

بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت سلماس

۱. حسین مهدیخانی*، ۲. اسفندیار عباس نوین پور، ۳. امید اسدی گلمز
دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه
استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه
کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه
mhdykhanyhysn@gmail.com

چکیده:

آب به عنوان مظهر زندگی و مهم‌ترین نیاز بشری در روی کره زمین می‌باشد و اکثر تمدن‌ها در نزدیکی رودها و رودخانه‌ها به وجود آمده‌اند که این امر نشان‌دهنده این است که مهم‌ترین دغدغه و فکر بشر تأمین آب بوده است، شناخت کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی به عنوان یکی از مهم‌ترین و آسیب‌پذیرترین منابع تأمین آب در دهه‌های اخیر یک امر کاملاً بدیهی است. هدف این تحقیق بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت سلماس می‌باشد. در این راستا از پارامترهای Na, Cl, TDS و EC مربوط به ۳۲ حلقه چاه طی سال‌های ۸۷ و ۹۷ انتخاب شدند. از روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس پارامترهای فوق استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مقدار پارامترهای فوق در سال ۹۷ نسبت به ۸۷ افزایش یافته‌اند.

کلیدواژه: آب زیرزمینی، کریجینگ، کوکریجینگ، کیفیت آب

Investigation of temporal and spatial changes in groundwater quality of Salmas plain aquifer

1. Hossein Mehdikhani*, 2. Esfandiar Abbas Novinpour, 3. Omid Asadi Golmaz
Master student of hydrogeology, Faculty of Science, Urmia University
Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University
Master of Hydrogeology, Faculty of Science, Urmia University

Abstract

Water is the manifestation of life and the most important human need on the planet and most civilizations have emerged near rivers and streams, which shows that the most important concern and human thought has been water supply, recognizing the quality and quantity of groundwater as one of the most important and vulnerable sources of water supply in recent decades is quite obvious. The purpose of this study is to investigate the temporal and spatial changes of groundwater quality in the Salmas plain aquifer. In this regard, the parameters of Na, Cl, TDS and EC related to 32 wells during the years 87 and 97 were selected. The study of spatial and temporal changes in groundwater quality was used based on the above parameters. The results show that the amount of the above parameters has increased in 1997 compared to 87.

مقدمه:

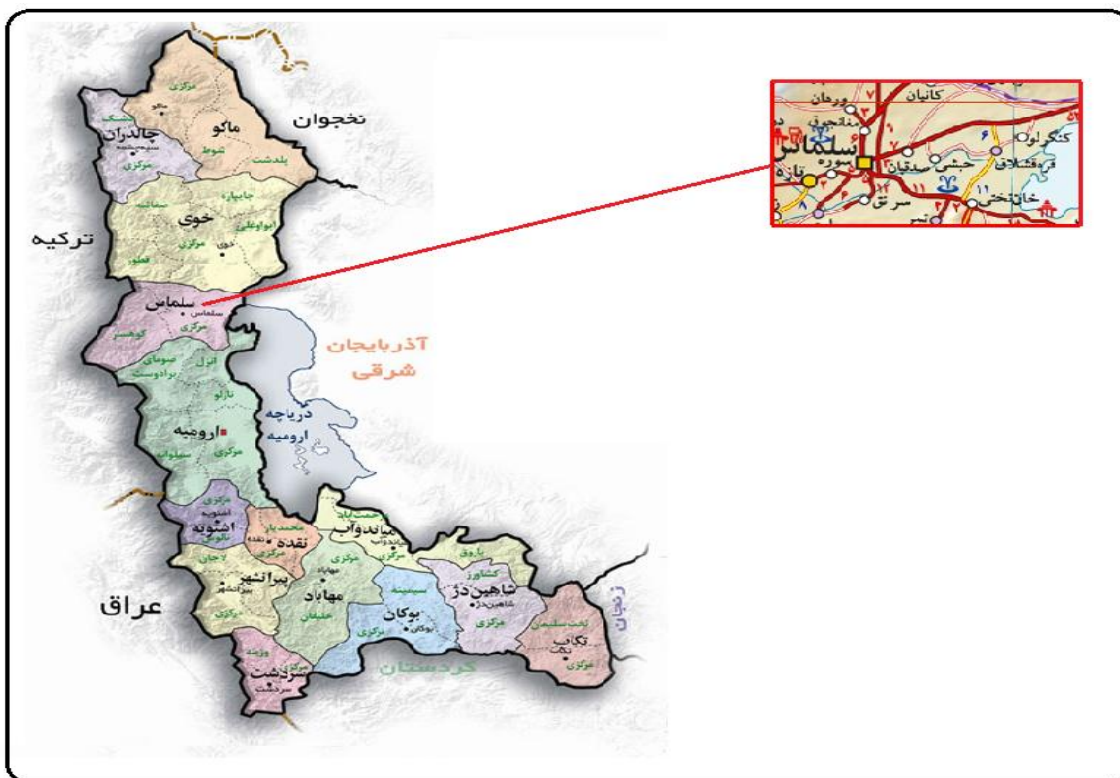
با توجه به رشد روزافزون جمعیت، آب زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب آشامیدنی در بسیاری از مناطق جهان از جمله ایران به شمار می‌آید. این منابع در نقاط مختلف به صورت طبیعی یا از طریق فعالیت‌های انسانی دچار تغییر کیفیت شده و آلوده می‌شوند. در سال‌های اخیر استفاده از مواد شیمیایی و سموم مختلف در کشاورزی و دامداری در مناطق مختلف باعث

تشدید آلودگی آب‌های زیرزمینی شده است. اولین قدم در شناخت آب، بررسی پارامترهای آب شرب و سالم است که در درازمدت مصرف آن خطری برای مصرف کننده ایجاد نکند. بررسی کیفیت هیدرو شیمیایی منابع آب زیرزمینی شاخص مناسبی برای تعیین قابلیت مصارف گوناگون است (زیرک جوانمرد و همکاران ۱۳۹۲). نظر به اینکه کیفیت آب به‌طور مستقیم سلامت مصرف‌کنندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بررسی کیفیت آب و عوامل مؤثر از نظر هیدرو شیمیایی و آنالیز شیمیایی ضروری به نظر می‌رسد که دارای ویژگی و معیارهای مشخصی باید داشته باشد. به دلیل اینکه آمار کلاسیک قادر به در نظر گرفتن توزیع مکانی مؤلفه‌های کیفیت آب‌های زیرزمینی نیست، از زمین‌آمار به‌عنوان تکنیکی برای این هدف استفاده می‌گردد. به‌طور کلی آنالیز زمین‌آمار به بررسی پدیده‌های متغیر در زمان و مکان و آنالیز نقاط نمونه‌برداری شده با موقعیت‌های متفاوت به‌منظور تولید یک سطح پیوسته می‌پردازد (Isaaks, and Srivastava 1989). در این تحقیق، تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت سلماس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش کریجینگ زمین‌آمار مورد بررسی قرار گرفت. پژوهش‌های زیادی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و زمین‌آمار در خصوص کیفیت منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است. P.G. rejith, et al. 2009 در سال ۲۰۰۷ به بررسی کیفیت آب زیرزمینی روستای هیگلاند واقع در ایالت کرالا برای مصارف آشامیدنی پرداختند و برای آنالیز داده‌ها از دو نمونه‌برداری در ماه‌های ژوئن و مارس ۲۰۰۷ استفاده کردند و نقشه کیفیت آب را برای سه پارامتر PH، کادمیوم و فکال کالیفورم تهیه کردند. حبیبی اربطانی و همکاران (۱۳۸۸) مدل‌سازی تغییرات مکانی برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت شریف‌آباد قم را به کمک روش‌های زمین‌آمار انجام دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد روش‌های زمین‌آمار برتری بالایی نسبت به روش‌های معین داشته و بهترین روش برای مدل‌سازی پارامترهای کلر، مجموع کاتیون‌ها و شوری روش کوکریجینگ و برای پارامترهای بی‌کربنات و سدیم روش کریجینگ می‌باشند. اوسطی و سلاجقه (۱۳۸۹) از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی به‌عنوان بهترین روش درونیاب برای پهنه‌بندی نیترات در آب زیرزمینی دشت کردان بهره بردند. در مطالعه‌ای دیگر ژائو و همکاران به بررسی مکانی تراز آب زیرزمینی و بعضی پارامترهای شیمیایی مربوط به ۷۸۱ چاه واقع در دشت بهای در شمال کشور چین پرداخته شد. نتایج نشان داد که بهترین مدل‌های برازش داده‌شده به لگاریتم داده‌ها شامل تراز آب زیرزمینی و TDS مدل کروی، برای TH مدل نمایی و برای EC مدل گوسین بودند. با تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مشخص شد که تراز آب زیرزمینی از غرب به سمت شرق دشت دارای افت بوده و روند تغییرات TDS و EC به‌صورت افزایشی می‌باشند و بیشترین میزان TH مربوط به قسمت میانی و خط ساحلی دشت است. مراتی و همکاران (۲۰۱۷)، به پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و GIS حوضه آبخیز سلیمان‌شاه پرداختند، این پژوهش باهدف بررسی پراکنش کیفیت آب‌های زیرزمینی در حوضه آبخیز سلیمان‌شاه در استان کرمانشاه و تهیه نقشه آلودگی آب‌های زیرزمینی در اراضی تحت کشاورزی با استفاده از روش زمین‌آمار صورت گرفت. آنان از پارامترهای مواد جامد محلول (TDS)، نسبت جذب سدیم (SAR)، کلر و نیترات آب‌های زیرزمینی از ۶۰ چاه موجود در محدوده نمونه‌برداری شده، جهت درون‌یابی از روش‌های کریجینگ و IDW و به‌منظور انتخاب مدل مناسب از شاخص RSS استفاده گردید، نتایج نشان داد که برای پهنه‌بندی پارامترهای مذکور روش کریجینگ معمولی - نمایی بر سایر روش‌ها ارجحیت دارد. در مطالعه‌ای دیگر که توسط بیرانوند و همکاران (۲۰۱۸) برای بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت لرستان با روش‌های کریجینگ و معکوس فاصله انجام دادند، نتیجه گرفتند که روند تغییر متغیرهای کیفی آب زیرزمینی مطابق با جهت جریان آب می‌باشد. هدف این پژوهش بررسی تغییرات زمانی و مکانی آبخوان دشت سلماس با استفاده از پارامترهای PH، Cl، Na و TDS برای سال‌های ۸۷ و ۹۷ می‌باشد.

روش مطالعه:

منطقه مطالعاتی

شهرستان سلماس در شمال غربی ایران و در طول‌های جغرافیایی $45^{\circ}2'00''$ و $44^{\circ}46'00''$ درجه شرقی و در عرض‌های جغرافیایی $38^{\circ}1'30''$ و $38^{\circ}18'00''$ شمالی در محدوده‌ی استان آذربایجان غربی جای دارد. (شکل ۱- موقعیت استان آذربایجان غربی در نقشه ایران را مشخص کرده است. این شهرستان از شمال با خوی از شرق با تسوج و دریاچه ارومیه و از جنوب با ارومیه و از غرب با ترکیه همسایه است.



شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی

دشت سلماس بین ارتفاعات نه‌چندان بلند قرار دارد؛ که از طرف شمال با رسوبات تبخیری و از طرف جنوب از طریق کمپلکس قوشچی و از طرف غرب کوه وار شورا احاطه شده و از طرف شرق ساحل دریاچه ارومیه می‌باشد. متوسط بارش سالانه برای ۱۲ سال در ایستگاه سینوپتیک سلماس ۲۴۱/۷ میلی‌متر می‌باشد. کمترین مقدار بارش برای مردادماه و بیشترین مقدار برای اردیبهشت‌ماه است؛ و بیشترین دمای متوسط به‌دست آمده از منطقه ۲۴/۸ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن ۲/۵- می‌باشد. از دیدگاه ریخت‌شناختی نزدیک به یک پنجم دشت سلماس و دشت خوی در بخش شرقی و شمال شرقی با نهشته‌های کواترنر پوشیده شده است. ارتفاع در پایین‌ترین بخش دشت سلماس و در حاشیه دریاچه ارومیه، ۱۲۷۵ متر از سطح دریا است. در منطقه بررسی شده، به‌طور کلی از شرق به غرب بر ارتفاعات منطقه افزوده می‌شود. بلندترین نقطه در بلندی‌های شمال چهارستون کوه‌های کومیدلو و برلوک ۳۰۶۹ متر و در ارتفاعات جنوبی در کوه اوغام ۲۷۳۱ متر و در کوه یونجه لبق ۲۵۶۵ متر از سطح دریا است. امروزه به‌طور وسیعی از روش‌های مختلف زمین‌آماری برای بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود (صفری ۱۳۸۱). زمین‌آمار در مفهوم اروپایی خود به شاخه‌ای از علم آمار گفته می‌شود که مبتنی بر «تئوری متغیرهای ناحیه‌ای» است که توسط ماترون پایه‌گذاری شده و به‌اصطلاح با داده‌ها یا «متغیر فضایی» سروکار دارد و از این رو

مترادف با آمار فضایی است. زمین آمار به مفهوم آمیکایی خود به کاربرد تمامی روش‌های آماری که در علوم زمین مورد استفاده هستند، از جمله آمار کلاسیک و آمار فضایی اطلاق می‌شود. این تعریف از زمین آمار مفهومی به مراتب کلی‌تر و وسیع‌تر از مفهوم نظیر آن در کشورهای اروپایی در بردارد؛ بنابراین در زمین آمار به بررسی آن دسته از متغیر پرداخته می‌شود که ساختار فضایی از خود بروز می‌دهند. به عبارت دیگر، ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار فضایی بین داده‌ها پرداخته می‌شود و سپس در صورت وجود ساختار فضایی، تحلیل داده‌ها انجام می‌گیرد.

روش کریجینگ

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق (میانگین متحرک وزن دار) استوار می‌باشد و در مورد آن می‌توان گفت که بهترین تخمینگر خطی است (Wang 2016). این روش با کمترین واریانس تخمین، درون‌یابی می‌کند و میزان خطای آن تابع مشخصات تغییر نما می‌باشد. میزان دقت این روش بر مبنای مطالعات دقیق مربوط به تشخیص مدل تغییر نما استوار است (قهروردی تالی، ۱۳۸۴).

روش کوکریجینگ

این روش در شرایطی استفاده می‌شود که از یک متغیر به اندازه‌ی کافی نمونه برداری نشده باشد در چنین مواردی می‌توان از یک متغیر ثانویه که تعداد بیشتری داده از آن در دسترس است استفاده و بدین صورت که رابطه‌ی بین متغیر اولیه و ثانویه برقرار نمود بنابراین به نظر می‌رسد کوکریجینگ می‌تواند با استفاده از متغیر ثانویه به کاهش واریانس تخمین و بهبود مقدار تخمین زده شده کمک نماید. قبل از تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی لازم است داده‌ها نرمال شوند. برای تعیین نرمال بودن داده‌های کیفی آب‌های زیرزمینی دشت با آزمون کولموگروف اسمیرنوف پراکندگی این داده‌ها از لحاظ کیفی مورد بررسی قرار گرفت؛ بنابراین تحلیل گر لازم است تا قبل از پرداختن به تحلیل‌های آماری بررسی متغیرها، نوع توزیع متغیرها را بداند. با توجه به اینکه داده‌های کیفی در سطح ۹۵ درصد معنی دار هستند در نتیجه فرضیه نرمال بودن داده‌ها تأیید می‌شود. با انتخاب پارامترهای EC, Na, Cl, TDS برای بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی به مقایسه روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ و انتخاب بهترین مدل بر اساس معیار ارزیابی RMSE پرداخته شد. نتایج اعتبار سنجی متقابل مربوط به سال‌های ۸۷ و ۹۷ در جدول‌های زیر آورده شده‌اند.

جدول ۱ اعتبار سنجی متقابل سال ۸۷

متغیر	معیار ارزیابی	کریجینگ	کوکریجینگ	بهترین مدل
TDS	RMSE	۱۳۶.۵۳	۱۰۳.۷۶	کوکریجینگ
CL	RMSE	۰.۲۳۱	۰.۳۸۷	کریجینگ
Na	RMSE	۱.۰۸	۱.۳۲۳	کریجینگ
EC	RMSE	۱۶۷.۸۶	۱۲۸.۷۰۴	کوکریجینگ

جدول ۲ اعتبار سنجی متقابل سال ۹۷

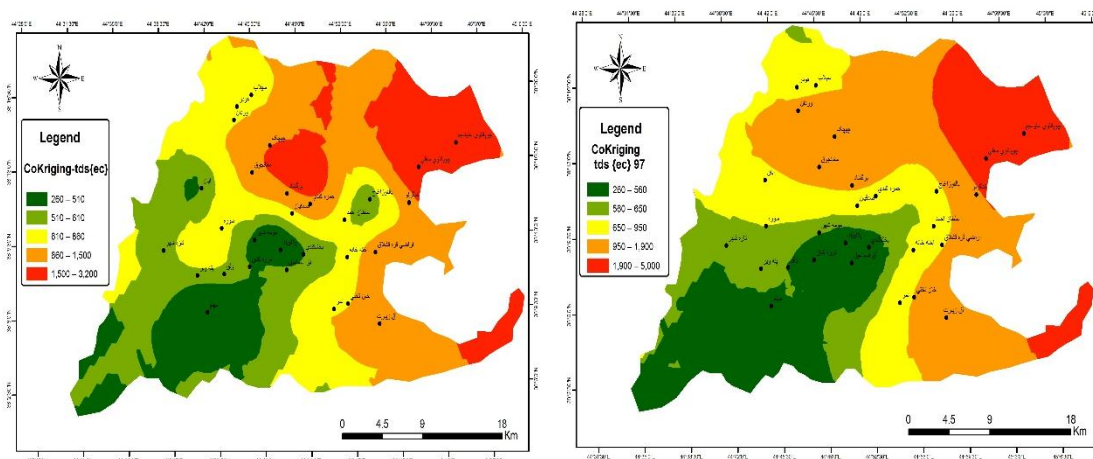
متغیر	معیار ارزیابی	کریجینگ	کوکریجینگ	بهترین مدل
TDS	RMSE	۱۶۵.۷۳	۱۰۱.۶۶	کوکریجینگ
CL	RMSE	۰.۲۱۹	۰.۲۸۹	کریجینگ
Na	RMSE	۱.۱۱	۱.۱۲۴	کریجینگ
EC	RMSE	۱۸۷.۸۶	۱۲۴.۷۶۶	کوکریجینگ

بحث:

در این پژوهش با بررسی پارامترهای Na, Cl, TDS و EC بر اساس معیار ارزیابی RMSE مشخص شد که روش کریجینگ برای پارامترهای Na و Cl و روش کوکریجینگ برای پارامترهای TDS و EC بهترین نتایج را ارائه داده است. نتایج تحلیل‌های پارامترهای ذکر شده بر اساس روش‌های درون‌یابی منتخب در نرم‌افزار GIS 10.3 انجام گرفت. نقشه‌های پهنه‌بندی شده در دو دوره‌ی زمانی ۸۷ و ۹۷ در زیر آورده شده‌اند.

TDS

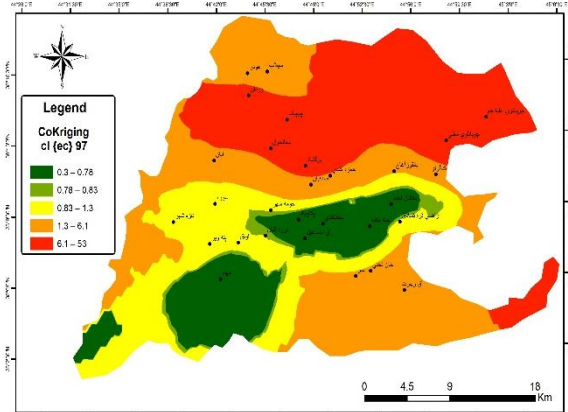
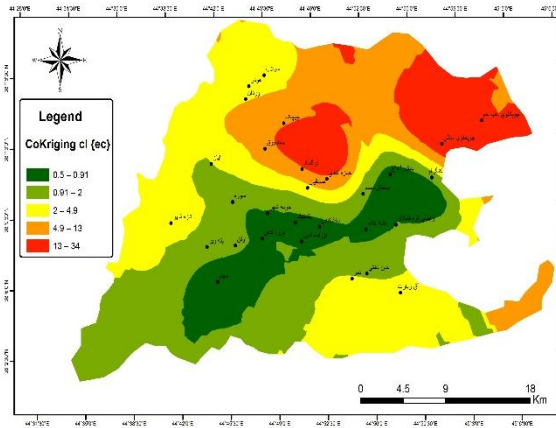
از مجموع یون‌ها به‌اضافه سیلیس محاسبه می‌گردد. TDS با EC همبستگی زیادی دارد و با افزایش TDS, EC نیز افزایش می‌یابد. مقدار آن در آب شرب نباید بیشتر از 1000mg/lit باشد. بر اساس پهنه‌بندی، تغییرات مکانی آن در سال ۸۷ به‌گونه‌ای است که از سمت غرب به شرق مقدار TDS بیشتر می‌شود که به دلیل انباشت مواد محلول در قسمت انتهایی آبخوان است. از لحاظ تغییرات زمانی به‌طور کلی TDS منطقه در بین سال‌های ۸۷ تا ۹۷ افزایش داشته و بیشترین مقدار آن در سال ۸۷ مربوط به روستای چوبانلو از ۵/۳۱۶۵ به ۵۰۳۱ میلی‌گرم بر لیتر رسیده است.



شکل ۲ تغییرات TDS در سال‌های ۸۷ و ۹۷

کلر Cl

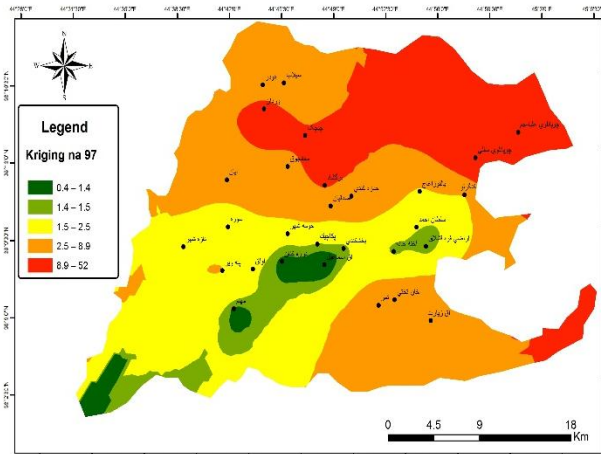
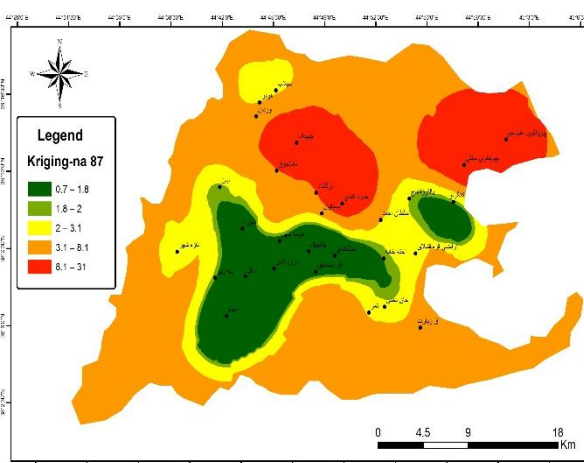
یک آنیون با یک بار منفی هست، تغییرات مقدار کلر در سال‌های ۸۷ و ۹۷ به‌صورت مکانی و زمانی بررسی شد، نقشه تغییرات مکانی و زمانی یون کلر در نقشه ذیل آمده است. به‌طوریکه مقدار کلر در شرق و شمال شرق منطقه بیشتر بوده و بیشترین مقدار آن در روستای چوبانلو به علت انحلال سنگ‌های تبخیری و نمک موجود در منطقه می‌باشد. از نظر زمانی نیز تغییرات میزان کلر در آب زیرزمینی به‌طوری است که باگذشت زمان در اثر انحلال نهشته‌های تبخیری میزان کلر در چوبانلوی علیا از ۲۵/۲ به ۳۷ و در چوبانلوی سفلی از ۳۷ به ۵۳/۲ افزایش یافته است.



شکل 3 تغییرات CL سال های ۸۷ و ۹۷

سدیم Na^+

مقدار این کاتیون در اثر انحلال سنگ‌های تبخیری مثل نمک و همچنین هجوم آب‌های شور در آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد، در پهنه‌بندی سدیم که به روش کریجینگ (Kriging) رسم شده است، میزان این کاتیون از نظر مکانی در سال ۸۷ در قسمت‌های شمال شرقی روستای چوبانلو و شرقی روستای کنگرلو- آغ زیارت به دلیل وجود نهشته‌های تبخیری و هجوم آب‌های شور بیشترین مقدار می‌باشد و در سال ۹۷ ملاحظه می‌کنیم که میزان سدیم در آب‌های زیرزمینی به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است که این افزایش در اثر انحلال سنگ‌های تبخیری و نفوذ آب شور می‌باشد؛ از طرفی برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و افت سطح آب زیرزمینی نیز به افزایش غلظت یون‌های سدیم در کل منطقه کمک می‌کند.

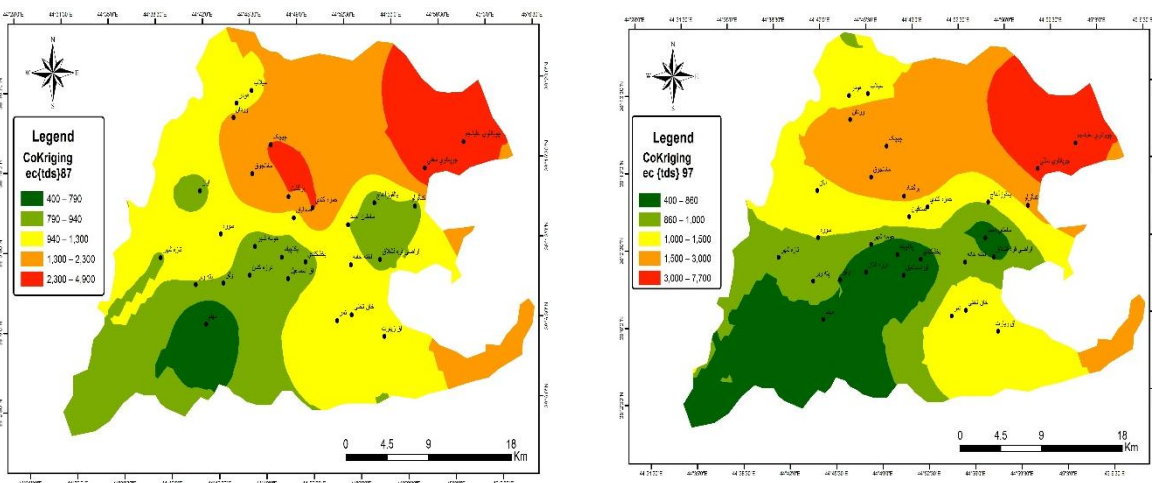


شکل 4 تغییرات Na سال های ۸۷ و ۹۷

هدایت الکتریکی EC

میزان هدایت الکتریکی یک دیدگاه جامعی از توزیع آنیون‌ها و کاتیون‌ها و غلظت نسبی آن‌ها در آب به ما ارائه می‌دهد و در واقع سنجش نمک‌های یونی آب می‌باشد (Karanth 1987). EC آب یکی از پارمترهای مهم در رده‌بندی آب‌های کشاورزی است؛ EC به روش کوکریجینگ یعنی با استفاده از یک پارامتر کمکی مثل tds که همبستگی زیادی با EC دارد پهنه‌بندی شده است. همان‌طور که تغییرات مکانی سال ۸۷ در پهنه‌بندی نشان می‌دهد مقدار هدایت الکتریکی از غرب به شرق، یعنی با

افزایش کل مواد جامد محلول، افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در قسمت‌های شمال شرقی یعنی روستا چوبانلوی سفلی به مقدار ۴۸۷۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به دلیل نفوذ آب شور و وجود نهشته‌های تبخیری و مارنی و آهکی در آن منطقه است که این مقدار در سال ۹۷ به ۷۷۴۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسیده است که این موضوع نشان‌دهنده‌ی افزایش شوری آب به دلیل انحلال سنگ‌های تبخیری و کربنات‌ها و نفوذ آب شور می‌باشد.



شکل 5 تغییرات EC سال های ۸۷ و ۹۷

نتیجه‌گیری:

در این پژوهش به بررسی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت سلماس از نظر پارامترهای کیفی EC، Na، TDS و CL صورت گرفت. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده‌ی افزایش میزان پارامترهای فوق در آبخوان دشت سلماس از سال ۸۷ تا ۹۷ می‌باشد. همچنین نتایج اعتبار سنجی متقابل نشان داد که روش‌های کوکریجینگ بهترین روش میان یابی برای متغیرهای کیفی TDS و EC و روش کریجینگ بهترین روش برای پارامترهای CL و Na می‌باشد

منابع:

اوسطی و خ، و ع. سلاجقه ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مکانی نیترات در آب زیرزمینی با استفاده از GIS (مطالعه موردی دشت کردان)، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ۸ و ۹ اردیبهشت و دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی پردیس بین‌الملل دانشگاه تربیت مدرس مازندران، نور، ۸ صفحه.

زیرک جوانمرد، فاطمه، مهدوی، محمد، ملک، محمدرضا، خیرخواه زرکش، میر مسعود. (۱۳۹۲). مدل‌سازی عدم قطعیت آسیب‌پذیری آبخوان با استفاده از GIS و مجموعه راف. تحقیقات منابع آب ایران، ۳۸-۲۶-۱(۱۰).

حبیبی اربطانی و. احمدی، ع؛ و م. م، فتاحی. ۱۳۸۸. مدل‌سازی تغییرات مکانی برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی را به کمک روش‌های زمین‌آمار. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳ (۷): ۳۳-۲۳

حسنی پاک، ع. ا. ۱۳۸۶ زمین‌آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۳۰۶-۳۱۴

صفری، م؛ ۱۳۸۱ تعیین شبکه بهینه‌ی پایش آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آمار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی.

قهرودی تالی، منیژه، ۱۳۸۴، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط سبده‌ی ArcGIS، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت‌معلم.

مرآتی، انسیه، طاهری، عبدالله، پارسافر، نصرالدین. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و GIS (مطالعه موردی حوضه آبخیز سلیمان‌شاه. دانش آب‌و‌خاک. ۲۴۸-۲۳۷-۲(۲۰۲۷).

بیست و چهارمین همایش انجمن زمین شناسی ایران
۲۵ و ۲۶ آبان ماه ۱۴۰۰ – دانشگاه خوارزمی (تهران)
24th Symposium of Geological Society of Iran



نظری زاده، فرزاد؛ بهناز ارشادیان؛ کامران زند و کیلی و محمدرضا نوری امامزاده‌ای، ۱۳۸۵، بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود در استان خوزستان، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود (فرصت‌ها و چالش‌ها)، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، صفحات ۱۲۴۰-۱۲۳۶، ۱۴ و ۱۵ شهریور

Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M. (1989). "Applied geostatistics". New York: Oxford University Press, 561 pp.

P.G. rejith, S.P. jeeva, H. Vijith, M. Sowmya, A.A.Mohamed Hatha. (2009),

"Determination of groundwater quality index of a highland village of kerala (india) using geographical information system", Journal of environmental health, 71:51-57.

Safarbeiranvand M, Amanipoor H, Battaleb-Looie S, Ghanemi K, Ebrahimi B. 2018. Quality evaluation of groundwater resources using geostatistical methods (Case study: Central Lorestan Plain, Iran). Water Resources Management. 32: 3611–3628. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2009-2>.

Wang Q, Yang Z. Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China. Environ Pollut 2016; 218:358-65

Zhou, Z., Zhang, G., Yan, M., & Wang, J. (2012). Spatial variability of the shallow groundwater level and its chemistry characteristics in the low plain around the Bohai Sea, North China. Environmental monitoring and assessment, 184(6), 3697-3710.