پهنه بندی کیفیت آب آبیاری و شهری با استفاده از GIS

سیدهادی صادقی[۱]، هدی قاسمیه[۲]، جواد مؤمنی دمنه[۳]، سیدحجت موسوی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۲۶

چکیده

تعیین کیفیت آب در مدیریت منابع آب، از اهمیت خاصی برخوردار است و پایش و پهنه‌بندی آن به عنوان یک اصل خیلی مهم در برنامه‌ریزی‌های شهری باید مد نظر قرار گیرد. هدف از انجام این پژوهش، تشخیص مناسب‌ترین روش میان‌یابی جهت تعیین کیفیت آب در بخش شرب و کشاورزی با استفاده از دیاگرام‌های شولر و ویل‌کوکس است. در این تحقیق، ۲۲ حلقه چاه پیزومتری در محدوده‌ای با آبخوان آزاد در دشت ملایر مورد استفاده قرار گرفت. سپس به منظور تعیین کیفیت آب شرب و کشاورزی به ترتیب از نمودارهای شولر و ویل‌کوکس که معمول‌ترین روش‌ها برای طبقه‌بندی کیفیت آب است، بهره گرفته شد. به منظور پهنه‌بندی کیفیت آب محدوده مورد مطالعه، روش‌های زمین‌آماری کریجینگ و کوکریجینگ و روش عکس فاصله در نرم‌افزار GIS استفاده شدند و همچنین نتایج هر کدام با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که مناسب‌ترین روش برای میان‌یابی و پهنه‌بندی کیفیت آب شرب و کشاورزی، روش کوکریجینگ ساده (کروی) است. در بررسی کیفیت آب شرب بر مبنای دیاگرام شولر با ملاک قرار دادن پارامترهای اصلی (TDS و TH) مشخص شد که وضعیت کیفی آب شرب منطقه در سه دسته خوب، قابل قبول و نامناسب است. در بخش کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویل کوکس و با بهره گیری از پارامترهای EC و SAR وضعیت کیفی آب کشاورزی دشت در دو دسته خوب و متوسط طبقه بندی شد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، پهنه‌بندی، دیاگرام شولر، دیاگرام ویل‌کوکس.

[۱].دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، استان همدان، همدان، ایران_ همدان، شهرک الوند، خیابان آزادگان، ۰۹۳۶۶۰۶۴۴۲۵ ، hadi.watershed@gmail.com

[۲].استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان،کاشان،ایران، ۰۹۱۳۲۶۱۳۷۷۹، h.ghasemieh@kashanu.ac.ir (مسئول مکاتبه)

[۳]. دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، استان خراسان رضوی، مشهد، ایران،۰۹۱۵۱۲۳۸۱۱۳، momenyjavad@yahoo.com

[۴]استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران، ۰۹۳۶۶۰۶۴۴۲۵، hmousavi15@kashanu.ac.ir.

مقدمه

به طور کلی کیفیت آب، یک امر نسبی است و معرف ویژگی‌های آب است و از طریق ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی تعریف می‌شود، کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقیاس‌های مکانی و زمانی عمل می‌کند و نمی‌توان خواص آن را در طول زمان و مکان ثابت فرض کرد (Mozafarizadeh, 2006). بخشی از کیفیت آب‌های زیرزمینی مربوط به بارش است، ولی مهم‌ترین نقش را نوع تشکیلات زمین، طول مسیر طی شده و مدت زمان این جابجایی ایفا می‌کند. کیفیت آب با توجه به طول مسیر طی شده و فراوانی مواد انحلالی در مسیر می‌تواند تفاوت زیادی در نقاط مختلف پیدا کند. این پدیده باعث می‌شود که در بسیاری از مناطق خشک و بیابانی، علاوه بر کم‌آبی، کیفیت نامناسب آب‌های موجود نیز مشکل‌ساز باشد (مهدوی، ۱۳۸۷). بنابراین اندازه‌گیری و بررسی تغییرات کیفیت آب چه از لحاظ کشاورزی و یا آشامیدنی بسیار حائز اهمیت است. روش‌های متعددی جهت تعیین کیفیت آب ارائه شده است. روش شولر، معمول‌ترین روش تعیین کیفیت آب شرب است که طبقه‌بندی آن از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، با اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها صورت می‌گیرد. روش ویل‌کوکس نیز، روشی بسیار متداول در طبقه‌بندی آب‌ها از نظر کشاورزی است. در این طبقه‌بندی، دو عامل هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) در نظر گرفته می‌شود و هریک از آن‌ها به چهار قسمت تقسیم می‌شود که در مجموع باعث پدید آمدن شانزده گروه کیفیت آب می‌گردد (مهدوی، ۱۳۸۷). اولین قدم پس از تعیین کیفیت آب با استفاده از این روش‌ها، انتخاب یک مدل مناسب جهت درون‌یابی و پهنه‌بندی داده‌ها است. سیستم اطلاعات جغرافیایی، کاربرد فراوانی در پایش و طبقه‌بندی کیفی آب حوضه‌ها دارد و توانایی تحلیل و بررسی اطلاعات در حجم زیاد را فراهم می‌نماید. در این سیستم، با تعیین مراکز مهم جمعیتی، صنعتی و کشاورزی و تخمین بار آلودگی و ترکیب آن با سایر اطلاعات، می‌توان طرح‌های مدیریتی مفیدتری را ارائه نمود. علاوه بر این، به کمک این ابزار، امکان دست‌یابی به روابط دقیق‌تر برای ارتباط میان پارامترهای کیفی منابع آب و پارامترهای مؤثر در حوضه وجود دارد (عسگری مارنانی و همکاران، ۲۰۰۱).

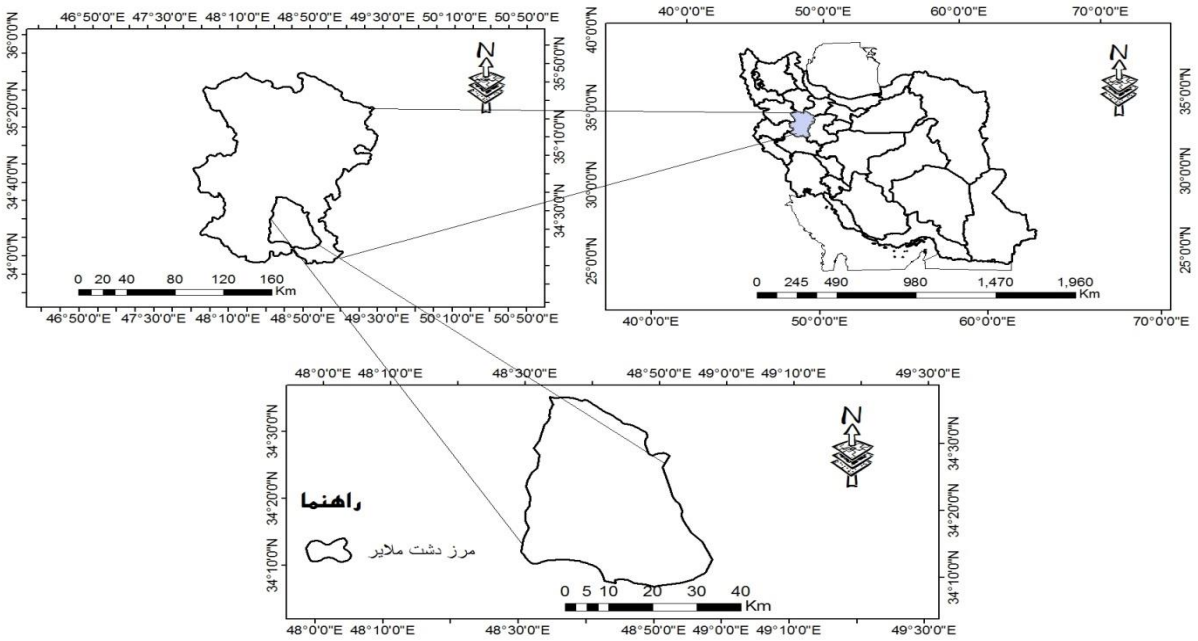
تاکنون پژوهش‌های متعددی در ارتباط با روش‌های میان‌یابی و پهنه‌بندی توسط محققان مختلف انجام شده است. در مطالعه‌ای در دشت یزد به تحلیل مکانی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از سه روش عکس مجذور فاصله، کریجینگ و کوکریجینگ پرداخته شد. ارزیابی نتایج حاصل براساس ریشه متوسط مربعات خطا نشان داد که روش کریجینگ بر دو روش دیگر برتری دارد و در نهایت به عنوان روش نهایی و مناسب برای تهیه نقشه ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه انتخاب شد (Taghizadeh Mehrjerdi and et al., 2008). در پژوهشی دیگر جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات حاصل از شستشوی کود ازته در آب زیرزمینی بیست هزار هکتار از اراضی کشاورزی تحت کشت ذرت در شمال شرقی کشور پرتغال، از روش تخمین زمین‌آماری کریجینگ متقاطع استفاده شد. در نهایت نتایج نشان داد که مدل نیم‌تغییرنمای کروی به عنوان کاراترین مدل، نشان‌دهنده همبستگی مکانی غلظت نیترات جهت تخمین‌های زمین‌آماری است (Maria and luis, 2010). در مطالعه‌ای در آبخوان دشت بافرا در کشور ترکیه با استفاده از داده‌های ۹۷ حلقه چاه طی دوره آماری هفت ساله از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰، میزان شوری بررسی شد. واریوگرام‌های مناسب برازش داده شده به داده‌ها شامل مدل‌های نمایی و کروی در روش‌های کریجینگ معمولی و کریجینگ ساده بودند. میزان روند شوری در ۳۱ درصد از دشت، دارای شوری پنج دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر در سال ۲۰۰۴ بوده که در مقایسه با سال ۲۰۱۰، این مقدار به اندازه ۹ درصد کاهش پیدا کرده بود (Arsalan, 2012). در مطالعه‌ای جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و ریسک آلودگی غلظت عناصر سنگین آرسنیک، سرب و کادمیم و همچنین بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی و سختی کل در آب زیرزمینی حوزه آبریز دشت قم، از روش‌های زمین‌آماری استفاده گردید. نتایج حاصل از میان‌یابی، نشان از برتری نیم‌تغییرنمای مدل نمایی (با داشتن حداقل RSS و حداکثر R^2) برای عنصر آرسنیک و مدل کروی برای عناصر سرب و کادمیم جهت استفاده در روش کریجینگ معمولی به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی

این عناصر دارد (محمدآقایی، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای با عنوان بررسی و تحلیل مکانی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی در حوزه آبخیز گرمسار واقع در استان سمنان با استفاده از روش‌های میان‌یابی زمین‌آمار و معین با مقایسه معیار ریشه متوسط مربعات خطا و سایر عامل‌های ارزیابی این نتیجه حاصل شد که روش‌های زمین‌آماری نسبت به روش‌های معین دقت بالاتری دارند، به گونه‌ای که از بین روش‌های زمین‌آماری، روش کوکریجینگ و از میان روش‌های معین، روش تابع شعاعی از دقت بالاتری برای بیشتر عامل‌ها برخوردار است (زهتابیان وهمکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای دیگر، تغییرات مکانی شاخصه‌های مهم کیفیت آب زیرزمینی شامل Na، EC و SAR در سطح استان گیلان با استفاده از آمار ۱۳۵ حلقه چاه انتخابی مربوط به شهریور سال ۸۶ با روش‌های کریجینگ معمولی و عکس مجذور فاصله با توان ۱ بررسی شد و در نهایت، نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه گردید. نتایج نشان داد که مدل کروی، بهترین مدل برای برازش واریوگرام است و در مجموع روش‌های کریجینگ و معکوس فاصله با توان یک، دقت بیشتری در درون‌یابی این خواص داشته‌اند. در نهایت مشخص شد که کیفیت آب‌های زیرزمینی استان از نظر شاخص نسبت جذب سدیم، در مجموع مناسب است؛ ولی کیفیت آب‌های زیرزمینی استان خصوصاً در مناطق مرکزی و مرکزی متمایل به شرق همجوار با دریا، از نظر هدایت الکتریکی پایین است (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهشی دیگر به ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی به منظور پهنه‌بندی کیفیت آب شهرستان آباده با استفاده از GIS پرداخته شد. در این تحقیق، از نمودار شولر جهت تعیین کیفیت آب شرب استفاده گردید و در نهایت با به کارگیری روش‌های مختلف درون‌یابی، روش کریجینگ با سمی‌واریوگرام‌های نمایی و دایره‌ای برای میان‌یابی و پهنه‌بندی کیفیت آب انتخاب شدند (مقامی و همکاران، ۱۳۸۸). در پژوهشی دیگر به بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب دشت مشهد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شد. در این تحقیق سری‌های زمانی تشکیل شده برای ۳ پارامتر TDS، PH و EC ارزیابی گردیدند و تأثیر عوامل مختلف به ویژه نوسانات آب و هوایی مدنظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش فعالیت‌های انسانی، نوسانات آب و هوایی، دمای آب و آلودگی‌های انتقال یافته از خارج محدوده مطالعاتی به ترتیب عوامل مؤثر بر کیفیت آب دشت مشهد هستند (مقدم وهمکاران،۱۳۹۰).

بنابراین با توجه به مسائل مطرح شده، اهمیت آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک و نیز برنامه‌ریزی پروژه‌های مرتبط عمرانی از مواردی است که ضرورت انجام این پژوهش را توجیه می‌کند. هدف این تحقیق، ارزیابی پارامترهای کیفی آب شرب و کشاورزی با روش‌های زمین‌آماری و معین است که به کمک آن بتوان ابزار مدیریتی مناسبی برای کنترل پارامترهای کیفی از نظر شرب و کشاورزی ارائه کرد.

مواد و روش ها

دشت ملایر در غرب ایران بین شهرستان‌های همدان و ملایر، در محدوده جغرافیایی ۴۸° ۱۰′ تا ۴۹° ۲۰′ طول شرقی و ۳۴° ۰۰′ تا ۳۴° ۳۰′ عرض شمالی با مساحت ۱۴۶۰ کیلومتر مربع قرار دارد. میانگین ارتفاع حوزه آبخیز دشت ملایر، ۱۹۵۱ متر از سطح دریا است و بیش‌ترین ارتفاع حوضه، ۲۳۲۰ متر معادل ۱۵۸۳ متر از سطح دریا است. میانگین بارندگی بلندمدت منطقه، ۳۳۲ میلی‌متر در سال است که میزان بارش برای فصول مختلف سال به ترتیب بهار ۱۱۱، تابستان ۵/۳۹، پاییز ۹۲/۱ و زمستان ۱۰۸/۵ میلی‌متر است. میانگین دمای منطقه، برابر ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد است که حداقل دما در دی ماه و برابر ۴- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما در تیرماه و برابر ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد است. از دیدگاه زمین شناسی دشت ملایر در زون سنندج – سیرجان قرار گرفته و برمبنای روش دومارتن دارای اقلیم مدیترانه ای است. رودخانه حرم آباد اصلی ترین رودخانه این شهرستان است و رودخانه ملایر در پایین دست شهر ملایر پس از ورود به دشت ملایر وارد مسیر رودخانه گاماسیاب می شود. سیلاب های حاصل از ریزش باران از دامنه کوه به سوی پهنه میانی دشت در آبراهه‌ها جریان یافته تا بخشی از سفره زیرزمینی را تغذیه نمایید و بخشی هم به جریان رودخانه پیوسته تا از بخش جنوب شرقی دشت از منطقه خارج شوند. موقعیت دشت ملایر در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت مکانی دشت ملایر در استان همدان و کشور جمهوری اسلامی ایران

در این مطالعه جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی کیفیت آب زیرزمینی از نتایج تجزیه شیمیایی ۲۲ چاه پیزومتری موجود در منطقه با توجه به اهداف پژوهش و با پراکنش مناسب استفاده گردید. برای این منظور، نمونه‌برداری‌های صحرایی انجام شده توسط شرکت آب منطقه‌ای در یک نوبت در فصل تابستان سال ۱۳۹۲ مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های مربوط به هر عامل از نظر نرمال بودن به وسیله آزمون کلموگراف – اسمیرنف در محیط SPSS بررسی شد. پس از انجام این مراحل برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای ذکر شده به داده‌های ناحیه‌ای در محیط نرم‌افزاری ArcGIS از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و عکس فاصله استفاده گردید. سپس با استفاده از دو معیار R و RMSE، روش مناسب میان‌یابی تشخیص و اقدام به تهیه نقشه تغییرات پارامترهای کیفی دشت از لحاظ مصارف شرب و کشاورزی براساس استانداردهای شولر و ویل‌کوکس گردید.

معیارهای کیفی جهت تعیین وضعیت کیفیت منابع آب شرب براساس دیاگرام شولر

مهم‌ترین معیارهای کیفی برای طبقه‌بندی آب از لحاظ شرب با استفاده از دیاگرام شولر عبارت است از میزان مجموع باقیمانده خشک و سختی کل منابع آب که میزان کل جامدات محلول (TDS)، پارامتر بسیار مؤثری در ایجاد طعم آب آشامیدنی است. آبی که دارای TDS کمتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است، از لحاظ شرب، آب بسیار خوب محسوب می‌شود. TDS بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰، مطلوب و در گستره ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ برای شرب، مجاز است؛ ولی آبی با TDS بیشتر از ۱۵۰۰ قابلیت شرب را ندارد (دیندارلو وهمکاران،۱۳۸۵). نمودار شولر، یک روش گرافیکی جهت طبقه‌بندی کیفیت آب شرب است و در این نمودار، آب‌های مورد بررسی به ۶ گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، به طور کامل نامطبوع و غیر قابل شرب تقسیم می‌شوند (جدول ۱).

جدول (۱): معیارهای طبقه‌بندی از نظر شرب (Askari Marnani et al., 2001)

وضعیت	TDS (میلی‌گرم بر لیتر)	TH (میلی گرم برلیتر)
خوب	۵۰۰>	۲۵۰>
قابل قبول	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۵۰۰
نامناسب	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰
بد	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰
تقریباً قابل شرب	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰
غیر قابل شرب	۸۰۰۰<	۴۰۰۰<

معیارهای کیفی جهت تعیین وضعیت کیفیت منابع آب کشاورزی براساس دیاگرام ویل‌کوکس

مهم‌ترین معیارهای کیفی برای طبقه‌بندی آب از لحاظ کشاورزی با استفاده از دیاگرام ویل‌کوکس عبارت است از هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم که میزان هدایت الکتریکی (EC)، پارامتر بسیار مؤثری در کیفیت آب کشاورزی است. آبی که دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر است، از لحاظ کشاورزی، آب بسیار خوب؛ EC بین ۷۵۰-۲۵۰، خوب و در گستره ۲۲۵۰-۷۵۰، متوسط و EC بیشتر از ۲۲۵۰، جزء آب‌های نامناسب است (جدول ۲).

جدول (۲): معیارهای طبقه‌بندی از نظر کشاورزی (Askari Marnani et al., 2001)

وضعیت	EC	SAR
عالی	۲۵۰>	۱۰>
خوب	۲۵۰-۷۵۰	۱۰-۱۸
متوسط	۷۵۰-۲۲۵۰	۱۸-۲۶
نامناسب	۲۲۵۰<	۲۶<

روش‌های درون‌یابی مکانی

روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)

روش IDW برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، وزنی براساس فاصله بین آنها تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرد. سپس این وزن ها توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به طوری که توان های بزرگ‌تر، اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش می‌دهند و توان‌های کوچک‌تر، وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار توزیع می‌کنند. البته این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آن‌ها را در نظر می‌گیرد. یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه برآورد هستند، دارای وزن یکسانی هستند. مقدار عامل وزنی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$\lambda_i = \frac{D_i - a}{\sum_{i=1}^{n} D_i - a} \qquad (۱)$$

که در آن،

λ_i: وزن ایستگاه i ام

D_i: فاصله ایستگاه i ام تا نقطه مجهول

a :توان وزن دهی

روش کریجینگ

امروزه به طور وسیعی، روش‌های درون‌یابی مکانی برای پیش‌بینی و تعیین تغییرات مکانی کیفیت منابع آب استفاده می‌شود. کریجینگ،یک روش برآورد زمین‌آماری است که بر پایه میانگین متحرک وزن‌دار

استوار است، به طوری که می‌توان بیان نمود که بهترین برآوردکننده خطی نا اریب است. این برآوردکننده به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i) \qquad (۲)$$

که در آن،

$Z^*(x)$: عیار برآوردی

λ_i: وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه i ام

$Z(x_i)$: مقدار متغیر اندازه‌گیری شده

این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند، زیرا ترکیب خطی از n داده است که شرط استفاده از این برآورده کننده این است که متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. در غیر این صورت یا باید از کریجینگ غیر خطی استفاده کرد و یا این که به نحوی توزیع متغیرها را به نرمال تبدیل نمود. در این مطالعه از روش خطی استفاده شده است.

روش کوکریجینگ

در برخی موارد ممکن است از یک متغیر به اندازه کافی نمونه‌برداری نشده باشد و براساس نمونه‌های موجود نتوان تخمین را با دقت مورد نظر انجام داد. در چنین مواردی می‌توان با در نظر گرفتن رابطه مکانی بین این متغیر و متغیر دیگری که از آن به خوبی نمونه‌گیری شده است، تخمین را اصلاح کرد. البته به دلیل مشکلاتی که در مدل‌سازی تغییرنمای متقابل متغیرها وجود دارد، کوکریجینگ به لحاظ کاربردی، اعتبار کافی پیدا نکرده است. به عبارت دیگر همان‌طور که در آمار کلاسیک نیز روش‌های چند متغیره وجود دارد، در زمین‌آمار نیز می‌توان به روش کوکریجینگ و براساس همبستگی موجود بین متغیرهای مختلف، روابط چند متغیره مناسبی را تخمین زد. معادله کوکریجینگ به شرح زیر است :

$$Z^*(X_i) = \sum_{e=1}^{n} \lambda e_i X_i \sum_{k=1}^{n} \lambda_k y(x_k) \qquad (۳)$$

که در آن،

$Z^*(X_i)$: مقدار تخمین زده شده برای نقطه x_i

λe_i: وزن مربوط به متغیر z

λ_k : وزن مربوط به متغیر کمکی y

(X_i): مقدار مشاهده شده متغیر اصلی

$y(x_k)$: مقدار مشاهده شده متغیر کمکی

برای تخمین با این روش و برای محاسبه اوزان مربوطه، نیاز به محاسبه تغییرنمای متقابل به صورت زیر است:

$$\gamma(Zy)h = \frac{1}{2} n\{Z(X_i+h)-Z(X_i)\}\times\{y(X_k+h)-y(x)\} \qquad (۴)$$

که در آن،

$\gamma(Zy)h$: تغییرنمای متقابل بین متغیرهای z، y

$Z(X_i)$: متغیر مشاهده شده

$y(X_k)$: متغیر کمکی

توسعه این روش بیشتر برای شرایطی آب مناسب پیشنهاد شده است که از یک متغیر، تعداد محدودی نمونه در دسترس باشد. محل‌هایی که در آنها کمبود نمونه وجود دارد، به کمک متغیرهای ثانوی و با استفاده از همبستگی متقابل بین متغیرهای اصلی و ثانوی تخمین زده می‌شوند. وقتی تعدادی متغیر وابسته به هم تخمین زده می‌شوند، از نظر تئوری کوکریجینگ نسبت به روش‌های کریجینگ ارجحیت دارد، حتی وقتی که از همه متغیرها به اندازه کافی نمونه در دسترس باشد؛ باز هم کوکریجینگ، ترکیبی از روش کریجینگ یک متغیره است.

بحث و نتایج

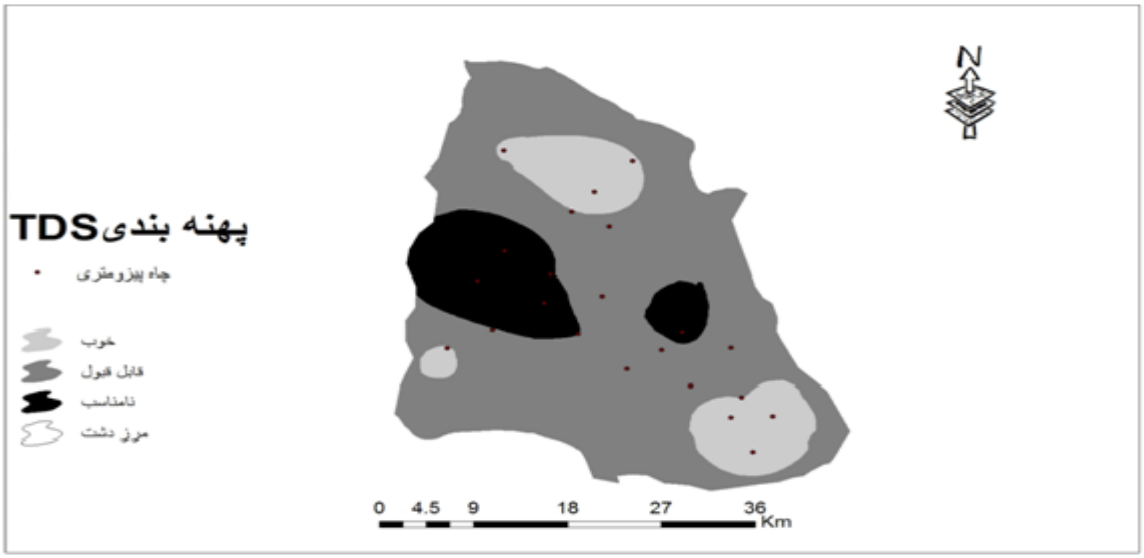
در این تحقیق، به منظور تولید نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. برای این منظور با استفاده از روش‌های درون‌یابی ذکر شده در بخش قبل، دقیق‌ترین روش درون‌یابی با توجه به ضریب همبستگی انتخاب شد (جدول ۳).

جدول (۳): ضریب همبستگی روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و عکس فاصله برای پارامترهای کیفی آب

پارامتر	روش‌ها					
	عکس فاصله		کریجینگ ساده		کوکریجینگ ساده	
	توان ۳	توان ۵	دایره ای	کروی	دایره ای	کروی
	R	R	R	R	R	R
EC	۰/۶۲	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۸۴
TH	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۵۷
SAR	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۷۰
TDS	۰/۶۱	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۸۴	۰/۸۷

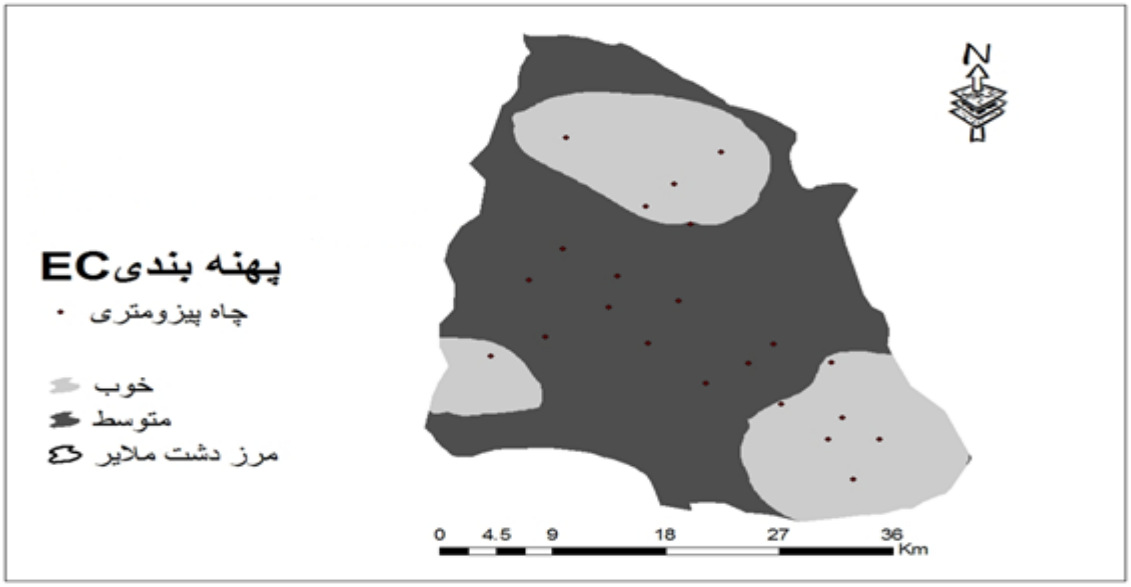
بررسی کیفیت آب

تغییرات کیفی آب دشت ملایر براساس دیاگرام‌های شولر و ویل‌کوکس برای دوره زمانی ۱ ساله به ترتیب درشکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۲)، مساحت مناطق برای دوره ۱ ساله مورد مطالعه با کیفیت خوب، قابل قبول و نامناسب برای آب آشامیدنی به ترتیب برابر ۴۷۴، ۹۶۳، ۲۳ کیلومتر مربع است و قسمت‌های مرکزی و شرقی دشت، دارای کیفیت قابل قبولی نسبت به سایر بخش‌های دشت است.



شکل (۲): نقشه پهنه‌بندی TDS با روش کوکریجینگ ساده

با توجه به شکل ۳، وضعیت کیفیت آب کشاورزی بر مبنای روش ویل‌کوکس، بهتر از آب شرب نیست؛ به طوری که براساس روش ویل‌کوکس، کیفیت آب تنها در دو گروه کیفیت خوب و متوسط طبقه‌بندی شد و تنها ۳۱ درصد از مساحت دشت، دارای کیفیت آب خوب برای کشاورزی است.



شکل (۳): نقشه پهنه‌بندی EC با روش کوکریجینگ ساده

نتیجه گیری

نتیجه اصلی این مطالعه، پهنه‌بندی کیفیت آب شرب و کشاورزی در محدوده مورد مطالعه است. در این پژوهش، معیار ضریب همبستگی نشان‌دهنده برتری روش کوکریجینگ ساده (کروی) بر سایر روش‌ها است. بنابراین با توجه به دقت این روش در پهنه‌بندی مناطق با تعداد نمونه کمتر، پهنه‌بندی برای پارامترهای اصلی مؤثر بر کیفیت آب شرب و کشاورزی انجام شد، این قسمت از نتایج با پژوهش‌های (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۹)، (شعبانی، ۱۳۸۷) و (Taghizadeh Mehrjerdi et al., 2008) مبنی بر مناسب بودن روش کوکریجینگ به منظور پهنه‌بندی شاخص‌های مورد نظر همخوانی دارد. پهنه‌بندی آب شرب با توجه به معیارهای TDS و TH و بهره‌گیری از دیاگرام شولر، نشان داد که بخش عمده دشت با مساحت ۹۶۳ کیلومتر مربع که بیشتر نواحی مرکزی دشت را شامل می‌شود، دارای آب با کیفیت قابل قبولی است و تنها ۱/۶ درصد از مساحت دشت، دارای کیفیت آب نامناسبی است که این ناحیه بخشی از روستای اسکنان و قلعه آقابیک را شامل می‌شود که بخشی از علت آن را می‌توان به بالا بودن مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌هایی همچون سدیم، پتاسیم و سولفات در این منطقه مربوط دانست که می‌تواند ناشی از فاضلاب‌های صنعتی مجاور این مناطق باشد. طبق بررسی‌های انجام شده چندین کارخانه صنعتی در نزدیک مناطق مزبور فعالیت می‌کنند. از طرف دیگر نوسانات آب و هوایی نیز در این عامل مؤثر بوده، به طوری که میزان این پارامتر در سال‌های خشک افزایش یافته و هم‌زمان با این فرآیند، میزان اکسیژن محلول در آب افزایش می‌یابد. آگاهی از این موضوع و همچنین کاهش بارندگی در سال‌های اخیر نسبت به میانگین بلندمدت در این منطقه می‌تواند دلیل دیگری بر این رخداد باشد، به گونه‌ای که میانگین بارندگی در این منطقه، ۲۹۷ میلی‌متر گزارش شده که در مقایسه با میانگین بلندمدت آن که ۳۳۲ میلی‌متر است، کاهش قابل توجه‌ای نشان می‌دهد. این بخش از نتایج با نتایج (VanVliet and Zwolsman,2008) هم‌خوانی دارد.

نتایج پهنه‌بندی آب کشاورزی نیز با توجه به معیارهای EC و SAR و با استفاده از دیاگرام ویل‌کوکس نشان داد که کیفیت آب از نظر کشاورزی در رده‌های خوب و متوسط است و مناطق شمالی، جنوبی و بخشی از مناطق جنوبی غربی که بخش‌هایی مانند جوکار و ازندریان از شمال و همچنین فروز و داویجان از جنوب را شامل می‌شود، دارای آب با کیفیت‌تری نسبت به مناطق مرکزی و شرقی دشت همچون کرکان و حسین‌آباد ناظم است. با این وجود بیش از ۶۹ درصد مساحت دشت، از آب با

کیفیت متوسط برخوردار است که با وجود خاک مرغوب در این ناحیه و وجود مشاغلی که بیشتر در ارتباط با کشاورزی است، احتمال تشدید این وضعیت و تبدیل به آب با کیفیت نامناسب در اثر استفاده‌های نابجا و بیش از حد کودهای کشاورزی در این مناطق پیش‌بینی می‌شود.

منابع

دیندارلو، ک.، و. علیپور و فرشیدفر، غ. ۱۳۸۵. کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس، مجله پزشکی هرمزگان، سال دهم، شماره اول، صص ۵۷- ۶۵.

زهتابیان، غ.ر.، ع. جانفزا، ح. محمدعسکری و م. ج. نعمت‌الهی. ۱۳۸۹. مدل‌سازی توزیع برخی از خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی در حوزه آبخیز گرمسار)، فصلنامه مرتع و بیابان، جلد ۱۷، شماره ۱، صص ۶۱ - ۷۳.

رضایی، م.، ن. دوانگر، خ. تاجداری و ب. ابولپور. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی استان گیلان با استفاده از زمین‌آمار، نشریه آب و خاک. جلد ۲۴، شماره ۵، صص ۹۳۲-۹۴۱.

شعبانی، م. ۱۳۸۷. تعیین مناسب‌ترین روش زمین‌آمار در تهیه نقشهٔ تغییرات TDS و PH آب‌های زیرزمینی (مطالعهٔ موردی: دشت ارسنجان). مجلهٔ مهندسی آب، سال اول، صص ۴۷

محمدآقایی، م. ۱۳۸۹. تغییرات مکانی پارامترهای کیفی و ارزیابی خطر فلزات سنگین در حوزه آبریز دشت قم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.

مقامی، ی.، ر. قضاوی، ع. ع. ولی و س. شرفی. ۱۳۸۸، ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی به منظور پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از GIS، مطالعه موردی شهرستان آباده، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲. صص ۱۷۱-۱۸۲.

مقدم، ع.ر.، م.، قلعه بان تکمه داش و ک. اسماعیلی. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب دشت مشهد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیستم، شماره سوم، صص ۲۲۵-۲۱۱.

مهدوی، م. ۱۳۸۷. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

Arsalan, H. 2012. Spatial and Temporal Mapping of Groundwater Salinity using Ordinary Kriging and Indicator Kriging: The case of Bafra Plain, Turkey, Agricultural Water Management, 113: 57-63.

Askari Marnani, S., M. Chitsazan and Y. Mirzayi. 2001. Investigation of Water Quality in Firoozabad Sub-Chachment in View of Domestic and Agricultural Usage using GIS. P 1-8, the 8^{th} International Congress on River Engineering, Shahid Chamran University, Iran.

Maria., P. M. and R. Luis. 2010. Nitrate Probability Mapping in the Northern Aquifer Alluvial System of the river Tagus (Portugal) using Disjunctive kriging. Science of the Total Enviroment 5: 1021-1034.

Mozafarizadeh, J. 2006. Investigating the Effect of Geology Formations on the Groundwater Quality_ 1^{st} Conference Environment Geology Tehran, 2006.

Taghizadeh Mehrjerdi, R. 2008. Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case study: Yazd-Ardakan plain).World Applied Science Journal, 4(1): 9-17.

VanVliet, M. T. H. and J. J. G. Zwolsman. 2008. Impact of Summer Droughts on the Water Quality of the Meuse river. J. Hydrol. 383: 1-17.

Irrigation and municipal water quality zoning by GIS

Seyyed Hadi Sadeghi[1], Hoda Ghasemieh[2], Javad Moemeni Damaneh[3], Seyyed Hojat Mosavi[4]

Abstract

Water quality determining in water resources evaluation is significantly important and its monitoring and zoning are key factors which should be considered in town planning. The aim of this study is identifying the most appropriate interpolation method for water quality determining by using Schuler and Will Cox diagrams in drink and agriculture sectors. Over this study, 22 piezometric wells are used in an unconfined aquifer located in Malayer plain. To determine the quality of drink and agriculture water, Schuler and Will Cox diagrams that are the most common classification methods are used respectively. Geostatistical methods that namely Kriging, Co-kriging and Inverse Distance Weighing (IDW) are used in GIS for water quality zoning in the study area and their results are compared to each other as well. The results showed that the simple Co-kriging technique (spherical) is the most appropriate interpolator for interpolating and zoning the drink and agriculture water quality. Investigation of drink water quality based on Schuler diagrams with considering TDS and TH parameters showed that the drink water quality is divided into three groups; good, acceptable and inappropriate. In the agriculture sector based on Will Cox diagrams using EC and SAR parameters, agriculture water quality is measured into two groups; good and average.

Keywords: Schuler Diagrams, Water Quality, Will Cox Diagrams, Zoning.

[1] MSc of Watershed Management, Hamedan province,Hamedan,Iran hadi.watershed@gmail.com,
[2] Assistant professor, Department of Range & Watershed Management, Faculty of Natural resources and earth science, University of Kashan, Kashan,Iran, h.ghasemieh@kashanu.ac.ir(correspondin author)
[3] MSc of desertification,Khorasan Razavi,Mashhad,Iran, momenyjavad@yahoo.com
[4] Assistant Professor of Geomorphology, Department of Geography and Ecotourism, Faculty of Natural Resources and Geo Sciences, University of Kashan, Kashan, I. R. Iran. hmousavi15@kashanu.ac.ir