	۴۲/۴	۳/۸۸	۱۷/۲۳
Cl*(mg/Lit)	۱۳۹۱	۰/۶۲	۰/۸۲	-۰/۵۲	۱/۰۴	۰/۳۷	۰/۹۰

\*: استفاده از لگاریتم جهت نرمال سازی داده‌ها

مربوطه در جدول ۲ آورده شده است.

پس از انتخاب بهترین روش میان یابی مربوط به هر پارامتر، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی هر یک از پارامترها مربوط به هر یک از سال‌های آماری ترسیم گردیده است (شکل ۲).

در این مرحله، به منظور انتخاب بهترین روش درون یابی جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی منطقه، از بین دو روش درون یابی IDW و کریجینگ، روش کریجینگ معمولی به عنوان بهترین روش براساس معیار RMSE کمتر برای پهنه‌بندی تمام پارامترهای کیفی انتخاب شد که نتایج

جدول ۲. مقدار RMSE پارامترها برای تعیین بهترین روش زمین آماری

پارامتر	سال	کریجینگ	IDW توان ۱	IDW توان ۲	IDW توان ۳
Mg(mg/Lit)	۱۳۸۱	۲/۰۶	۲/۰۷	۲/۲۱	۲/۱۸
So4(mg/Lit)	۱۳۸۱	۵/۶۶	۵/۸۶	۰/۵۲	۷/۲۶
pH	۱۳۸۱	۱/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۳
Na(mg/Lit)	۱۳۸۱	۷/۸۳	۸/۰۳	۸/۷۶	۹/۶۳
Ca(mg/Lit)	۱۳۸۱	۲/۰۹	۶/۰۴	۵/۶۲	۵/۴۰
Cl(mg/Lit)	۱۳۸۱	۱۲/۶۸	۴/۵۶	۵/۶۲	۱۳/۱۹
Mg(mg/Lit)	۱۳۹۱	۱/۰۹	۱/۵۰	۱/۴۲	۱/۳۸
So4(mg/Lit)	۱۳۹۱	۱/۷۳	۲/۰۸	۱/۸۵	۱/۹۳
pH	۱۳۹۱	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۴
Na(mg/Lit)	۱۳۹۱	۴/۴۹	۵/۲۸	۴/۹۲	۴/۷۲
Ca(mg/Lit)	۱۳۹۱	۱/۲۷	۴۳۱	۱/۴۷	۱/۴۲
Cl(mg/Lit)	۱۳۹۱	۴/۵۴	۵/۲۰	۴/۹۱	۴/۷۱

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

پایین تر) برخوردار است که با نتایج [۳] و [۹] مطابقت دارد.

در مرحله بعد نقشه‌های تهیه شده طبقه‌بندی شدند که برای پارامترهای مختلف روند تغییرات به دست آمد. عنصر کلسیم در طی بازه زمانی ۸۱ تا ۹۱ در آب منطقه کاهش یافته و بیشترین مقدار آلودگی در قسمت‌های جنوب و غرب منطقه است. میزان عنصر کلر که در قسمت جنوبی منطقه در سال ۱۳۸۱ از حد مجاز بالاتر است و در کلاس نامناسب قرار دارد، در طی بازه زمانی، روندی رو به افزایش داشته است. عنصر سولفات نیز در طی بازه زمانی نیز افزایش یافته است و در طی این مدت میزان افزایش این عنصر از سمت جنوب به سمت غرب منطقه گسترش یافته است. پارامتر اسیدیتته در این بازه زمانی به شدت افزایش یافته است و کل منطقه دچار آلودگی شدید شده است که مشکلاتی را برای منطقه ایجاد می‌کند. برای عنصر منیزیم نیز بررسی‌ها نشان داد که مقدار این عنصر در سال ۸۱ در بخش‌های جنوب شرق بیشتر از حد مجاز بوده که به تدریج از مقدار آلودگی این عنصر کاسته شده و در سال ۹۱ فقط بخش‌های جنوب غرب منطقه دارای

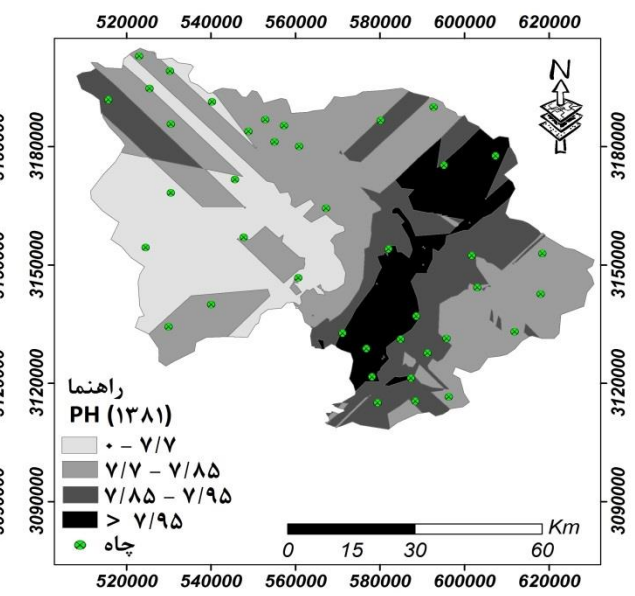
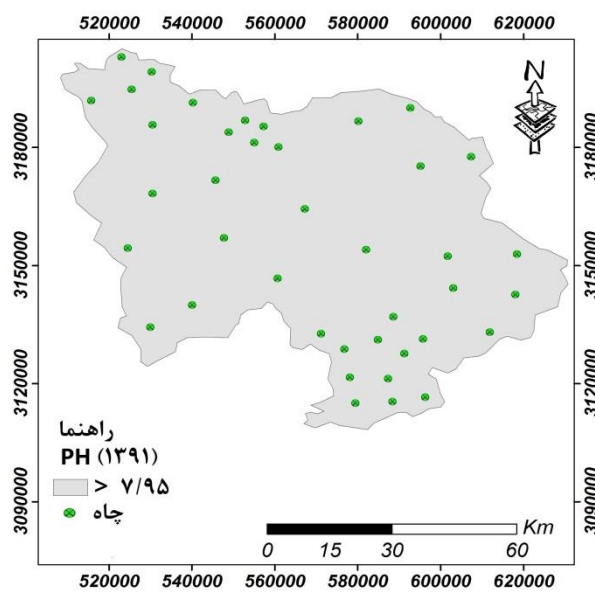
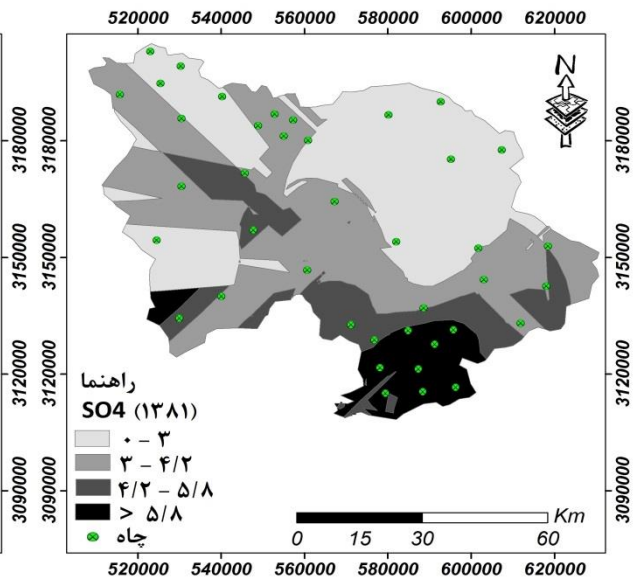
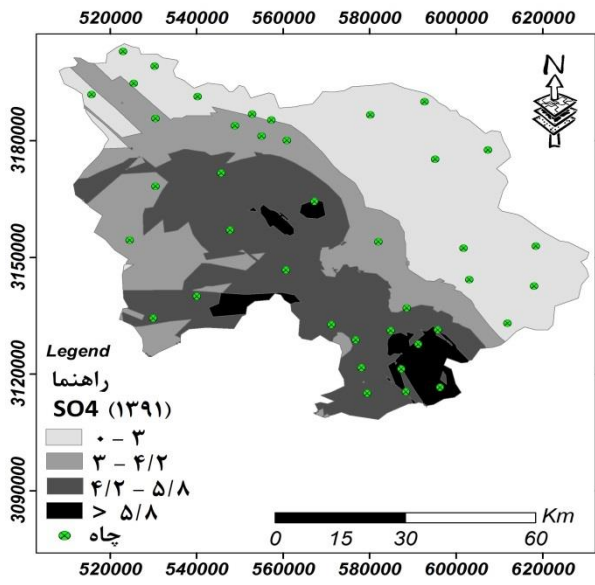
نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اکثریت پارامترهای کیفی آب دارای چولگی بالایی هستند. بنابراین با استفاده از انتقال لگاریتمی نرمال شدند. که با تحقیقات انجام شده در دهلی هند [۱] و شمال غربی ایتالیا [۱۵] مطابقت دارد. همچنین این امر با محقق [۸] که بیان می‌دارد برای بیشتر مطالعات صحرایی یک توزیع لگاریتمی مناسب است، همخوانی دارد. که دلیل این امر می‌تواند نا کافی بودن تعداد نمونه‌ها و یا توزیع نامناسب آنها باشد. همچنین تغییر پذیری زیاد فاکتورهای محیطی و عوامل بسیاری که بر این فاکتورها تأثیر می‌گذارد می‌تواند سبب شود که اکثر پارامترهای محیطی از توزیع نرمال تبعیت نکنند.

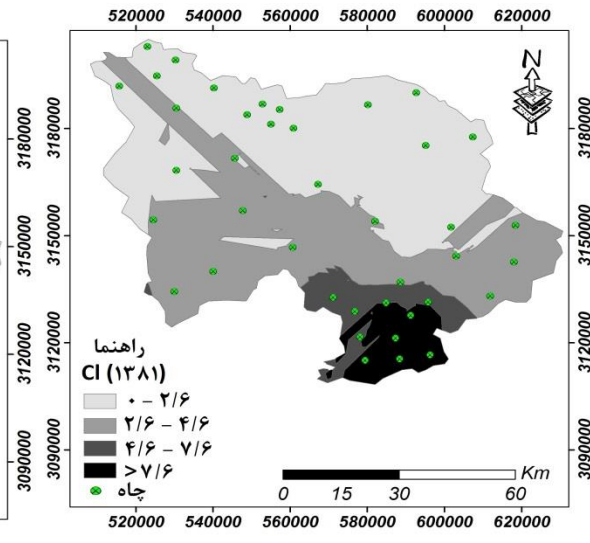
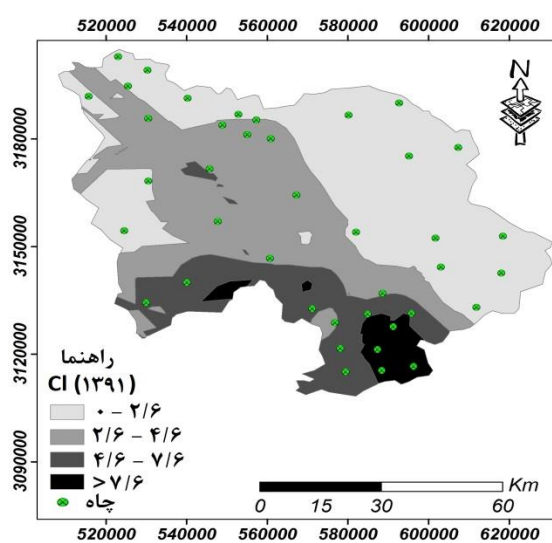
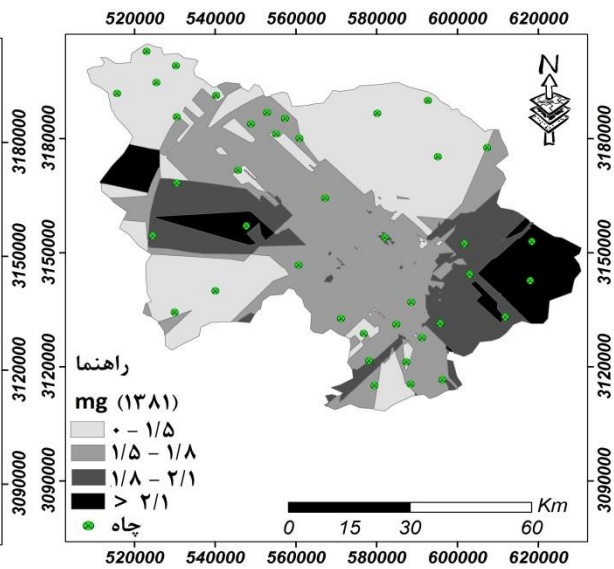
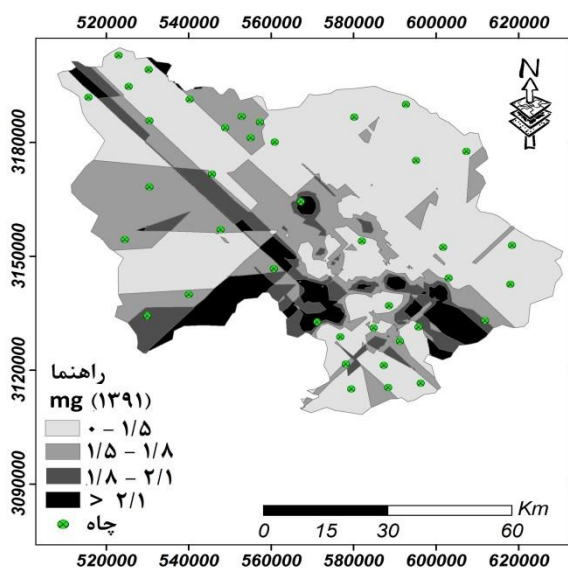
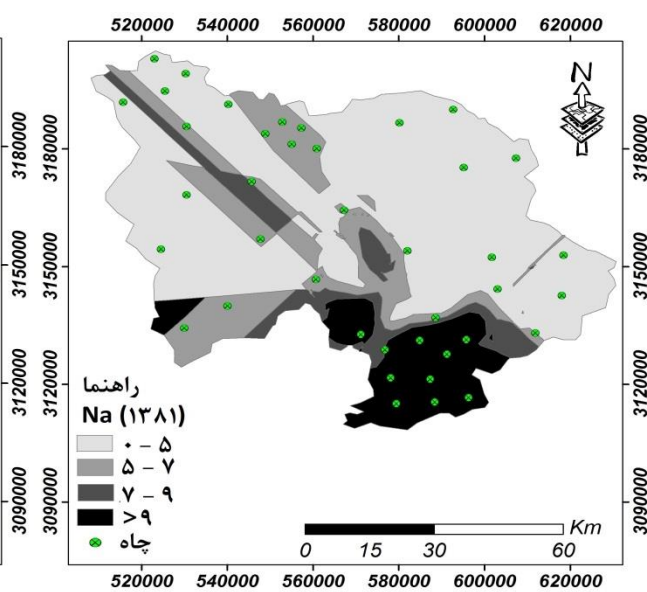
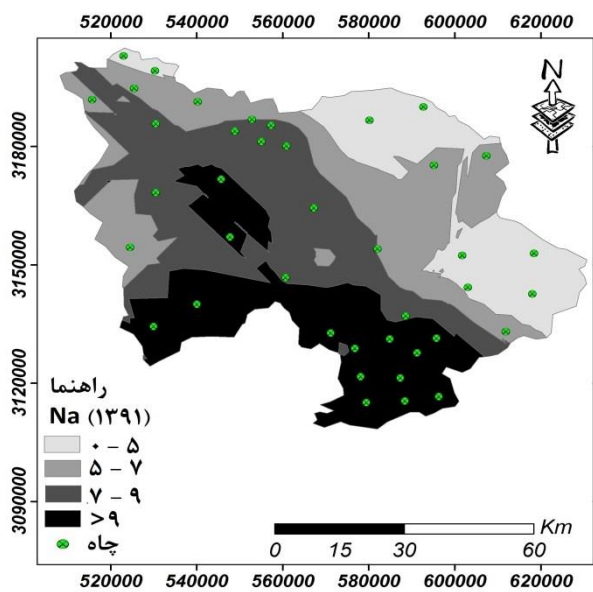
نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی بر اساس معیار RMSE (نشان‌دهنده دقت می‌باشد) برای هر یک از پارامترهای مورد بررسی نشان داد که از بین دو روش درون‌یابی کریجینگ و IDW، روش کریجینگ نسبت به دو روش دیگر از دقت بالاتری (بر اساس RMSE

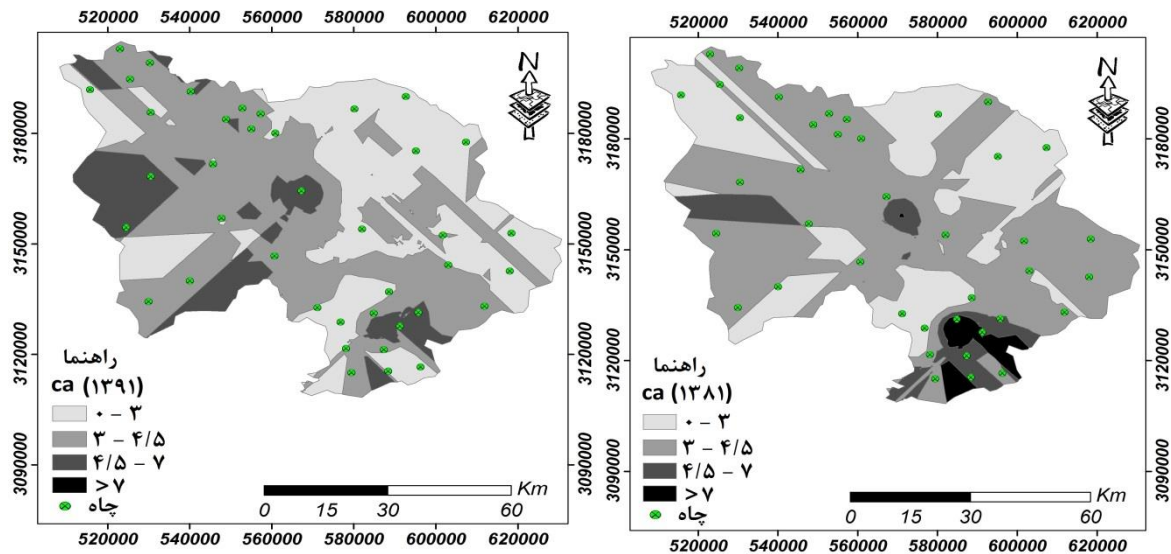
روند آلودگی نیز به سمت غرب و جنوب غرب بوده است.

آلودگی می‌باشد. برای عنصر سدیم نیز نتایج نشان داد که مقدار این عنصر در طی این مدت افزایش یافته است و









شکل ۲. نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به پارامترهای کیفی آب زیرزمینی

مورد مطالعه به علت اینکه جنس سازندها دارای کانی‌های انیدریت و هالیت است از کیفیت آب زیرزمینی کاسته می‌شود. از طرفی با گذشت زمان، به علت افزایش برداشت آب زیرزمینی شاهد افت آب زیرزمینی در دشت بوده‌ایم که این عامل نیز می‌تواند بر روند گسترش آلودگی در منطقه منجر شود. در نهایت پیشنهاد می‌شود با مدیریت جامع از افزایش آلودگی جلوگیری کرده تا از وارد آمدن خسارت بیشتر به منابع پایه جلوگیری شود.

در نهایت با بررسی کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه این نتیجه به دست آمد که روند آلودگی آب‌های منطقه با گذشت زمان رو به افزایش است و شدت این آلودگی در قسمت‌های جنوبی منطقه بیشتر است که علت اصلی آن نیز وجود سازندهای زمین‌شناسی موجود در منطقه است که در قسمت‌های شمالی از جنس بیکربنات سدیک و کلسیک هستند و تغییر چندانی در کیفیت آب زیرزمینی ایجاد نمی‌کنند، اما در قسمت‌های جنوب و غرب منطقه

## References

- [1] Adhikary, P. P., Dash, C. J., Chandrasekharan, H., Rajput, T. B. S. and Dubey, S. K. (2012). Evaluation of groundwater quality for irrigation and drinking using GIS and geostatistics in a peri-urban area of Delhi, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 5(6), 1423-1434.
- [2] Ale sheikh, A.A., Abdolghaderi Bokani, N. and Hojjat, S.A. (2008). Modeling of ground water contaminations using Geostatistical analysis (case study: Shiraz Town). Eleventh symposium of Iran geology council. Iran Topography Organization. Tehran.
- [3] Dagostino, V., Greene, E. A., Passarella, G. and Vurro, M. (1998). Spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of coregionalization. *Environmental geology*, 36(3), 285-295.
- [4] Deepak, S., & Singh, N. U. (2013). Water quality index for Ground Water (GWQI) of Dhar town MP, India. *International Research Journal of Environmental Science*, 2, 72-77.
- [5] Demir, Y., Erşahin, S., Güler, M., Cemek, B., Günal, H. and Arslan, H. (2009). Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated ustifluvents in the Middle ]]Black Sea Region of Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 158(1-4), 279-294.
- [6] Dhakad, N. K., Shinde, D. and Choudhary, P. (2008). Water quality index of Ground water (GWQI) of Jhabua Town, MP (India). *Journal of Environmental Research And Development Vol*, 2(3). 443-446.
- [7] Faryabi, M., Kalantari, N& Negarestani., and Negarestani, m. (2010). Evaluation of Factors influencing Groundwater Chemical Quality Using Statistical and Hydrochemical Methods in Jiroft Plain. *GEOSCIENCES*, Vol 20(77): 115-120.
- [8] Freeze, R. A. (1975). A stochastic-conceptual analysis of one-dimensional groundwater flow in nonuniform homogeneous media. *Water Resources Research*, 11(5), 725-741.
- [9] Hooshmand, A., Delghandi, M., Izadi, A. and Ahmad Aali, Kh. (2011) Application of kriging and cokriging in spatial estimation of groundwater quality parameters. *African Journal of Agricultural Research*, 6(14), 3402-3408.
- [10] Hung, I. (2001). Assessment of Kriging Accuracy in the GIS Environment.
- [11] Jamshidzadeh, Z., and Mirbagheri, S. A. (2011). Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran. *Desalination*, 270(1), 23-30.
- [12] Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). Using ArcGIS geostatistical analyst: Esri Redlands.
- [13] Mahdavi, M. (2004). *Applied Hydrology*. Vol. 2, 5th Edition, University of Tehran Press.
- [14] Marengo, E., Gennaro, M. C., Robotti, E., Maiocchi, A., Pavese, G., Indaco, A., and Rainero, A. (2008). Statistical analysis of ground water distribution in Alessandria Province (Piedmont—Italy). *Microchemical journal*, 88(2), 167-177.
- [15] Nas, B. (2009). Geostatistical approach to assessment of spatial distribution of groundwater quality. *Pol J Environ Stud*, 18, 1073-1082.
- [16] Nath, V. R., and Helen, H. M. (2013). Evaluation of ground water quality in Neyyattinkara Taluk, Kerala. *Journal of Chemical & Pharmaceutical Research*, 5(4).
- [17] Pawar, S., Panaskard, B. and V. M. Wagh. (2014). Characterization of groundwater using water quality index of solapur industrial, (case study: Maharashtra, INDIA). *International journal of Research in Engineering & Technology*, 2(4), 31\_36.
- [18] Siska, P. P., & Hung, I. K. (2001). Assessment of kriging accuracy in the GIS environment. In 21st Annual ESRI International Conference, San Diego, CA.
- [19] Venkateswaran, S., and Deepa, S. (2015). Assessment of Groundwater Quality using GIS Techniques in Vaniyar Watershed, Ponnaiyar River, Tamil Nadu. *Aquatic Procedia*, 4, 1283-1290.
- [20] Zamzam, A. and Rahmani, M. (2009). Assessment of chemical quality of ground waters using Wilcox and shooler diagrams. first international conference of water resources management.