بررسی وضعیت کیفی آب های زیرزمینی دشت مشهد جهت مصرف پایدار شرب

بهنازهادی [۱]، حسین انصاری [۲]، نرگس صالح‌نیا [۳]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب،دانشگاه فردوسی مشهد،
behnaz.hadi@mail.um.ac.ir
۲- عضو هیئت علمی گروه علوم و مهندسی آب ، دانشگاه فردوسی مشهد، ansary@um.ac.ir
۳- عضو هیئت علمی گروه اقتصاد ، دانشگاه فردوسی مشهد، n.salehnia@um.ac.ir

چکیده

آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین منابع در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. افزایش آلودگی منابع آب زیرزمینی تهدیدی جدی برای تامین پایدار آب در سراسر جهان می‌باشد بنابراین تعیین کیفیت آب در مدیریت منابع و مصرف آب از اهمیت ویژه‌ای برخورداراست که پایش آن باید به عنوان اصلی مهم در برنامه‌ریزی‌ها مدنظر قرار گیرد. شاخص‌های کیفیت منابع آب (WQIs) از روش‌های رایج در ارزیابی کیفیت منابع آب هستند. در این مطالعه باهدف بررسی کیفیت آب زیرزمینی محدوده دشت مشهد، ابتدا شاخص کیفیت آبWQI جهت مصرف شرب با استفاده از متغیرهای کیفی pH، کل جامدات محلول، سختی کل، کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات، کلر و بی‌کربنات محاسبه گردید. بدین منظور از نمونه‌های برداشت شده از ۲۳ چاه در منطقه استفاده شد. نتایج نشان داد ۳۹.۱ درصد از نمونه‌ها در رده خوب، ۳۴.۷ درصد از نمونه‌ها در رده ضعیف و ۲۶ درصد از نمونه‌ها در رده بسیار ضعیف قرار دارند. سپس توزیع مکانی متغیرهای کیفی آب زیرزمینی و طبقه‌بندی کیفی آب با روش‌های درون‌یابی کریجینگ و IDW بررسی گردید. برای تحلیل توزیع مکانی و پهنه‌بندی کیفیت آب از نرم افزار ArcGIS استفاده شد که ارزیابی نتایج درون‌یابی مکانی براساس معیارهای ضریب تعیین (R^2)، میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) انجام شد. نتایج نشان داد که روش وزن دهی عکس فاصله (IDW) مناسب‌ترین برآورد را برای محدوده مورد مطالعه دارد.

واژه‌های کلیدی فارسی: کیفیت آب زیرزمینی، شاخص کیفیت آب، مصرف شرب، توزیع مکانی، درون‌یابی

۱- مقدمه

آب‌های زیرزمینی را می‌توان به‌عنوان بزرگترین ذخیره آب قابل دسترس شیرین در کره زمین نام برد که یکی از منابع اساسی برای تمام مصارف از جمله شرب، صنعت و کشاورزی در بسیاری از کشورها می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مقدار عمده‌ای از منابع تامین کننده مصرف آب توسط آب‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد که کیفیت و در دسترس بودن آن از مسائل کلیدی برای مدیران محیط زیست و متخصصین این حوزه است (Bain et al., 2014). با توجه

به افزایش جمعیت جهان، انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۵۵ جمعیت کنونی از ۷/۵ میلیارد نفر به ۱۰ میلیارد نفر برسد که با در نظرگرفتن رشد سطح زندگی و افزایش شهرنشینی، سرانه منابع آب کاهش و برداشت از منابع آب به طور فزاینده‌ای افزایش خواهد یافت (Schultz, 2017). در چند دهه اخیر، افزایش تقاضا و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بر کمیت و کیفیت آن‌ها تاثیر گذاشته و در نتیجه سطح آب‌های زیرزمینی و کیفیت آن‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است (Srinivas et al., 2015). چند عامل اصلی که رشد کمبود آب را تحت تاثیر قرار می‌دهند شامل: افزایش جمعیت و شهرنشینی، افزایش میزان سرانه مصرف باتوجه به افزایش استانداردهای زندگی و تغییرات آب و هوایی می‌باشد. در نتیجه استفاده پایدار از منابع یکی از چالش‌های جهانی است که توجه روزافزون موسسات بین المللی مختلف را به خود جلب کرده‌است. بدلیل فعالیت‌های انسانی و اثرات آن بر محیط زیست، آلودگی آب‌های زیرزمینی بیشتر شده است. کیفیت آب‌های زیرزمینی تحت تاثیر بارش، آب‌های سطحی و فرآیندهای ژئوشیمیایی زیرسطحی قرار دارد (Vasanthaviger et al., 2010).

بنابراین سنجش کیفیت آب در زندگی امروز بحثی چالش برانگیز است و در تمامی مباحث تعیین کننده نیاز به آب، کیفیت آب دغدغه اساسی است. باتوجه به اینکه سنجش کیفیت آب، تعیین‌کننده میزان استاندارد آن برای مصارف مختلف می باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است. تاکنون شاخص‌ها و روش‌های زیادی به‌منظور ارزیابی کیفی آب توسعه داده شده است. شاخص کیفت آب (WQI) برای نخستین بار توسط Horton در سال ۱۹۶۵ ارائه گردید و تاکنون به‌طور گسترده در بسیاری از تحقیقات در سراسر دنیا مورد استفاده قرارگرفته است (Nasiri et al., 2007; Zhao et al.,2013; Aminu et al., 2015; Selvaganapathi et al.,2017). شاخص کیفیت آب WQI از تکنیک‌هایی است که برای ارزیابی کیفی آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولا از پارامترهای عمومی آب بدست می‌آید.

رضوان و گوردیپ با استفاده از شاخص کیفیت آب WQI و اطلاعات کیفی ۲۴ چاه نمونه‌برداری از آب زیرزمینی در محدوده‌ای در هند، تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب را در این منطقه مورد بررسی قرار دادند (رضوان و گوردیپ، ۲۰۱۰). در مطالعه‌ای دیگر محققان به ارزیابی کیفیت آب دشت ساوه توسط شاخص کیفیت آب WQI پرداختند نتایج نشان داد ۶۵ درصد از نمونه‌ها دارای کیفیت پایین برای مصرف شرب بوده است. همچنین نتایج پهنه‌بندی دشت براساس شاخص WQI نشان داد که در مناطق مرکزی و شمال شرق دشت کیفیت آب مناسب نمی‌باشد (سادات نوری و همکاران،۲۰۱۳).

یکی دیگر از روش ها شناخت وضعیت کیفی و تعیین راهکارهای مدیریتی، بررسی تغییرات مکانی متغیرهای کیفی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. فتونی و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت مراکش پرداختند و با استفاده از روش کریجینگ نسبت به پهنه‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی اقدام کردند.

در همین راستا در مطالعه حاضر به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی محدوده دشت مشهد با استفاده از شاخص کیفیت آبWQI جهت مصرف شرب پرداخته شده است. سپس با بکارگیری روش‌های درون‌یابی از جمله وزن‌دهی عکس فاصله و کریجینگ در سامانه اطلاعات جغرافیایی، مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی متغیرهای کیفی و تهیه نقشه‌های توزیع مکانی آن‌ها انتخاب گردید.

۲- روش تحقیق

معرفی محدوده مورد مطالعه:

دشت مشهد بخشی از حوضه آبریز کشف‌رود است که در شمال استان خراسان رضوی قراردارد. رودخانه کشف‌رود به عنوان زهکش اصلی این حوضه از شمال غرب به جنوب شرق کشیده شده و از وسط دشت عبور می‌کند. این منطقه از دو بخش دشت و کوهستان به ترتیب با وسعت ۳۳۵۱ و ۶۵۵۸ کیلومتر مربع تشکیل شده است. . این محدوده با وسعت کل ۹۵۷۵ کیلومتر مربع، بین ۵۸ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۰۶ دقیقه طول شرقی، و ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۰۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد.

به‌منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد براساس شاخص WQI در این تحقیق از نتایج تجزیه شیمیایی ۲۳ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، تهیه شده از سازمان آب منطقه‌ای مشهد در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ استفاده شد. که اطلاعات مربوط به ۹ متغیر کیفی شامل pH، کل جامدات محلول، سختی کل، کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات، کلر و بی‌کربنات از این نمونه ها، برای توسعه شاخص WQI مورد استفاده قرار گرفته است. این بازه زمانی بنابر کامل و در دسترس بودن اطلاعات کیفی برداشت شده در هر ۲۳ چاه مورد مطالعه انتخاب گردید. همچنین انتخاب متغیرهای کیفی براساس نظر کارشناسی و در دسترس بودن داده ها در محدوده انجام شده است. در جدول ۱ موقعیت جغرافیایی چاه مورد مطالعه آورده شده است.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی چاه‌های مورد مطالعه دشت مشهد در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵

شماره چاه	Utmy	Utmx	شماره چاه	Utmy	Utmx	شماره چاه	Utmy	Utmx
۱	۴۰۳۰۵۴۰	۷۲۲۹۵۸	۹	۴۰۷۴۷۰۰	۶۷۰۴۰۰	۱۷	۴۰۳۶۴۳۶	۷۴۳۸۰۹
۲	۴۰۲۲۹۷۷	۷۵۴۰۲۴	۱۰	۴۰۳۳۵۳۱	۷۱۴۹۶۳	۱۸	۴۰۲۰۳۵۸	۷۴۰۳۷۰
۳	۴۰۲۴۷۶۴	۷۴۸۲۷۶	۱۱	۴۰۴۳۴۵۱	۷۲۰۹۱۵	۱۹	۴۰۵۳۲۶۴	۷۲۲۰۶۳
۴	۴۰۶۰۴۰۵	۶۸۵۳۹۰	۱۲	۴۰۱۶۷۹۸	۷۳۳۴۴۱	۲۰	۴۰۳۷۴۵۰	۷۲۸۲۵۰
۵	۴۰۵۲۶۳۱	۶۸۹۹۱۸	۱۳	۴۰۴۱۸۰	۷۱۱۵۵۴	۲۱	۴۰۷۲۸۶۱	۶۸۱۵۴۶
۶	۴۰۰۰۸۱۹	۷۵۳۰۴۲	۱۴	۴۰۸۵۲۰۰	۶۶۱۹۵۰	۲۲	۴۰۰۰۱۰۳	۷۴۷۵۸۲
۷	۴۰۸۰۷۰۰	۶۶۸۵۰۰	۱۵	۴۰۱۰۴۷۹	۷۳۶۴۴۲	۲۳	۴۰۸۲۲۵۰	۶۶۱۹۷۰
۸	۴۰۷۵۲۲۲	۶۶۶۳۹۳	۱۶	۴۰۹۲۵۲۸	۶۴۶۱۹۲			

شاخص کیفیت آب (WQI)

شاخص کیفیت آب (WQI) یکی از شیوه هایی است که جهت ارزیابی کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع معیاری برای قضاوت در مورد کیفیت آب براساس چندین متغیر می‌باشد (موغاری و ابراهیمی، ۱۳۹۲). این روش نخستین بار در سال ۱۹۶۵ توسط Horton ارائه گردید و معمولا از مقدار متغیرهای شیمیایی نمونه های آب بدست می‌آید. WQI یک میانگین وزنی از چندین متغیر کیفی منابع آب است که به هر متغیر با توجه به اهمیت نسبی آن، وزن اختصاص داده می‌شود. محاسبه این شاخص شامل سه گام اصلی زیر است:

در گام اول به هر متغیر با توجه به اهمیت آن در تعیین کیفیت آب آشامیدنی وزنی داده می‌شود. وزن ها مطابق با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی است که به نسبت اهمیت هر متغیر از ۱ تا ۵ داده می‌شود. به طوریکه ۵ به مهمترین متغیر و ۱ به کم اهمیت ترین متغیر داده شده است.

در گام دوم وزن نسبی هر یک از متغیرها با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad (۱)$$

در این معادله، Wi وزن هر متغیر کیفی و n تعداد متغیرها است. گام بعدی محاسبه مقیاس رتبه‌بندی کیفی (qi) برای هر پارامتر است. که از تقسیم غلظت هر متغیر در هر نمونه آب بر مقداراستاندارد آن متغیر بدست می‌آید. qi براساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$q_i = \frac{c_i}{s_i} \times 100 \quad (۲)$$

در این معادله، c_i بیانگر غلظت و s_i مقدار استاندارد هر متغیر شیمیایی براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی در نمونه آب بر حسب mg/L می باشد. در نهایت شاخص WQI از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$WQI = \sum_{i=1}^{n} w_i \times q_i \quad (۳)$$

مقدار WQI به‌دست‌آمده جهت تعیین رده بندی کیفیت آب استفاده می‌گردد در واقع با استفاده از مقادیر محاسبه شده شاخص.WQI در هر نمونه، می‌توان یک طبقه‌بندی کیفی از وضعیت کیفیت آب محدوده مورد مطالعه ارائه نمود. شاخص WQI نمونه‌های آب را به پنج کلاس کیفی دسته‌بندی می‌کند. محدوده طبقه‌بندی برای شاخص کیفیت آب WQI در جدول ۲ آورده شده است. در این طبقه‌بندی آب‌هایی با WQI کمتر از ۵۰ درطبقه عالی، ۵۰ تا ۱۰۰ در طبقه خوب، ۱۰۰ تا ۲۰۰ در طبقه ضعیف، ۲۰۰ تا ۳۰۰ در طبقه بسیار ضعیف و بیشتر از ۳۰۰ در طبقه نامناسب برای آشامیدن قرار می‌گیرند.

جدول ۲: طبقه‌بندی کیفی آب براساس شاخص WQI

کیفیت	عالی	خوب	ضعیف	بسیار ضعیف	نامناسب
مقادیر شاخصWQI	کمتر از ۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	بیشتر از ۳۰۰

آنالیز داده‌ها:

توزیع مکانی متغیرهای کیفیت آب

در این مطالعه به‌منظور تعیین توزیع مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی محدوده دشت مشهد از ۹ متغیر کیفی نامبرده شده استفاده گردید. در برآورد توزیع مکانی از روش‌های درون‌یابی مختلف استفاده می‌گردد. روش مناسب درون‌یابی مولفه‌های کیفی آب زیرزمینی برای هر منطقه به صورت جداگانه تعیین می‌گردد و وابسته به مکان است (فتحی و همکاران، ۱۳۹۳). عمده‌ترین تفاوت در روش‌های درون‌یابی مربوط به نحوه محاسبه وزنی است که به نقاط مشاهده شده در اطراف نقطه مجهول داده می‌شود.

درون‌یابی به دو طریق قطعی و زمین‌آمار انجام می‌شود که در روش قطعی مانند روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) تنها از توابع ریاضی استفاده می‌گردد در صورتی که در روش‌های زمین‌آمار مانند انواع کریجینگ براساس تئوری متغیرات ناحیه‌ای است و به توابع ریاضی و آمار وابسته می‌باشد. در این مطالعه از روش کریجینگ معمول و روش عکس فاصله برای ارزیابی توزیع مکانی متغیرهای کیفی و همچنین پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی به منظور طبقه‌بندی مناطق با کیفیت های مختلف و مدیریت بهتر منابع آب استفاده شد. برای انتخاب بهترین روش درون‌یابی برای هر متغیر، میانگین خطای مطلق (MAE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) محاسبه گردید. و در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به هر متغیر با روش درون‌یابی مناسب آن با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS برآورد گردید.

۳- نتایج و بحث

ارزیابی کیفیت آب شرب:

خلاصه‌ای از اطلاعات متغیرهای مورد مطالعه در ۲۳ حلقه چاه محدوده دشت مشهد در جدول ۳ آورده شده است. همانطور که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد در این مطالعه به‌منظور ارزیابی وضعیت کیفی آب محدوده دشت مشهد شاخص کیفیت آب WQI با نه متغیر کیفی برای هریک از ۲۳ نمونه چاه مورد مطالعه محاسبه گردید.

انتخاب متغیرهای مورد نیاز برای بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی جهت مصرف شرب با نظر کارشناسی و بررسی مطالعات پیشین انجام گردید. ابتدا به هریک از متغیرها باتوجه به درجه اهمیت متغیر در کیفیت آب شرب، وزنی از ۱ تا ۵ مطابق جدول ۴ داده شد.

ضریب اهمیت متغیرهای مورد استفاده در تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی جهت استفاده شرب توسط مرور منابع مختلف و همچنین نظر کارشناسان مربوطه تعیین شد. و سپس محاسبات WQI برای هریک از نمونه ها انجام گرید. وزن ها و مقادیر استاندارد برای هریک از متغیرهای کیفی طبق استاندارد WHO در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳: پارامترهای آماری متغیرهای کیفی ۲۳ نمونه چاه محدوده دشت مشهد در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵

پارامتر	Ca	Mg	Na	SO4	HCO3	CL	TH	TDS
میانگین	۸۴/۸۷	۶۰/۷۴	۳۰۸/۱۲	۳۷۹/۲۰	۲۲۱/۸۸	۳۳۱/۳۸	۴۶۵/۲۵	۱۳۹۰/۶۳
کمینه	۴۰/۵۰	۱۳/۲۰	۲۳	۱۷/۶۰	۱۳۲/۶۸	۲۰/۱۲	۱۷۵	۲۷۰/۴۸
بیشینه	۱۸۳/۳۳	۱۱۸/۸۰	۱۰۰۰	۷۸۵/۶۰	۲۹۷/۳۸	۱۰۰۰	۹۲۶/۶۷	۳۵۹۸/۸۸
انحراف‌معیار	۴۱/۱۱	۳۲/۹۸	۲۸۱/۸۷	۲۶۶/۰۷	۴۱/۴۲	۳۲۹/۸۹	۲۲۶/۱۴	۴۴۹۹۶/۲۰

TDS برحسب میلی‌گرم برلیتر و دیگر متفیرهای کیفی برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشند.

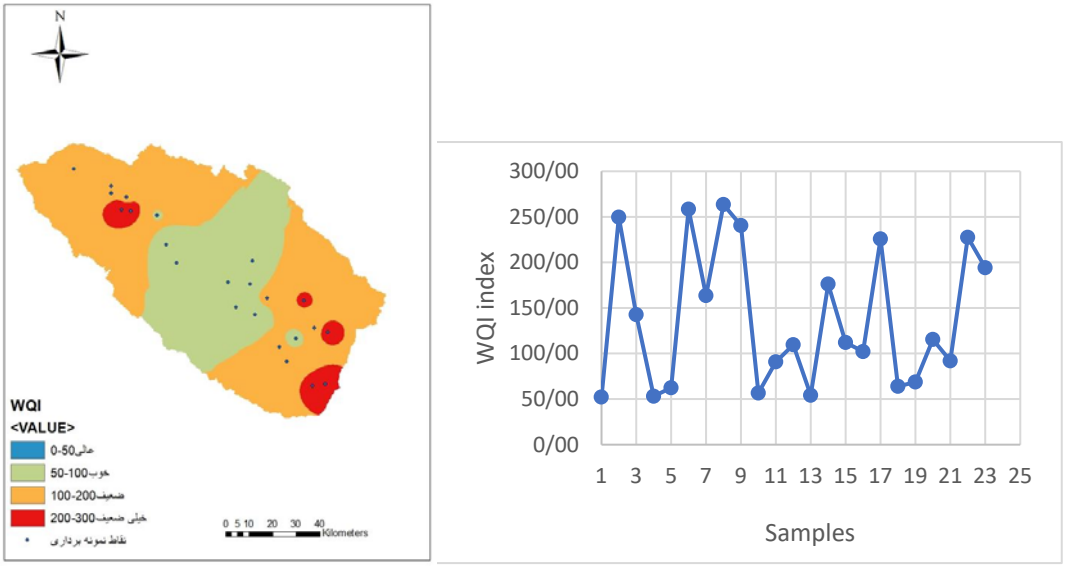
جدول ۴: حدود تعیین شده متغیرهای کیفی محدوده دشت مشهد براساس استاندارد WHO و وزن آن‌ها

متغیر	Ca	Mg	Na	SO4	HCO3	CL	TH	TDS	pH
استاندارد WHO	۷۵	۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۳۰۰	۵۰۰	۶.۵-۸.۵
وزن	۳	۳	۴	۵	۲	۵	۳	۵	۳
وزن نسبی	۰.۰۹	۰.۰۹	۰.۱۲۱	۰.۱۵۱	۰.۰۶	۰.۱۵۱	۰.۰۹	۰.۱۵۱	۰.۰۹

TDS برحسب میلی‌گرم برلیتر و دیگر متفیرهای کیفی برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشند.

استاندار یا حداکثر مطلوب متغیرهای کیفی که در جدول ۴ آورده شده از استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای مصرف شرب استخراج شده است. شاخص کیفیت آب براساس WQI برای چاه‌های مذکور محاسبه گردید. نتایج تغییرات آن در نمونه های برداشت شده ار ۲۳ چاه در محدوده دشت مشهد در شکل ۱ (سمت راست) ارائه شده است. براساس طبقه‌بندی کیفی صورت گرفته چاه‌های ۱ و ۴ بالاترین کیفیت و چاه‌های ۶ و ۸ پایین ترین کیفیت را نسبت به دیگر چاه ها دارند. براساس نتایج ۳۹.۱ درصد از نمونه‌ها در رده خوب، ۳۴.۷ درصد از نمونه‌ها در رده ضعیف و ۲۶ درصد از نمونه‌ها در رده بسیار ضعیف قرار دارند.

نقشه پهنه‌بندی کیفی محدوده مورد مطالعه با استفاده از شاخص کیفیت آب WQI در شکل ۱ (سمت چپ) ارائه شده است. نتیجه ارزیابی متقابل بین روش‌های درون‌یابی کریجینگ و IDW با استفاده از محاسبه مقادیر معیارهای ارزیابی R^2، MAE و RMSE بین مقادیر محاسبه شده WQI و مقادیر ارزیابی شده در هر دو روش درون‌یابی، چنین نشان داد که روش درون‌یابی IDW دارای دقت بالاتری برای محدوده مورد مطالعه است. بنابراین برای پهنه‌بندی کیفی محدوده مطالعه طبق شکل ا از روش درون‌یابی IDW استفاده شد.



شکل ۱: نتایج تغییرات شاخص WQI در نمونه‌های برداشت شده (شکل راست)، پهنه‌بندی شاخص WQI در سطح محدوده دشت مشهد(شکل چپ)

همانطور که از نقشه پهنه‌بندی شاخص WQI در محدوده دشت مشهد مشاهده می شود، کیفیت آب در قسمت مرکزی محدوده خوب و قسمت جنوبی و شمال محدوده از نظر کیفیت آب در محدوده ضعیف قرار گرفته‌اند. همچنین در قسمت‌هایی از مناطق جنوبی و شمالی حوضه کیفیت در محدوده خیلی ضعیف قرار گرفته است.

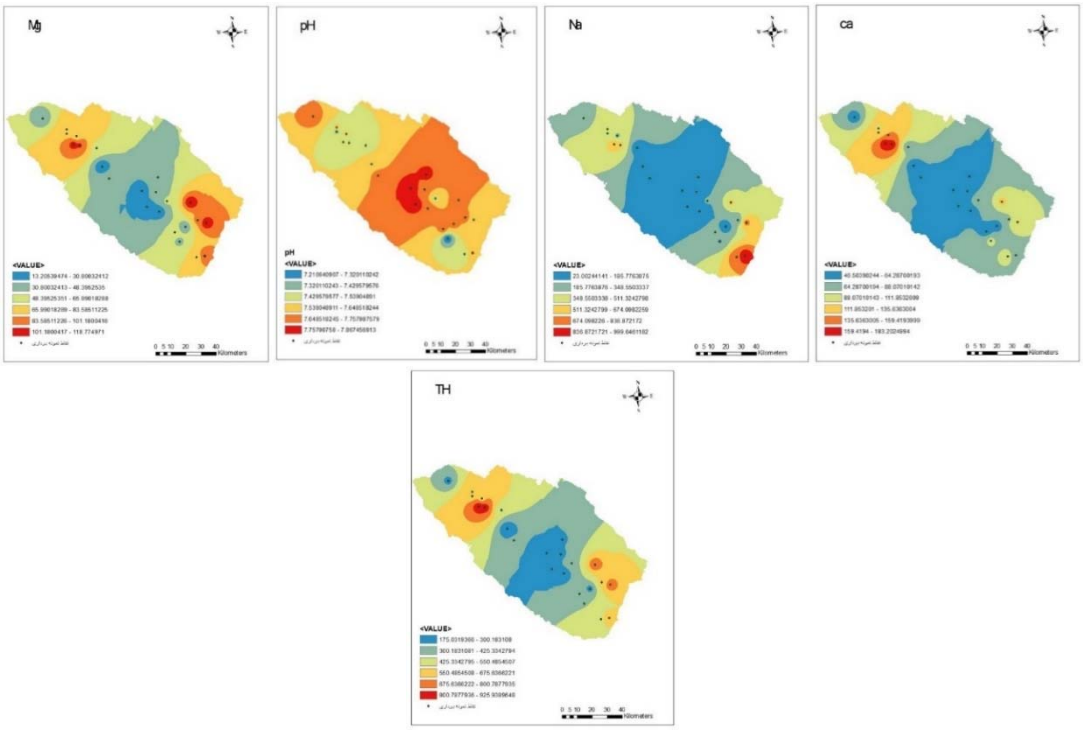
جدول ۵: نتایج ارزیابی خطای روش‌های درون‌یابی شاخص کیفیت آب و متغیرهای کیفی آب برای ۲۳ نمونه چاه محدوده دشت مشهد در سال ۹۶-۱۳۹۵

روش درون‌یابی	خطای پهنه‌بندی	Ca	Mg	Na	SO4	HCO3	CL	TH	TDS	pH	WQI
کریجینگ	R^2	۰.۹۰	۰.۹۹	۰.۹۷	۰.۹۹	۰.۱۲	۰.۸۸	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۷۴	۱.۰
	RMSE	۱۵.۶	۰.۴۰	۵۹	۳.۴۳	۳۹.۹	۱۳۷	۲.۰۷	۱۶۴	۰.۰۹	۱.۵۰
	MAE	۱۲.۹	۰.۳۲	۴۷	۲.۵۳	۳۲.۹	۱۰۴	۱.۷۲	۱۲۹	۰.۰۷	۰.۹۹
IDW	R^2	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۹۹	۱.۰
	RMSE	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۲۲	۰.۲۳	۰.۰۷	۰.۴	۰.۱۸	۰.۸۲	۰.۰	۰.۰۶
	MAE	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۰۵	۰.۱۹	۰.۱۱	۰.۵۱	۰.۰	۰.۰۳

پهنه‌بندی مکانی متغیرهای کیفیت آب نامبرده شده با توجه به آنالیز آماری انجام شده با استفاده از روش درون‌یابی مناسب در محیط نرم افزار ArcGIS تعیین شد و در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است

در واقع پس از بررسی متقابل روش‌های درون‌یابی IDW و کریجینگ با محاسبه MAE، RMSE و R^2 برای هر پارامتر طبق جدول ۵ ، روش درون‌یابی IDW به‌عنوان مناسب‌ترین روش درون‌یابی متغیرهای کیفی در محدوده مطالعاتی مورد

نظر انتخاب گردید. و نقشه‌های پهنه‌بندی برای هر پارامتر تهیه شد. همانطور که از نقشه‌های پهنه‌بندی متغیرهای کیفی آب در شکل ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، تجمع عناصر شیمیایی در قسمت‌های جنوبی و شمالی محدوده بیشتر است.

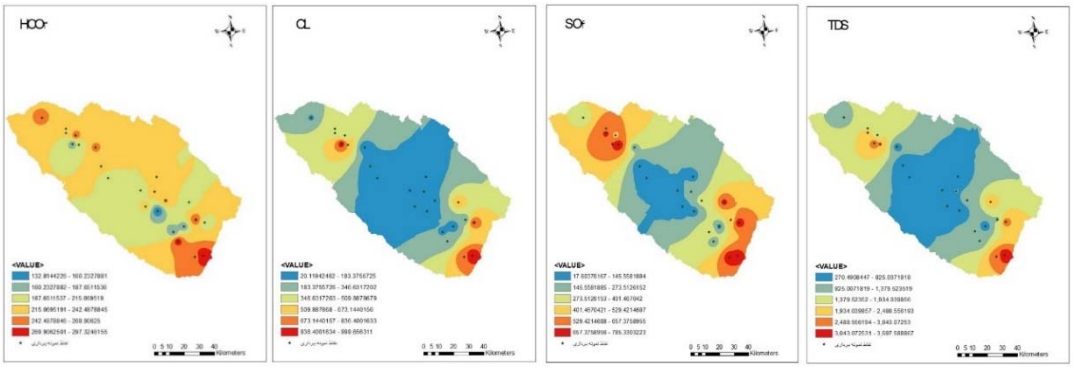


شکل ۲: نقشه پهنه‌بندی متغیرهای کیفیت آب در محدوده مطالعاتی دشت مشهد برای سال آبی ۹۶-۱۳۹۵

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه به‌منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی محدوده دشت مشهد در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شده است. بدین منظور نمونه‌های ۲۳ چاه عمیق و نیمه‌عمیق در منطقه استفاده شد. ابتدا شاخص کیفیت آبWQI جهت مصرف شرب با استفاده از متغیرهای کیفی pH، کل جامدات محلول، سختی کل، کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات، کلر و بی‌کربنات برای هر چاه محاسبه گردید. براین اساس ۳۹.۱ درصد از نمونه‌ها در رده خوب، ۳۴.۷ درصد از نمونه‌ها در رده ضعیف و ۲۶ درصد از نمونه‌ها در رده بسیار ضعیف قرار گرفتند. مناسب‌ترین روش جهت پهنه‌بندی شاخص WQI در محدوده مورد نظر روش IDW می‌باشد. همانطور که از نقشه پهنه‌بندی شاخص WQI در محدوده دشت مشهد مشاهده می شود، کیفیت آب در قسمت مرکزی محدوده خوب و قسمت جنوبی و شمال محدوده از نظر کیفیت آب در محدوده ضعیف قرار گرفته‌اند. در واقع هدف از تهیه نقشه توزیع شاخص کیفیت آب، استفاده از آن جهت مدیریت و کاربرد آب می‌باشد.

نتایج تحلیل روش‌های درون‌یابی مختلف جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی متغیرهای کیفی آب و شاخص کیفیتا آب WQI نشان داد، روش IDW از خطای کمتر و پیوستگی بیشتری نسبت به روش درون‌یابی کریجینگ در محدوده مطالعاتی دشت مشهد برخوردار است.



شکل ۳: نقشه پهنه‌بندی متغیرهای کیفیت آب در محدوده مطالعاتی دشت مشهد برای سال آبی ۹۶-۱۳۹۵

۵- مراجع

۱. فتحی هفشجانی، ا.، بیگی هرچگانی، ح.ا.، داودیان دهکردی، ع. و طباطبایی، ح. (۱۳۹۳). مقایسه چندروش درون‌یابی مکانی و انتخاب مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی نیترات و فسفات در آب زیرزمینی شهرکرد. فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آب و آبیاری. ۴ (۱۵). ۵۱-۶۲.

۲. حسینی موغاری، س.م. و ابراهیمی، ک. (۱۳۹۳). توسعه شاخص فازی پایش کیفی منابع آب (FWQI) مطالعه مورد: دشت ساوه. نشریه آب و خاک. ۲۹(۵). ۱۱۱۷-۱۱۳۰.

Aminu, M., Matori, A.N., Yousef, K.W., Malakahmad, A. and Zainol, R.B. (2015). A GIS-based water quality model for sustainable tourism planning of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia. Environmental Earth Science, 73(10): 6525-6537.

Bain, R. E. S., Wright, J. A., Christenson, E., & Bartram, J. K. (2014). Rural: urban inequalities in post 2015 targets and indicators for drinking-water. *Science of the Total Environment*, *490*, 509–513.

Fetouani, S., M. Sbaa, M. Vanclooster and B. Bendra. (2008). Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (North-East Morocco). Agricultural water management 95: 133-142.

Horton, R.k. (1965). An index number system for rating water quality. Journal of Water Pollut Control Fed, 37(3): 300-306.

Nasiri, F., Maqsood, I., Haung, G. and Fuller, N. (2007). Water quality index: A fuzzy river-pollution decision support expert system. Journal of Water Resources Planning and Management. 133(2): 95-105.

Rizwan R., and Gurdeep S. (2010). Assessment of Ground Water Quality Status by Using Water Quality Index Method in Orissa, India. World Applied Sciences Journal, 9(12): 1392-1397

Sadat-Noori S.M., Ebrahimi K., and Liaghat A.M. (2013). Groundwater quality assessment using the Water Quality Index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. Environmental earth sciences: 71(9): 3827-3843.

Schultz, B., (2017). Agricultural water management and food security in a sustainable environment. 13th International Drainage Workshop of ICID, 4-7 March. 2017. Ahvaz, Iran.

Selvaganapathi, R., Vasudevan, S., Balamurugan, P., Nishikanth, C.V., Gnanachandrasamy, G. and Sathiyamoorthy, G. (2017). Evaluation of groundwater quality and water quality index in the Palacode and Pennagaram Tuluks, Dharmapuri district, Tamil Nadu, India. International Journal of Applied Research, 3(6): 285-290.

Srinivas, R., Bhakar, P., & Singh, A. P. (2015). Groundwater quality assessment in some selected area of Rajasthan, India using fuzzy multi-criteria decision making tool. *Aquatic Procedia*, *4*, 1023–1030.

Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Vijayaragavan, K., Ganthi, R.R., Chidambaran, S., Anandhan, P., Manivannan, R. and Vasudevan, S. (2010). Application of water quality index for groundwater quality

Zhao, P., Tang, X., Tang, J. and Wang, C. (2013). Assessing water quality of three gorger reservoir, China, over a five-year period from 2006 to 2011. Water Resour Manage, 27(13): 4545-4558.

Investigation of groundwater quality status of Mashhad plain for sustainable drinking

Behnaz Hadi[1], Hossein Ansari[2*], Narges Salehnia

1- Master student in Water Science & Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, behnaz.hadi@mail.um.ac.ir

2-Professor & Faculty Member, Department of Water Science & Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, ansary@um.ac.ir

3- Assistant Professor & Faculty Member of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, n.salehnia@um.ac.ir

Abstract

Increasing pollution of groundwater resources is a serious threat to sustainable water supply worldwide, so determining water quality in resource management and water consumption is of particular importance and its monitoring should be considered as an important principle in planning Groundwater is one of the most important resources in arid and semi-arid regions. Water quality indices (WQIs) are one of the most common methods in assessing the quality of water resources In this study, in order to investigate the groundwater quality of Mashhad plain, WQI water quality index for drinking was first calculated using qualitative variables pH, total soluble solids, total hardness, calcium, magnesium, sodium, sulfate, chlorine and bicarbonate. For this purpose, samples taken from 23 wells in the area were used. The results showed that 39.1% of the samples were in the good category, 34.7% of the samples were in the poor category and 26% of the samples were in the very poor category. Then the spatial distribution of groundwater quality variables and water quality classification were investigated by Kriging and IDW interpolation methods. ArcGIS software was used to analyze the spatial distribution and zoning of water quality. The results of spatial interpolation were evaluated based on the criteria of coefficient of determination (R2), mean absolute error (MAE) and the root mean square error (RMSE). The results showed that the distance weighting (IDW) method has the most appropriate estimate for the study area.

Keywords: Groundwater quality, water quality index, drinking water, spatial distribution, interpolation