

ارزیابی خصوصیات آب زیرزمینی آبخوان دشت ملایر جهت کاربری در بخش کشاورزی به روش کریجینگ

سپیده افشاری^۱ | امین ترنجیان^۲ | محبوبه ضرابی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر. رایانه:

s3pi.af@gmail.com

۲. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر. رایانه: a.toranjian@malayeru.ac.ir

۳. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر. رایانه: mzarabi@malayeru.ac.ir

چکیده

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و نفوذ بیش از حد مواد شیمیایی به آبخوان از دغدغه‌های جدی محققین حوزه‌های منابع آب و محیط زیست می‌باشد. به این منظور مطالعه کیفی آب‌های زیرزمینی یکی از ابزارهای مهم توسعه پایدار در هر منطقه‌ای است. هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت ملایر برای مصرف کشاورزی می‌باشد. به منظور تحلیل کیفی آب زیرزمینی منطقه، اطلاعات حاصل از آزمایشات نمونه آب ۳۰ حلقه چاه، پارامترهای کیفی شامل غلظت یون‌های نسبت جذب سدیم، pH و هدایت الکتریکی در طی دو دوره آماری (۱۳۸۴-۱۴۰۰) مورد بررسی قرار گرفت. هر کدام از پارامترهای کیفی با محاسبه شاخص آماری میانگین در محیط GIS وارد گردید. برای انتخاب بهترین روش پهنه‌بندی، در محیط ArcGIS کریجینگ ساده استفاده شد. نتایج بررسی پهنه‌بندی نشان داد pH و هدایت الکتریکی کریجینگ ساده می‌باشد. پراکنش نسبت جذب سدیم، در محدوده مطالعاتی تقریباً یکنواخت بوده و در کل منطقه مطالعاتی میزان نسبت جذب سدیم در محدوده طبقه‌بندی عالی قرار دارد و از این نظر هیچگونه محدودیتی وجود ندارد. از نظر هدایت الکتریکی، در دوره آماری مذکور، ۶۰٪ از منطقه در محدوده ۵۱۸ تا ۷۰۳ میکروموس بر سانتی‌متر رده خوب و ۴۰٪ از منطقه در محدوده ۸۹۳ تا ۱۶۹۷ میکروموس بر سانتی‌متر رده متوسط واقع شده است. pH کل آبخوان مناسب بوده و در طبقه بندی خوب قرار دارد.

کلمات کلیدی: کیفیت آب، پهنه‌بندی، آب‌های زیرزمینی، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

آب زیرزمینی بخش مهمی از چرخه آب است (Ridel and Weber, 2020) [۱]. امروزه اغلب نیاز آبی مناطق خشک و نیمه خشک کشور با توجه به فقدان آب‌های سطحی پیوسته و مناسب، از منابع آب زیرزمینی و از طریق چاه‌های حفر شده فراهم می‌گردد. به همین دلیل تحقیق مداوم کمی و کیفی آب زیرزمینی به عنوان منبع تامین آب از اهمیت بسیار زیادی در این نواحی برخوردار است. بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی در سال‌های گذشته با توجه به خشکسالی‌های پیشامده نه تنها بر کمیت و میزان منابع آب زیرزمینی اثر گذاشته، بلکه بر کیفیت آن نیز تاثیرگذار است (بهرامی‌جوین و حسینی، ۱۳۹۳) [۲]. آب‌های زیرزمینی یک بخش اساسی در سیستم پشتیبانی از زندگی انسان است و آلودگی و تغییر در کیفیت آن ممکن است سلامت جامعه را تحت تأثیر قرار دهد. با روند افزایش جمعیت دنیا و رشد فزاینده نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب و بهداشت، فشار بسیاری به منابع آب زیرزمینی اعمال شده است (علیزاده، ۱۳۸۵) [۳]. منابع آب زیرزمینی در کشورهایی مانند ایران که در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته و بسیاری از مناطق آن‌ها از منابع آب سطحی بی‌بهره هستند، اهمیت بسیاری دارند. بر این اساس صیانت از منابع مذکور و طرح ریزی کوتاه مدت و بلند مدت در جهت استفاده مناسب از این منابع گرانبها الزامی است (کریمی و حداد، ۱۳۹۴) [۴]. آب‌های زیرزمینی کاربردهای گسترده و اثرات زیست محیطی پیچیده‌ای دارند، بنابراین در تحقیقات اخیر توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده‌اند (Lapworth et al, 2012) [۵]. آب‌های زیرزمینی در حال حاضر منبع ارجح آب آشامیدنی در سطح جهان و بسیار متغیر است. آب‌های زیرزمینی اغلب قابل اطمینان‌تر از آب‌های سطحی هستند که می‌توانند به طور مستقیم توسط کاربران مورد بهره‌برداری قرار گیرد (Carrad et al, 2019) [۶].

کیفیت آب زیرزمینی نتیجه تمامی مراحل واکنش‌های محیطی بر آب از لحظه تشکیل قطره‌ای از آن در اتمسفر تا زمان استخراج از چاه، قنات و چشمه می‌باشد (Sarkar et al, 2020) [۷]. کیفیت آب زیرزمینی مشخص‌کننده میزان مواد شیمیایی و بیولوژیکی، رسوبات و درجه حرارت بوده و در تعیین آب مناسب جهت مصارف معین (شهری، کشاورزی، صنعتی و...) از اهمیت بسزایی برخوردار است (Mallik et al 2020) [۸]. تغییرات اقلیمی و جوانب مخرب مرتبط با آن باعث کاهش نزولات جوی و خشکسالی‌های متوالی در کشور است، که سبب بحران و آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی می‌شود. از این جهت نقشه‌برداری از آسیب‌پذیری به عنوان یک جنبه اساسی در مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی به ویژه در بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Li and Yin, 2022) [۹].

مواد و روش‌ها

در این پژوهش با هدف ارزیابی منطقه‌ای کردن منابع آب زیرزمینی در دشت ملایر از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ GIS و نرم‌افزار اکسل استفاده شده است. جهت پهنه‌بندی کیفی آب چاه‌های پیژومتری در محدوده مورد مطالعه، لایه‌های اطلاعاتی لازم از طریق روابط ریاضی، درونیابی مقادیر، رده‌بندی و ترکیب لایه‌های مختلف در محیط نرم‌افزار ArcGIS نسخه 10.7.1 تهیه گردید. از نرم افزار اکسل برای آماده‌سازی داده‌ها و از قابلیت‌های GIS جهت تولید لایه‌ها و نقشه‌ها بهره گرفته شد. در نهایت با استفاده از معیارهای ارزیابی خطا، بهترین روش درونیابی انتخاب و نقشه تغییرات ترسیم گردید. بازه زمانی مورد بررسی در این مطالعه، شامل داده‌های آماری کیفی آب زیرزمینی در یک دوره ۸ ساله از سال ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. جهت اعتبار سنجی نتایج و انتخاب روشی با کمترین میزان خطا،

¹ Geographic Information System

معیارهای ریشه دوم میانگین مربع خطا^۱ (RMSE)، میانگین انحراف مطلق^۲ (MAD) و متوسط درصد خطای مطلق^۳ (MAPE) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ارزیابی منابع آب برای مصارف کشاورزی

از دیاگرام ویلکاکس^۴ جهت ارزیابی منابع آبی برای کشاورزی استفاده می‌شود. (Wilcox and Durum, 1967) [۱۰]. در این طبقه‌بندی آب‌ها بر اساس هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از لحاظ کیفیت به ۱۶ طبقه تقسیم می‌شوند که از C1S1 شروع و به C4S4 منتهی می‌شود و در چهار گروه با کیفیت خوب، قابل قبول، نامناسب و بد تقسیم می‌گردد جدول ۱.

جدول ۱- طبقه‌بندی آب کشاورزی طبق دیاگرام ویلکاکس

رده	SAR	رده	EC ($\mu\text{mhu/cm}$)	کیفیت آب
S ₁	SAR < ۱۰	C ₁	EC < ۲۵۰	عالی
S ₂	۱۰ < SAR < ۱۸	C ₂	۲۵۰ < EC < ۷۵۰	خوب
S ₃	۱۸ < SAR < ۲۶	C ₃	۷۵۰ < EC < ۲۲۵۰	متوسط
S ₄	SAR < ۲۶	C ₄	EC < ۲۲۵۰	نامناسب

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در شهرستان ملایر (جنوب شرقی استان همدان) انجام شده است. این منطقه با وسعت ۳۲۱۰ کیلومترمربع، در مختصات ۴۹° ۴۸' ۳۰" شرقی و ۳۴° ۱۷' ۱۷" شمالی^۵ UTM ۳۹S و ارتفاع ۱۷۲۵ متر، در حوضه آبریز کرخه قرار دارد. دشت ملایر با اقلیم معتدل کوهستانی، طی سال‌های اخیر با بحران کاهش سطح آب زیرزمینی و افزایش احتمال آلودگی ناشی از توسعه کشاورزی، صنعت و جمعیت روبرو بوده است. موقعیت و تغییرات ارتفاعی منطقه در شکل ۱ ارائه شده است.

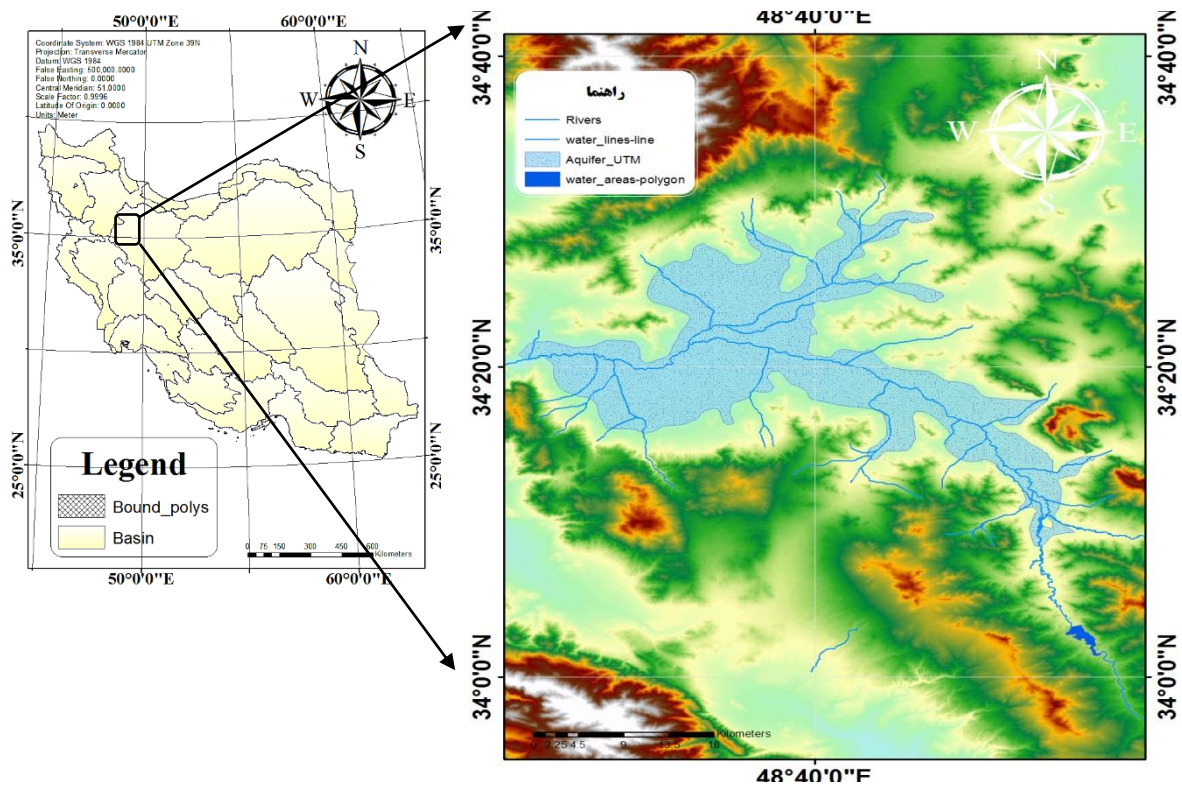
¹ Root Mean Square Error

² Mean Absolute Deviation

³ Mean Absoulute Percentage Error

⁴ Wilcox

⁵ Universal Transverse Mercator coordinate system



شکل ۱ - موقعیت دشت ملایر و تغییرات ارتفاعی نواحی درگیر با آبخوان آن

نتایج و بحث

پهنه‌بندی پارامترهای کیفیت آب

پهنه‌بندی میانگین نسبت جذب سدیم^۱ (SAR)

از معیارهای مهم برای ارزیابی درجه مرغوبیت آب کشاورزی نسبت جذب سدیم می‌باشد که به غلظت یون‌های سدیم (Na^+)، کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) موجود در آب بستگی دارد و بر اساس میلی اکی‌والان بر لیتر بیان می‌گردد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۹۰) [۱۱]. واحد اندازه‌گیری نسبت جذب سدیم میلی اکی‌والان بر لیتر به توان یک دوم ($\text{meq/l}^{1/2}$) است.

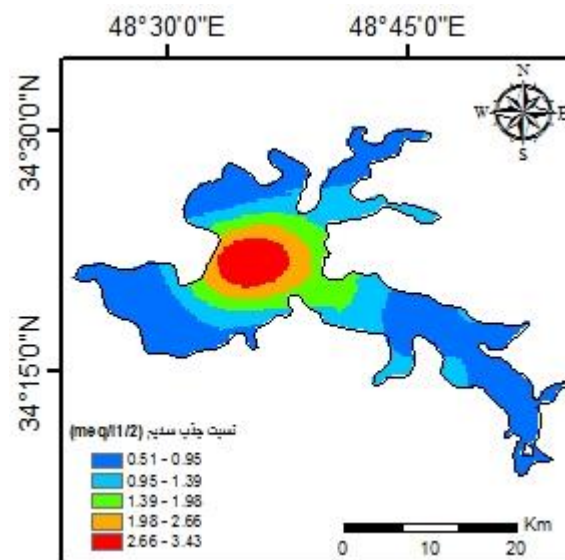
$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{1/2(\text{Ca} + \text{Mg})}} \quad (1)$$

نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی حداقل نسبت جذب سدیم در دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۹۲) در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی حداقل نسبت جذب سدیم در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۹۲

روش	RMSE	MAD	MAPE
Kriging Simple	۰/۱۴	۰/۴۳	۷۱/۳۸

^۱ Sodium adsorption ratio



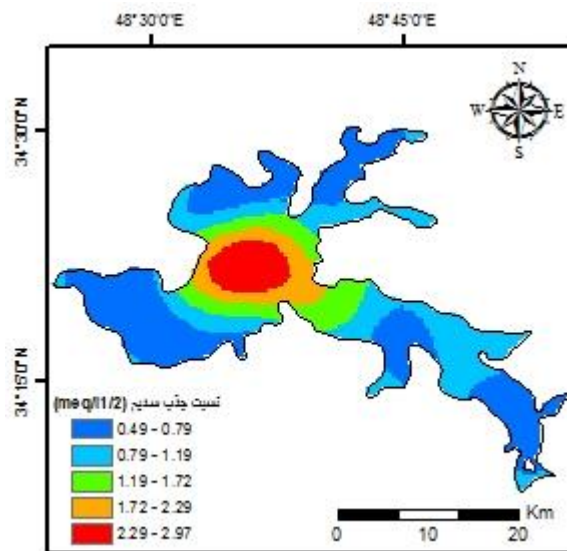
شکل ۲- پهنه‌بندی حداکثر نسبت جذب سدیم در دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۹۲) با روش کریجینگ ساده

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها نشان داد که در میان روش‌های مورد بررسی، کریجینگ ساده با بیشترین دقت و کریجینگ شاخص با کمترین دقت، برای پهنه‌بندی میانگین نسبت جذب سدیم در منطقه طی دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۹۲ مناسب هستند. جدول ۲، همچنین، بر اساس نقشه‌ی پهنه‌بندی شکل ۲ و طبقه‌بندی ویلکاکس مشخص گردید. پراکنش این پارامتر در محدوده مطالعاتی تقریباً یکنواخت بوده و در کل منطقه مطالعاتی میزان نسبت جذب سدیم در محدوده طبقه‌بندی عالی قرار دارد و از این نظر هیچگونه محدودیتی وجود ندارد.

نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی حداقل غلظت جذب سدیم در دوره آماری (۱۳۹۲-۱۴۰۰) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی حداقل نسبت جذب سدیم در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۴۰۰

روش	RMSE	MAD	MAPE
Kriging Simple	۰/۱۱	۰/۳۸	۴۶



شکل ۳- پهنه‌بندی حداقل نسبت جذب سدی در دوره آماری (۱۳۹۲-۱۴۰۰) با روش کریجینگ ساده

با توجه به نتایج بدست آمده از شاخص‌های ارزیابی روش کریجینگ ساده بهترین و درونیایی چند جمله‌ای جهانی به عنوان نامناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی حداقل نسبت جذب سدی در بازه آماری (۱۳۹۲-۱۴۰۰) در منطقه مطالعاتی است جدول ۳. نتایج بدست آمده از نقشه پهنه‌بندی شکل ۳ بر اساس معیار طبقه‌بندی ویلکاکس نشان می‌دهد که کل سطح آبخوان دارای کیفیت مناسب و در طبقه‌بندی عالی قرار دارد. مقایسه شکل ۲ و شکل ۳ نشان می‌دهد مقدار حداقل نسبت جذب سدی در دوره آماری اول و دوم در محدوده آبخوان با روند تقریباً یکسان همراه است.

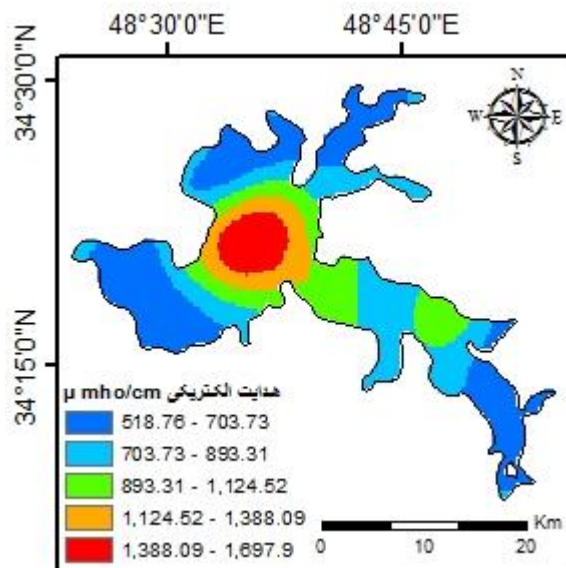
پهنه‌بندی حداقل قابلیت هدایت الکتریکی (EC)

نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین قابلیت هدایت الکتریکی در دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۹۲) در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین قابلیت هدایت الکتریکی ($\mu\text{mhu/cm}$) در دوره آماری

۱۳۹۲-۱۳۸۴

روش	RMSE	MAD	MAPE
Kriging Simple	۴۱/۳۵	۱۵۸/۷۵	۱۹/۷۲



شکل ۴- پهنه‌بندی میانگین قابلیت هدایت الکتریکی ($\mu\text{mho/cm}$) در دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۹۲) با

روش کریجینگ ساده

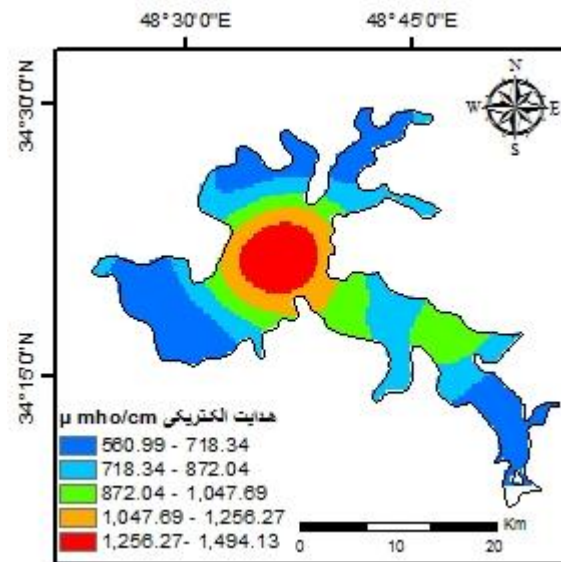
محاسبه شاخص‌های ارزیابی نشان داد که روش کریجینگ ساده با اختلاف اندکی نسبت به سایر روش‌ها، مناسب‌ترین روش جهت پهنه‌بندی میانگین قابلیت هدایت الکتریکی در دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۹۲) در محدوده مورد مطالعه است؛ در حالی که روش کریجینگ شاخص کمترین کارایی را از خود نشان داد جدول ۴. طبق نتایج پهنه‌بندی شکل ۴ و بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس، کیفیت آب در پیرامون آبخوان در رده خوب قرار داشته و با حرکت به سمت مرکز آبخوان، به دلیل افزایش میزان قابلیت هدایت الکتریکی، کیفیت به رده متوسط تغییر می‌یابد. بر این اساس، در دوره آماری مذکور، ۶۰٪ از منطقه در محدوده ۵۱۸ تا ۷۰۳ میکروموس بر سانتی‌متر رده خوب و ۴۰٪ از منطقه در محدوده ۸۹۳ تا ۱۶۹۷ میکروموس بر سانتی‌متر رده متوسط واقع شده است.

نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین قابلیت هدایت الکتریکی در دوره آماری (۱۳۹۲-۱۴۰۰) در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین قابلیت هدایت الکتریکی ($\mu\text{mho/cm}$) در دوره آماری

۱۴۰۰-۱۳۹۲

روش	RMSE	MAD	MAPE
Kriging Simple	۴۱/۳۰	۱۵۴/۱۷	۱۹/۰۹



شکل ۵ - پهنه‌بندی میانگین قابلیت هدایت الکتریکی ($\mu\text{mho/cm}$) در دوره آماری (۱۳۹۲-۱۴۰۰) با روش کریجینگ ساده

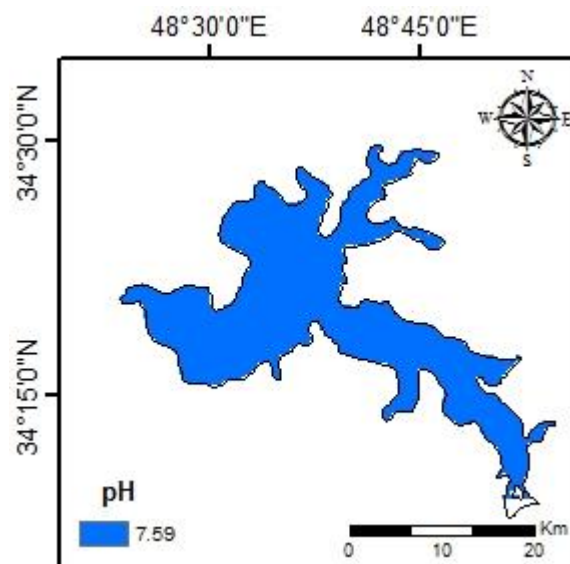
محاسبه مقدار شاخص‌های ارزیابی بیان‌کننده این موضوع هستند که روش کریجینگ ساده بهترین و کریجینگ شاخص به عنوان نامناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی میانگین میزان قابلیت هدایت الکتریکی در سال‌های آماری (۱۴۰۰-۱۳۹۲) است، جدول ۱۰. نتایج بدست آمده از نقشه پهنه‌بندی شکل ۵ با توجه به معیار طبقه‌بندی ویلکاکس نشان می‌دهد که میزان قابلیت هدایت الکتریکی در اطراف آبخوان از کیفیت خوب و هر چه به سمت مرکز منطقه مطالعاتی پیش می‌رویم کیفیت تغییر پیدا کرده و کیفیت در رده متوسط قرار می‌گیرد. ۵۷٪ محدوده مطالعاتی از مقدار ۵۶۰ تا ۸۷۲ میکروموس بر سانتی‌متر در طبقه بندی خوب و ۴۳٪ از مقدار ۸۷۲ تا ۱۴۹۴ در طبقه‌بندی متوسط قرار دارد. مقایسه شکل ۴ و شکل ۵ نشان می‌دهد مقدار میانگین قابلیت هدایت الکتریکی در دوره آماری اول نسبت به دوره آماری دوم در محدوده آبخوان با روند افزایشی همراه است.

پهنه‌بندی حداقل pH

نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین pH در دوره آماری (۱۳۹۲-۱۳۸۴) در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶ - نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین pH در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۹۲

روش	RMSE	MAD	MAPE
Kriging Simple	۰/۰۲	۰/۱۱	۱/۴۲



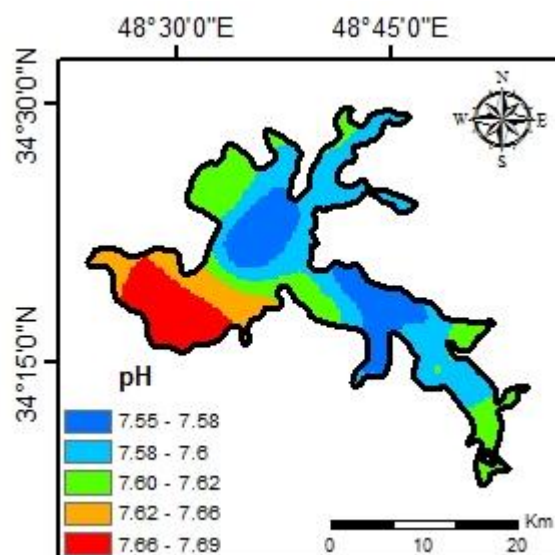
شکل ۶ - پهنه‌بندی میانگین pH در دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۹۲) با روش کریجینگ ساده

بررسی نتایج به دست آمده از پهنه‌بندی شاخص‌های ارزیابی نشان داد که روش کریجینگ ساده بهترین و کریجینگ شاخص به عنوان نامناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی میانگین pH در دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۹۲) در منطقه مورد مطالعه است، جدول ۶. نتایج حاصل از نقشه پهنه‌بندی شکل ۶ بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس مشخص کننده این مسئله می‌باشد که کیفیت کل آبخوان مناسب بوده و در طبقه بندی خوب قرار دارد.

نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین pH در دوره آماری (۱۳۹۲-۱۴۰۰) در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷ - نتایج ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی میانگین pH در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۴۰۰

روش	RMSE	MAD	MAPE
Kriging Simple	۰/۰۲	۰/۰۹	۱/۲۲



شکل ۷ - پهنه‌بندی میانگین pH در دوره آماری (۱۴۰۰-۱۳۹۲) با روش کریجینگ ساده

بر اساس شاخص‌های ارزیابی، روش کریجینگ ساده با اختلاف جزئی نسبت به سایر روش‌ها، به عنوان بهترین روش برای پهنه‌بندی میانگین pH در بازه زمانی ۱۴۰۰ تا ۱۳۹۲ انتخاب شد، در حالی که روش کریجینگ شاخص ضعیف‌ترین عملکرد را داشت جدول ۷. بررسی نقشه پهنه‌بندی شکل ۷ بر مبنای طبقه‌بندی ویلکاکس ویلکاکس مشخص کننده این مسئله می‌باشد که کیفیت آبخوان در منطقه شرقی آبخوان نسبت به بخش غربی مناسب بوده و در طبقه بندی خوب قرار دارد.

تعیین کیفیت آب مناسب برای کشاورزی یک فرآیند پیچیده است که فراتر از بررسی شاخص‌های ساده‌ای نظیر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حضور فلزات سنگین می‌باشد. در ایران، به دلیل عدم وجود یک استاندارد واحد و مطلق برای آب کشاورزی، تعیین کیفیت آب تابع متغیرهای محیطی از جمله نوع محصول (حساسیت گیاه) و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک است. از آنجایی که گیاهان در برابر تنش‌های شوری دارای سطوح مختلف تحمل (از حساس تا مقاوم) هستند، انتخاب آب آبیاری باید بر اساس قابلیت‌های فیزیولوژیک هر گیاه صورت گیرد. شاخص شوری و هدایت الکتریکی از حیاتی‌ترین پارامترها در ارزیابی کیفیت آب کشاورزی محسوب می‌شوند، زیرا تأثیر مستقیم بر پتانسیل اسمزی و بهره‌وری گیاه دارند. بررسی سطح تحمل گیاهان نسبت به شوری تنها به غلظت کل نمک‌ها محدود نمی‌شود، بلکه نسبت و غلظت یون‌های اختصاصی نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در سمیت ایفا می‌کند. به عنوان مثال، حساسیت بافت‌های گیاهی (به‌ویژه برگ‌ها) به یون سدیم بسیار متفاوت است و این موضوع در مدیریت آبیاری باید مدنظر قرار گیرد. با توجه به تغییرات فصلی کیفیت آب، انجام آنالیزهای دوره‌ای برای پایش وضعیت شوری الزامی است. علاوه بر شاخص‌های کلی، آنالیز دقیق یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، pH و هدایت الکتریکی برای مدیریت سلامت خاک و گیاه ضروری است. افزایش غلظت سدیم منجر به افزایش سدیمی شدن و در نتیجه کاهش نفوذپذیری و تخریب ساختار خاک می‌شود. این پدیده با کاهش تهویه و نفوذپذیری، حاصلخیزی خاک را به شدت کاهش می‌دهد. از منظر گیاهی، سدیم یک عنصر غیرضروری است که غلظت بالای آن منجر به سمیت سلولی شده و با علائمی نظیر سوختگی، خشکیدگی و مرگ بافت‌های حاشیه‌ای برگ‌ها خود را نشان می‌دهد. حضور کلسیم در آب آبیاری می‌تواند اثرات منفی سدیم بر ساختار خاک و سمیت گیاه را تعدیل نماید. محدوده بهینه pH برای اکثر فعالیت‌های کشاورزی بین ۶.۵ تا ۸.۵ است؛ چرا که pH بر قابلیت حلالیت و جذب عناصر غذایی و اثرگذاری سموم شیمیایی تأثیر مستقیم دارد. آب با کیفیت نامناسب می‌تواند منجر به تغییرات ساختاری در خاک شود. در صورتی که آب آبیاری دارای شوری بسیار پایین اما با حالت خورندگی بالا باشد، می‌تواند منجر به آبشویی بیش از حد کانی‌ها و نمک‌های محلول (به‌ویژه کلسیم) شده و پایداری خاکدانه‌ها و ساختمان خاک را مختل کند. طبق استانداردهای رایج، اگر EC آب از ۲۰,۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر فراتر رود، برای کشاورزی غیرقابل استفاده است، در حالی که مقادیر کمتر از ۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر برای طیف وسیعی از گیاهان و خاک‌ها ایمن تلقی می‌شود. با توجه به پیچیدگی‌های موجود، تعیین مشخصات آب کشاورزی نیازمند رویکردی جامع و مبتنی بر شرایط محیطی است. در این راستا، جداول استاندارد ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست، به عنوان یک راهنمای فنی و علمی معتبر جهت مدیریت کیفیت آب و بهینه‌سازی مصرف در بخش کشاورزی پیشنهاد می‌گردد. خشکسالی متوالی در کشور وابستگی به منابع آب زیرزمینی را تشدید نموده و از طرفی تغذیه آب زیرزمینی را با محدودیت روبرو کرده است که می‌توان از مهم‌ترین عوامل اقلیمی کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و کیفیت آب را در نظر گرفت. به منظور پهنه‌بندی میانگین آب زیرزمینی در سال‌های آماری ۱۳۸۴ تا سال ۱۴۰۰ روش کریجینگ ساده به عنوان مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی انتخاب گردید برداشت بی‌رویه و غیر اصولی از آب‌های زیرزمینی و خشکسالی‌های پی‌درپی و کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی باعث تشدید روند کاهش کیفیت آب است.

مراجع

1. Riedel, T., & Weber, T. K. (2020). *The influence of global change on Europe's water cycle and groundwater recharge*. Hydrogeology Journal, 28(6), 1939-1959.
۲. بهرامی جوین، ا. و حسینی، س. م. (۱۳۹۴). مقایسه سازماندار روش‌های زمین آماری برای برآورد شوری آب زیرزمینی در مناطق کویری مطالعه موردی: دشت فیض آباد - مه ولات. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۱(۲)، ۱-۱۵.
۳. علیزاده، ا. (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی، ص ۹۱۱.
۴. کریمی، م. و حداد، م. (۱۳۹۶). بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت مه ولات. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۹(۳۱)، ۲۳-۳۱.
5. Lapworth, D. J., Baran, N., Stuart, M. E., & Ward, R. S. (۲۰۱۲). *Emerging organic contaminants in groundwater: a review of sources, fate and occurrence*. Environmental pollution, ۱۶۳, ۳۰۳-۲۸۷.
6. Carrard, N., Foster, T., & Willetts, J. (۲۰۱۹). *Groundwater as a source of drinking water in southeast Asia and the Pacific: A multi-country review of current reliance and resource concerns*. Water, ۱۱(۸), ۱۶۰۵.
7. Sa Sarkar, A., Arora, S., Kumar, S., Shekhar, S., & Kaushik, S. (۲۰۲۰). *Assessment of the Land-Use Pattern Changes and Its Impact on Groundwater Quality in Parts of the National Capital Region (NCR) Delhi, India*. Emerging Issues in the Water Environment during Anthropocene: A South East Asian Perspective, ۱۷۸-۱۵۹.
8. Mallik S., Shivam, Mishra U. (۲۰۲۰). *Assessment of Spatial Variations in Groundwater Quality of Agartala, Tripura for Drinking Employing GIS and MCDA Techniques*. In: Ghosh J., da Silva I. (eds) *Applications of Geomatics in Civil Engineering*. Lecture Notes in Civil Engineering, vol ۳۳. Springer, Singapore
9. Li, C., Men, B., & Yin, S. (2022). *Optimized Selection of Water Resource Allocation Schemes Based on Improved Connection Entropy in Beijing's Southern Plain*. Entropy (Basel, Switzerland), 24(7), 920
10. Wilcox, L. V., & Durum, W. H. (1967). Quality of irrigation water. Irrigation of agricultural lands, 11, 104-122.
۱۱. علیزاده، ا. (۱۳۹۰). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. ص ۳۳۵.