

اولویت بندی کیفی منابع آب زیرزمینی شهر اراک با استفاده از مدل فازی و GIS

عبدالرضا خلیلی (مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی)

Email: modir@abfamarkazi.ir

محمد رضا محبی، محمد محبی، مژده مینایی، فریده عاشوری

Email: mohebbi.mr.eng45@gmail.com , {mohammad200253 , gis.abfa , f_ashoori79}@yahoo.com

چکیده

در گذشته تامین آب شهر اراک از طریق چاه ها و منابع آب زیرزمینی انجام می شد. مشکلات بسیاری از قبیل نداشتن شبکه فاضلاب منجر به آلوده شدن برخی از این منابع شد که با احداث سد کمال صالح بخشی از آب شهر از طریق این سد تامین گردید. اما با توجه به روند کاهش آب سد، کلانشهر شدن و افزایش تقاضای مردم ناچار به روی آوردن به منابع آب زیرزمینی در آینده خواهیم بود. بنابراین به منظور بهبود وضعیت این منابع دسته بندی، اولویت بندی و ارائه راهکار مناسب برای حفظ و بهبود منابع موجود ضروری به نظر می رسد. در این تحقیق در ابتدا مختصات UTM محل قرارگیری چاههای منطقه وارد محیط GIS شد. پارامترهای کیفی هر چاه نیز در سه دوره متوالی ۵ ساله اندازه گیری شده بود. با مقایسه هر پارامتر اندازه گیری شده با میزان استاندارد آب شرب، مقادیر اختلاف برای هر مشخصه در یک لایه جداگانه قرار گرفت. بر این اساس چاه های هر منطقه به دسته های مختلفی تقسیم شدند. مشخصات مربوط به خاک و زمین منطقه در یک لایه و هزینه نسبی مورد نیاز تصفیه و رفع آلودگی پارامترهای اندازه گیری شده در لایه دیگری قرار گرفت. به همین ترتیب سایر لایه ها نیز تشکیل شد. با وزن دهی لایه ها با استفاده از مدل فازی و در نهایت تلفیق آنها منابع آب زیرزمینی منطقه اولویت بندی شد و راهکارهای مناسب برای هر دسته ارائه گردید.

کلمات کلیدی

اراک، اولویت بندی، فازی، منابع زیرزمینی، GIS

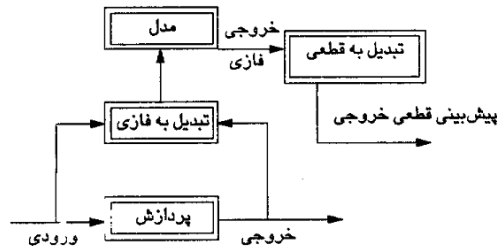
۱. مقدمه

در گذشته آب شهر اراک از چاه و منابع آب زیرزمینی تامین می شد. با احداث سد کمال صالح در حال حاضر آب این شهر از اختلاط آب سد و برخی چاه ها تامین می شود. اما متأسفانه منبع آب سد نیز رو به کاهش است و نمی توان در آینده انتظار داشت که همچنان بتوان از آن استفاده نمود در نتیجه ناچار به استفاده از آب چاه ها خواهیم بود... با اولویت بندی چاه ها می توان اختصاص منابع مالی برای ارتقاء آنها، اولویت در مدار وارد نمودن، و ... را مشخص کرد و دید بهتری برای تصمیم گیران فراهم نمود. این کار از طریق سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS به کمک منطق فازی امکان پذیر می باشد. GIS ابزار مفیدی برای نمایش و مدیریت داده های مکانی است که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

در زمینه پهنه بندی منابع آبهای زیرزمینی تحقیقات و مطالعات بسیاری انجام شده است که با استفاده از مدل های مختلف فازی، بولین، و ... بوده است. اما در نهایت استفاده چندانی از این پهنه بندی نشده و یا تنها جهت یافتن بهترین محل از نظر کیفی برای حفر چاه در آینده بوده است. هدف از این مقاله اولویت بندی منابع آب زیرزمینی و ارائه راهکار مناسب برای دسته بندی های مختلف است. اولین بار تبیین فازی پارمترهای کیفی توسط سی و همکاران در سال ۱۹۹۳ انجام گرفت که به جای ضریب سنتی موجود بین صفر تا ۱۰۰ با در نظر گرفتن عدم قطعیت های موجود در منابع آبی مقدار آن را به صفر تا ۱ کاهش داد. اکامپودکو و همکاران در سال ۲۰۰۶ روش جدیدی را با استفاده از سیستم استنتاج فازی به منظور بازه بندی کیفیت آب رودخانه ای در اسپانیا ارائه نمودند که با استفاده از ۱۷ پارامتر کیفی شیمیایی و بیولوژیکی، کیفیت آب رودخانه را در سه کلاس ضعیف، متوسط و خوب تقسیم بندی کرده اند [1]. در سال ۱۳۹۱ قدیمی و همکاران پارامترهای کنترلی ژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی اراک را با استفاده از روش تحلیل فاکتور مورد ارزیابی قرار دادند. این بررسی نشان داد که نوع عمده آب آبخوان اراک Ca-HCO_3 , $\text{Ca-HCO}_3\text{-Cl}$ می باشد که به تدریج به آب بسیار کم شور $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-Cl}$ به سمت دشت میقان تنزل می یابد. این مقاله تنها به بررسی کیفیت آب آبخوان منطقه و ارتباط آن با ویژگی های زمین شناختی پرداخته است [2].

۲. منطق فازی

تابع عضویت یکی از اجزای اساسی مجموعه های فازی می باشد که عملگرهای فازی بر اساس توابع عضویت فازی تعریف شده اند. با استفاده از دو یا چند نقشه با توابع عضویت فازی برای مجموعه های یکسان می توان تنوعی از عملگرها را استخراج کرد که جهت ترکیب ارزشهای عضویت با هم بکار می رود [3]. پنج عملگر فازی OR , AND , ضرب فازی، جمع فازی و گامای فازی جهت ترکیب مجموعه اطلاعات بکار می رود [4]. روشهایی که بر پایه قضاوت های ارزشی هستند نمی توانند ابهامات و عدم قطعیت های موجود در ذهن تصمیم گیر را در نتیجه نهایی اعمال کنند. استفاده از نظریه مجموعه فازی اجازه استفاده از اطلاعات کیفی و غیرقطعی را به تصمیم گیر می دهند. بیشتر روشهای موجود برای مدلسازی فازی بر اساس دسته بندی داده های ورودی و خروجی عمل کرده و دسته ها را بر حسب مجموعه های فازی مناسب بیان می کنند و ارتباط آنها را با یکدیگر در قالب یک مدل فازی ارایه و در آخرین مرحله داده های حاصل از مدل فازی را به اطلاعات قطعی تبدیل می کنند. شماتیک مدلسازی فازی در شکل ۱ نشان داده شده است.



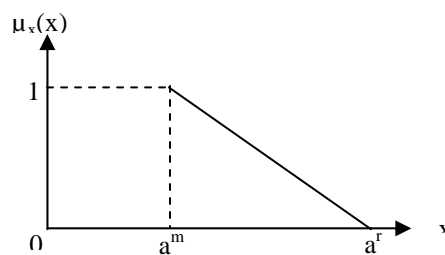
شکل ۱: سیستم مدلسازی فازی

روش پردازش گروه داده‌ها روشی برای مدلسازی سیستم‌های غیرخطی پیچیده و بزرگ و به منظور برنامه‌ریزی و پیش‌بینی مسایل مدیریت به کار می‌رود. حتی بدون دانش قبلی راجع به ساختار سیستم، مدلسازی با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی بر اساس اصل خودسازماندهی ابتکاری انجام می‌شود. در روش پردازش گروه داده‌ها برای مدلسازی سیستم‌ها یا پدیده‌های فازی، اعداد فازی جایگزین پارامترهای مدل می‌شود [5].

بیشترین اعداد فازی مورد استفاده، اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای هستند. اگر ذوزنقه یا مثلث را به طور ناقص در نظر بگیریم رابطه مورد استفاده به صورت رابطه (۱) خواهد بود.

$$\mu_x(x) = \begin{cases} 1, & x = a^m \\ (a^r - x)/(a^r - a^m), & a^m < x \leq a^r \\ 0, & x > a^r \end{cases} \quad (1)$$

در این مقاله به ترتیب am محدوده نهایی اعداد منفی و ar محدوده نهایی اعداد مثبت به دست آمده برای هر پارامتر می‌باشند. شکل ۲، این تابع عضویت را نمایش می‌دهد [6].



شکل ۲: نمایش هندسی عدد فازی

به منظور تهیه نقشه‌های کیفی با استفاده از عملگر ضرب فازی وزن هر پارامتر ۱ در نظر گرفته شد. فرمول ضرب فازی به صورت رابطه (۲) می‌باشد.

$$I_{x,y} = \prod_{k=1}^n i_k(x, y) \quad (2)$$

همچنین از روش مدل معکوس فاصله وزن دار نیز استفاده شد که فرض در تخمین مقدار پارامتر هدف در نقطه مورد نظر به صورت مجموع وزن داری از مقادیر مشاهده شده در ایستگاه‌های همجوار است. بر این اساس مقدار شاخص کیفیت در نقطه هدف بر اساس رابطه خطی (۳) بدست می‌آید:

$$I(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i I_i \quad (3)$$

که λ_i وزن مقدار شاخص کیفی در هر نقطه بر اساس فاصله شعاع تاثیر همسایگی هر منبع آبی تعیین می‌شود [1].

۳. منطقه مورد مطالعه

شهرستان اراک در جنوب غربی استان تهران و در فاصله ۲۸۸ کیلومتری آن قرار دارد و مرکز استان مرکزی محسوب می‌شود. شهر اراک روی مدار ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه در نیمکره شمالی از خط استوا قرار گرفته و روی نصف النهار ۴۹ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد. از نظر طبیعی فلات فعلی اراک به وسعت ۵۴۰۰ کیلومتر مربع است که ۲۴۰۰ کیلومتر آن را جلگه مرتفع اراک و مابقی را ارتفاعات اطراف اراک تشکیل می‌دهد. اقلیم این شهر نیمه خشک و میزان تبخیر و میانگین دمای آن به ترتیب ۲۸۰ میلی متر در سال و ۱۱ درجه سانتیگراد می‌باشد. اغلب ساکنان شهر در کارخانجات صنعتی کار می‌کنند. [2]. نقشه ماهواره ای این شهر در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: نقشه ماهواره ای شهر اراک

۳. مواد و روشها

۳.۱. روشهای تحلیلی

در این تحقیق در ابتدا مختصات UTM محل قرارگیری چاه های منطقه وارد محیط GIS شد. اطلاعات کیفی چاه ها با تعداد ۸۷۰ بار نمونه برداری از هر چاه در سالهای ۱۳۸۱، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۱ در اختیار قرار گرفت. تمامی آزمایشها در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی که معتمد محیط زیست می باشد و براساس روشهای استاندارد متد انجام گرفته بود [7]. از میان این پارامترها ۱۰ پارامتر مهم کدورت، نیترات، سولفات، سختی، کلسیم، منیزیم، سدیم، کلور، TDS و فلوراید انتخاب شدند. سایر موارد مانند pH به دلیل اینکه در محدوده مناسب قرار داشتند مد نظر قرار نگرفتند. برخی چاه ها از مدار خارج شده و نمونه برداری نمی شد برای این چاه ها از اطلاعات سال قبل و با توجه به چاه های نزدیک به آنها مقدار مشخصی نسبت داده شد. میانگین مقادیر اندازه گیری شده به دو دسته اندازه گیری فصل کم باران و پر باران تقسیم بندی شدند. به منظور یکنواختی و نیز بر اساس آخرین اطلاعات موجود اعداد مربوط به میانگین اندازه گیریهای فصل کم باران سال ۱۳۹۱ مبنا قرار گرفت. با مقایسه هر پارامتر اندازه گیری شده با میزان استاندارد آب شرب، مقادیر اختلاف برای هر مشخصه در یک لایه جداگانه قرار گرفت. برای این

منظور از استاندارد ۱۰۵۳ و میزان مطلوب و حداکثر مجاز برای پارامترهای مختلف استفاده شد [8]. بر اساس مقادیر اختلاف به دست آمده، چاه های هر منطقه به ۴ دسته تقسیم شدند به این ترتیب که دسته ۱ و ۲ مقادیر مثبت و دو دسته ۳ و ۴ مقادیر منفی را شامل می شد. این مقادیر با استفاده از منطق فازی به اعداد بین صفر و یک تبدیل شدند به طوری که عدد صفر به هیچ عددی تعلق نگرفت. بنابراین اعداد بدست آمده ارقام غیرقطعی را شامل می شد. همچنین مشخصات مربوط به خاک و زمین منطقه در یک لایه و هزینه نسبی مورد نیاز تصفیه و رفع آلودگی پارامترهای اندازه گیری شده در لایه دیگری قرار گرفت و به هر کدام وزنی نسبت داده شد. با وزن دهی لایه ها با استفاده از مدل فازی و در نهایت تلفیق آنها منابع آب زیرزمینی منطقه به چهار دسته اولویت بندی شد. برای نشان دادن اثرات کیفی از مدل معکوس فاصله وزن دار یا IDW به دلیل سادگی و سهولت کاربرد، استفاده شد.

۴. نتایج و بحث

۱،۴. تهیه نقشه های کیفی

در تهیه نقشه های کیفی ۱۰ پارامتر مورد بررسی قرار گرفتند. میزان حدود مجاز و مطلوب و میزان در نظر گرفته شده برای هر پارامتر در جدول ۱ آورده شده است.

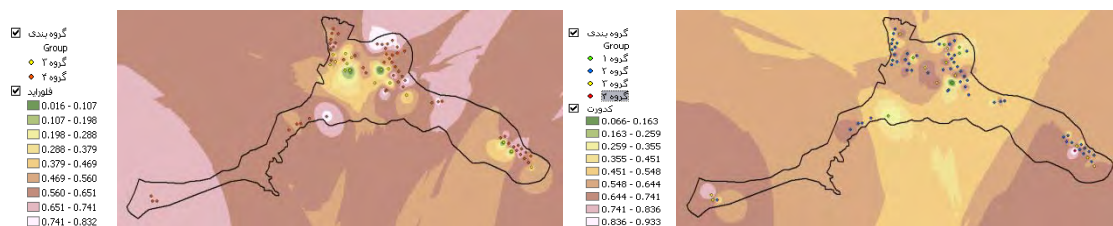
جدول ۱: حدود مجاز یا مطلوب پارامترهای شیمیایی آب شرب مورد استفاده

پارامتر	واحد	حد مجاز	حد مطلوب	مقدار در نظر گرفته شده
کدورت	NTU	۵	۱	۱
فلوراید	mg/l	۱/۷	۱/۵	*۱
نیترات	mg/l	۵۰	۵۰	۵۰
سولفات	mg/l	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰
کلسیم	mg/l	۳۰۰	۲۰۰	۲۰۰
منیزیم	mg/l	۵۰	۳۰ (در شرایط سولفات بیش از ۲۵۰)	۳۰ و ۵۰
سدیم	mg/l	۲۵۰-۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
کلرور	mg/l	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰
سختی	mg/lCaco3	۵۰۰	۲۰۰	۵۰۰
TDS	mg/l	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰

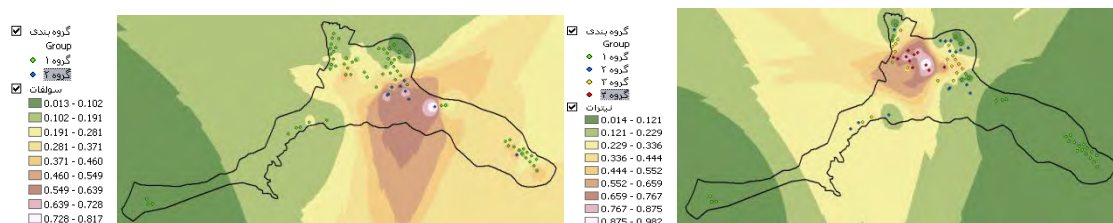
* حد مناسب فلوراید در منابع آب برای بهداشت دهان و دندان ۱ mg/l می باشد.

در تهیه نقشه های کیفی به تمامی پارامترها ضریب ۱ نسبت داده شد. در ابتدا با استفاده از اختلاف مقادیر اندازه گیری شده از مقدار مجاز استاندارد، هر پارامتر به ۴ دسته تقسیم بندی شد. به این ترتیب که گروه های ۱ و ۲ مقادیر بزرگتر از صفر و گروه های ۳ و ۴ مقادیر کمتر از صفر و مطلوبتر از حد استاندارد در نظر گرفته شدند. در مواردی هم که مقدار مساوی با استاندارد یعنی مقدار صفر داشت در گروه ۳ قرار گرفت. گروه ۱ با رنگ سبز، گروه ۲ با رنگ آبی، گروه ۳ با رنگ زرد و گروه ۴ با رنگ قرمز نشان داده شده اند. مقادیر اختلاف هر کدام از پارامترها با مقدار

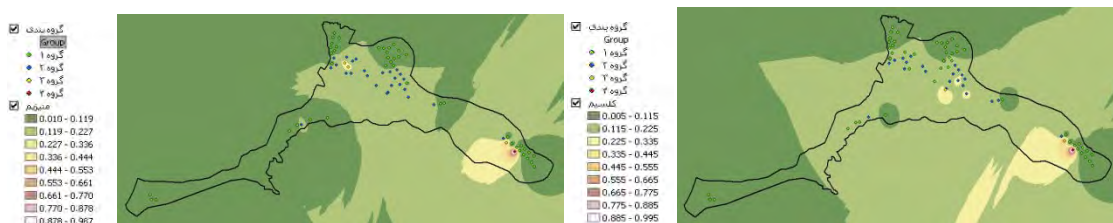
استاندارد تبدیل به عددی بین صفر و یک (فازی) شد. نقشه های تهیه شده با استفاده از روش IDW یا عکس مجذور فاصله تهیه شده اند. شکلهای ۴ تا ۸ نقشه های کیفی تهیه شده را نشان می دهند.



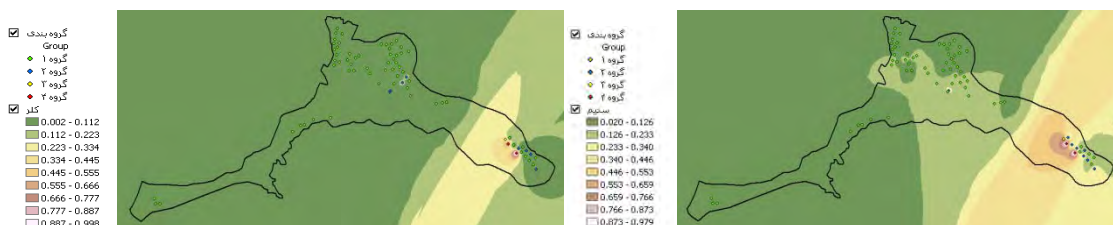
شکل ۴: کدورت و فلئور



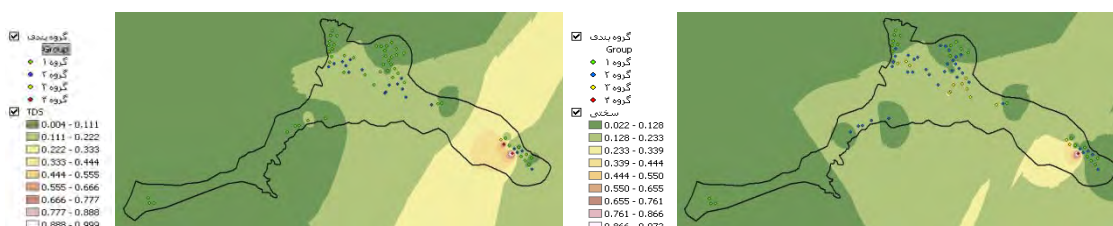
شکل ۵: نیترات و سولفات



شکل ۶: کلسیم و منیزیم



شکل ۷: سدیم و کلرور



شکل ۸: سختی و TDS

۲,۴. اثرات بهداشتی

۱۰ پارامتر انتخاب شده پارامترهایی بودند که از حد استاندارد بالاتر یا کمتر بودند. از بین آنها تنها نیترات به دلیل نشانه ای بر ورود فاضلاب یا آلودگی به آبها دارای اهمیت بالایی می باشد زیرا ممکن است حاوی آلاینده های دیگری که در فاضلاب یافت می شود نیز باشد. سایر موارد از جمله کلر تنها طعم شوری به آب می دهد و زیان آور نیست. غلظت زیاد کلرور کلسیم و منیزیم در آب می تواند باعث خوردگی شدید شود. غلظت بالای سولفات در آبهای زیرزمینی می تواند از تجزیه بیولوژیکی طبیعی بی هوازی مواد کلرینه حل شده در آب مثل تری کلرواتان و تترا کلرواتان جلوگیری کند. از نظر بهداشتی آبهای سخت مشکلی برای استفاده ندارند. شواهدی وجود دارد که کلسیم و منیزیم در برابر بیماریهای قلبی محافظت کننده هستند. مقدار کل مواد جامد محلول ممکن است نوع روش سختی گیری را تعیین نماید زیرا روشهای ترسیبی جامدات را کاهش داده و روشهای تعویضی باعث افزایش جامدات می شوند. آب با TDS بالا باعث لکه دار شدن اشیاء شیشه ای شده و اثرات نامطلوب روی گیاهان و محصولات کشاورزی دارد [9]. در چاه های مورد بررسی تنها تعداد اندکی دارای حداکثر کدورت ۱/۳ می باشد که با توجه به مقدار کم آن می توان گفت که در نهایت تمامی چاه ها از نظر کدورت مشکلی ندارند. بالا بودن سدیم آب برای افراد مبتلا به بیماریهای قلبی و کلیوی می تواند زیان آور باشد. حتی برخی مطالعات نشان داده است در جوامعی که میزان سدیم در آب بالا بوده، سبب افزایش فشار خون در افراد آن جامعه شده است [10].

۳,۴. زمین شناسی منطقه

شهر اراک در دشت آبرفتی قرار گرفته و آبخوان به طور مستقیم توسط جریان آبی که از عوارض مختلف احاطه کننده ناحیه کوهستانی دشت میقان می آید تغذیه می شود. این دشت تعداد چاه های بسیاری با عمق ۷۰ تا ۱۵۰ متر را در بر می گیرد. اغلب این چاه ها آب آشامیدنی را فراهم می کنند. آبخوان اراک از فازهای متوسط تا ریز رسوبات پلی استوسن تشکیل شده که بخش وسیعی از فرورفتگی بین کوههای اراک و آشتیان را اشغال کرده است. بستر سنگی این بخش از سنگهای آهکی کریستالی و سنگهای با دگرگونی کم تشکیل یافته است. جهت جریان آب زیرزمینی اطراف زمینهای اراک از جنوب غربی به شمال شرقی و به سمت دشت شور میقان می باشد [2]. شکل ۹ نقشه زمین شناسی منطقه را نشان می دهد.



شکل ۹: نقشه زمین شناسی منطقه

بر اساس نقشه زمین شناسی منطقه و بر حسب میزان ریسک آلودگی (احتمال آلودگی در آینده) چاه های مورد نظر دسته بندی و مشخص شدند و به هر دسته ضریبی از ۱ تا ۵ تعلق گرفت به این ترتیب که به مناطق صنعتی

با احتمال آلودگی بیشتر ضریب ۵، مناطق شهری ضریب ۴، زمینهای زراعی ضریب ۳، نهشته های آواری ضریب ۲ و به پهنه های رسی به دلیل احتمال آلودگی کمتر، ضریب ۱ تعلق گرفت. به این ترتیب لایه مربوط به مشخصات زمین شناسی چاه ها تشکیل شد.

۴.۴. هزینه های رفع آلودگی

برای تهیه لایه هزینه ها، به تصفیه و رفع آلودگی هر چاه بر حسب میزان آلودگی آن بسته به امکان پذیری استفاده، شرایط و هزینه های متعارف، عددی از ۱ تا ۱۰ نسبت داده شد. روشهای مختلف فیلتراسیون یا ته نشینی برای حذف کدورت، اسمز معکوس برای حذف جامدات محلول و سختی و کلسیم و ...، تعویض یون برای حذف آنهایی که فقط مشکل نیترات داشتند، لایم سودا برای فقط سختی، و ترکیب فیلتراسیون با اسمز معکوس و تعویض یون برای آنها که دو مشکل داشتند، در نظر گرفته شد.

۵.۴. اولویت بندی

عملگر ضرب فازی در ترکیب لایه ها مورد استفاده قرار گرفت. لایه های تهیه شده هزینه رفع آلودگی، زمین شناسی و نقشه های کیفی با استفاده از عملگر ضرب فازی با هم ترکیب شدند و در نهایت چاه های منطقه اولویت بندی شدند. جدول ۲ اولویت بندی چاه های منطقه را نشان می دهد.

جدول ۲: اولویت بندی چاه های منطقه

اولویت	شماره چاه ها
اولویت ۱	۵۳، ۵۲، ۴، ۱۴، ۵، ۴۵، ۳۵، ۵۹، ۱۳، ۶۳، ۹، ۸، ۵۶، ۲۸، ۶۲، ۱۷، ۶۰، ۶، ۳۱، ۵۵، ۴۶، ۵۱، ۵۰، ۷، ۶۱، ۵۸، ۵۷، ۴۹، ۳، ۳۲، ۵، ۱۵، ۲
اولویت ۲	۱۰، ۳۰، ۱۲، ۱۱، ۴۴، ۴۳، ۲۷، ۳۶، ۴۰، ۴۲، ۴۱، ۱
اولویت ۳	۳۹، ۳۷، ۶۷، ۴۷، ۲۹، ۱۸، ۶۴، ۴۸، ۳۳، ۶۹، ۲۶، ۲۵، ۳۴، ۷۴، ۳۸، ۲۴، ۱۹، ۲۳
اولویت ۴	۲۱، ۶۵، ۷۰، ۲۲، ۲۰، ۶۸، ۱۶، ۶۶، ۷۲، ۷۱، ۷۳

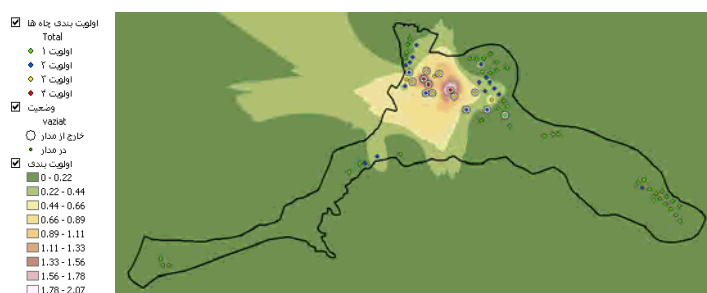
در اولویت بندی منابع آب زیرزمینی منطقه نکات زیر مورد توجه می باشد.
 نیترات به عنوان فاکتور اصلی ورود فاضلاب و آلاینده ها به منابع آبی در نظر گرفته شد.
 چاه های اولویت اول از نظر تمامی پارامترها بجز فلوراید در گروه های ۱ و ۲ قرار داشتند.
 در چاه های اولویت دوم چاه شماره ۳۰ مقدار نیترات به میزان ناچیزی از مقدار استاندارد بالاتر بود اما در سایر پارامترها در گروه های ۱ و ۲ قرار داشت بنابراین در اولویت دوم قرار گرفت. چاه شماره ۱۲ با اینکه از نظر ۷ پارامتر از جمله سختی، کلر، TDS، کلسیم، منیزیم و سدیم و کدورت در گروه چهارم قرار گرفت اما به دلیل اینکه از نظر نیترات در گروه ۱ قرار دارد در اولویت دوم قرار گرفت.
 هرچند چاه های اولویت سوم از نظر سختی و کلر و ... در وضعیت بهتری نسبت به اولویت دوم قرار داشتند اما از آنجا که نیترات آنها بالاست و در گروه ۳ قرار گرفتند.

چاه های اولویت چهارم نیترا ت فوق العاده بالایی دارند و برخی از آنها از نظر سختی و منیزیم در گروه ۳ جای دارند.

چون میزان فلئوئور در تمام چاه ها کم بود تصمیم گرفته شد که برای بهداشت دهان و دندان آموزشهای لازم به مردم داده شود و اطلاع رسانی انجام شود که مردم خود از ترکیبات فلئوئوردار برای خمیردندان دهانشویه و غیره استفاده کنند و هزینه اضافی اجتناب شود در نتیجه در محاسبات و اولویت بندی وارد نشد.

علاوه بر این طبق جدول ۲ می توان در هر گروه نیز به ترتیب اولویت بندی و مناسب ترین را مشخص کرد به طور مثال در اولویت اول چاه ۲ نسبت به چاه ۵۳ از اولویت بالاتری برخوردار است. یعنی می توان گفت که در کل چاه ۲۱ بدترین و چاه ۲ بهترین چاه های منطقه از نظر معیارهای مورد نظر می باشند.

پیش از این اکثر چاه هایی که نیترا ت آنها بالا بود از مدار خارج شده بودند که اکثرا در اولویت ۴ قرار دارند. در شکل ۱۰ چاه های خارج از مدار به صورت دایره های با هاله سفید رنگ نشان داده شده اند. اولویت ۱ با رنگ سبز، اولویت ۲ با رنگ آبی، اولویت ۳ با رنگ زرد و اولویت ۴ با رنگ قرمز نشان داده شده اند.



شکل ۱۰: نقشه اولویت بندی نهایی

۵. نتیجه گیری

در اولویت بندی استفاده از منابع آب زیرزمینی شهر اراک برای آینده از منطق فازی و نرم افزار ARCGIS استفاده شد تا دید بهتری از نظر کیفی ارائه شود. بدین صورت که اختلاف مقادیر اندازه گیری شده از مقدار استاندارد محاسبه شد و در ۴ گروه دسته بندی شد به این ترتیب که گروههای ۱ و ۲ مقادیر مثبت با مطلوبیت کیفی بهتر و گروه ۳ و ۴ در مرز یا مقداری بیش از حد استاندارد قرار داشتند. تمام مقادیر بدون توجه به گروه بندی با استفاده از منطق فازی به اعداد بین صفر و یک تبدیل شدند. بر اساس معیارهای گروه بندی، احتمال آلودگی با توجه به نوع خاک و محل قرار گیری چاه، هزینه تصفیه و رفع آلودگی با استفاده از روش مناسب برای هر چاه و میزان نیترا ت وزن دهی شدند. عدد به دست آمده بر اساس ترکیب فازی ملاک اولویت بندی قرار گرفت و چهار دسته اولویت تعیین شد که در هر اولویت نیز برحسب امتیاز به دست آمده امکان تعیین برتری وجود دارد. در این روش علاوه بر پهنه بندی معیارهای مشخصی مد نظر قرار گرفت و براساس آنها مشخص شد که در آینده کدام چاه ها از نظر استفاده در اولویت قرار دارند و کدام چاه ها نیاز به رسیدگی و بهبود وضعیت دارند. این روش علاوه بر ساده کردن کار دید بهتری برای مدیران و تصمیم گیران و حتی افرادی که در زمینه کنترل کیفی دانش چندانی ندارند فراهم می کند و فرایند تصمیم گیری را آسانتر می سازد.

۶. قدردانی

برخود لازم می دانیم از تمامی کارکنان زحمتکش آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی که در تهیه این مقاله ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی نماییم.

۷. منابع و مراجع

- [۱] ناصری، محسن، تجربی، مسعود، نیکو، محمدرضا، ظاهرپور، جمال؛ تشخیص و پهنه بندی مکانی شاخص کیفی چند متغیره آب زیرزمینی با استفاده از ترکیب روش فازی، مجله آب و فاضلاب، شماره ۱، ۱۳۹۲
- [۲] قدیمی عروس محله، فریدون و قمی، محمد؛ ارزیابی ژئوشیمیایی پارامترهای کنترلی آبهای زیرزمینی در اراک با استفاده از تحلیل فاکتور، انتشارات دانشکده مهندسی معدن دانشگاه علوم اراک، ۱۳۹۱
- [3] Bonham-Carter, G.F., *Geographic information systems for geoscientists: Modeling with GIS*, Paragon press, Oxford, 1994
- [۴] الهی، شعبان و آذر، عادل؛ منطق فازی، رویکردی نوین به سیستمهای مدیریت، نشریه مدرس از انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۶، ۱۳۷۷
- [۵] تقی زاده، رسول و فضل، صفر؛ روش اندازه گیری عملکرد شرکتها با استفاده از رویکرد ترکیبی آنالیز روابط خاکستری و تاپسیس فازی، چشم انداز مدیریت صنعتی، شماره ۲، ۱۳۹۰
- [6] *Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edn. American Publishers Health Association (APHA), Washington, DC, USA, 1980*
- [۷] ویژگیهای فیزیکی شیمیایی آب آشامیدنی، استاندارد ۱۰۵۳، تجدید نظر پنجم موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۸
- [8] An, P., Moon, W.M, Renz, A., *Application of fuzzy set theory to integrated mineral exploration, Canadian Journal of Exploration Geophysics, 27(1), 1991*
- [۹] سایر، کلایر، مک کارتی، پری، پارکین، جن، مترجمین: بابایی، علی اکبر، علوی، سیدنادعی، جعفرزاده حقیقی، نعمت اله؛ شیمی محیط زیست (آنالیزهای آب و فاضلاب)، انتشارات اندیشه رفیع، ۱۳۸۹
- [۱۰] شریعت پناهی، محمد؛ اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸