Archive of SID

مقایسه تاثیر پارامترهای هم‌وزن و پارامترهای وزن‌دار شده به روش تئوری آشفتگی در نتایج شاخص کیفیت آب(مطالعه موردی: دشت فسا)

امیرحسین پارسامهر[۱]، محمد زارع[۲]*، زهرا خسروانی[۳]
علیرضا پورباقری[۴]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۱۲/۰۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۱/۳۰

چکیده

یکی از روش‌های تعیین کیفیت آب، استفاده از شاخص کیفیت آب است. پارامترهای بسیاری در این شاخص استفاده می‌شود که اهمیت هر یک از آن‌ها در تعیین کیفیت آب یکسان نیست. بنابراین یکی از مهمترین مسائل پیش روی محققین، محاسبه میزان اهمیت هر یک از پارامترهای مورد بررسی است. هدف از این پژوهش مقایسه تاثیر پارامترهای با وزن یکسان و پارامترهای وزن‌دار شده به روش تئوری آشفتگی در نتایج کیفیت آب دشت فسا بود. برای این منظور وزن ۹ پارامتر شیمیایی ۵۵ نمونه آب زیرزمینی، یکبار به صورت برابر و بار دیگر با وزن‌های بدست آمده از روش تئوری آشفتگی (آنتروپی شانون) محاسبه شدند. سپس با استفاده از آنالیزهای آماری، وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار در نتایج کیفیت آب حاصل از دو گروه (وزن های یکسان و وزن های متفاوت) مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه جهت تعیین کارایی هر یک از این دو روش، ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین رتبه کیفیت چاه‌ها در روش‌های مورد بررسی و رتبه کیفیت چاه‌ها به روش دیاگرام شولر محاسبه شدند. در انتها نمودار خوشه‌بندی و پهنه‌بندی کیفی چاه‌ها ترسیم گردید. نتایج نشان داد در سطح ۰/۰۱ بین نتایج شاخص کیفیت آب حاصل از وزن‌های یکسان با نتایج شاخص کیفیت آب که به روش آنتروپی شانون وزن‌دار شده بود، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین مقدار همبستگی ۰/۹۲۶ بین رتبه‌های کیفیت چاه‌ها به روش دیاگرام با رتبه‌های کیفیت نمونه‌ها به روش آنتروپی شانون، کارایی بالای این روش را در محاسبه شاخص کیفیت آب تایید کرد.

کلید واژگان: تئوری آشفتگی، آب زیرزمینی، شاخص کیفیت آب، دشت فسا.

۱- مربی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فسا، فسا، ایران. پست الکترونیکی:parsamehr@fasau.ac.ir
۲- استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
پست الکترونیکی: mzernani@yazd.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری بیابانزدایی، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
پست الکترونیکی: z.khosravani@gmail.com
۴- مربی گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه فسا، فسا، ایران. پست الکترونیکی:pourbagheri@fasau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب به عنوان مهمترین عنصر زندگی از جایگاه ویژه‌ای در جوامع بشری برخوردار است، به طوری که ظهور و بقای تمدن و فرهنگ‌های مختلف در گرو وجود آب بوده و هست (آخونی پورحسینی و همکاران، ۱۳۹۵) آب‌های زیرزمینی یکی از مهمترین منابع آبی مورد استفاده بشر را تشکیل داده و در شرایط کنونی بخش قابل توجهی از مصارف کشور، به‌خصوص در بخش شرب از این منابع تامین می‌شود (پورمقدس، ۱۳۸۱) به طوری که آب شرب ساکنین منطقه مورد مطالعه (دشت فسا) کاملاً وابسته به آب زیرزمینی است. از این میان ۶/۴۹۱ میلیون متر مکعب آب چاه‌ها، ۱/۲۴۹ میلیون متر مکعب آب قنات‌ها و ۰/۱۹۹ میلیون متر مکعب آب چشمه‌ها و زه آب‌ها درتهیه آب شرب ساکنین نقش ایفا می‌کنند(شرکت سهامی آب منطقه ای فارس، ۱۳۸۷). این آب‌ها به دلیل قرار گرفتن در اعماق زمین نسبت به آب‌های سطحی معمولاً از آلودگی کمتری برخوردار هستند. با این وجود امروزه یکی از مشکلات آب‌های زیرزمینی کاهش کیفیت آن است. کیفیت آب‌های زیرزمینی به دلیل فعالیت‌های انسان و ورود آلاینده‌های مختلف به آب، روز به روز تغییر کرده که این امر کاربری آب در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت را تغییر می‌دهد (Lobato et al., 2015). از این رو، نیاز به ارزیابی دقیق کمی و کیفی منابع آب برای مصارف مختلف امری اجتناب‌ناپذیر است.

ارزیابی مستمر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب از ضروریات برنامه‌های کنترل کیفیت آب است. این کار سبب جمع‌آوری اطلاعات شایان توجهی می‌شود که معمولا نمی‌تواند به طور مستقیم کیفیت آب را تعیین کند. روش های متنوعی برای بکارگیری این داده‌ها استفاده شده است تا مقادیر ثبت شده منتج به ارزیابی کیفیت آب شود (Khadam and Kaluarachi, 2000).یکی از این روش‌های ارزیابی، استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI) است.در این شاخص برآیند اثر مولفه‌های مختلف کیفی آب در قالب یک عدد که بیانگر کیفیت آب است ارائه می‌شود(Ramakrishnaiah et al., 2009). تعداد و نوع مولفه‌های مورد استفاده در محاسبه WQI انعطاف پذیر و متغیر است. این شاخص هم برای ارزیابی کیفیت آب سطحی و هم برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی ارائه شده است(Machiwal et al., 2011).

در محاسبه شاخص کیفی آب پارامترهای مختلفی دخالت دارند که تاثیر این پارامترها بر نتیجه ارزیابی،یکسان نیست. به عبارت دیگر برخی پارامترها دارای تاثیر بیشتر و برخی دارای تاثیر کمتر هستند. بنابراین یکی از مهم‌ترین مشکلات در استفاده از روش شاخص کیفی آب، محاسبه اهمیت هر یک از پارامترها است که به صورت وزن نمود پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد یکسان فرض کردن وزن پارامترها با استفاده از تجربیات و نظرات کارشناسی جهت تعیین وزن هر پارامتر سبب می‌شود بسیاری از اطلاعات ارزشمند کیفیت آب زیرزمینی بدون استفاده قرار گیرد(پارسامهر و همکاران، ۱۳۹۷).مطالعات بسیار زیادی در سراسر جهان در خصوص استفاده از شاخص کیفی آب در ارزیابی کیفیت آب صورت گرفته است که از این میان می‌توان به مطالعات پی یو و همکاران(۲۰۱۰)، کریشان و همکاران(۲۰۱۶)، حمیدیان و همکاران(۱۳۹۵)، آخونی پورحسینی وقربانی(۱۳۹۵) و پارسامهر و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد. اما مطالعه در خصوص تاثیر وزن پارامترها بر نتایج ارزیابی کیفی آب مغفول مانده است. البته مطالعاتی در خصوص وزن‌دار کردن پارامترهای مورد ارزیابی و تاکید بر کارایی پارامترهای وزن‌دار شده صورت گرفته است که در ذیل به برخی از این مطالعات اشاره می شود:

Sargaonkar و همکاران (۲۰۰۳) به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه Waikatoو Red از شاخص‌های WQI و NFSاستفاده کردند. نتایج نشان داد که استفاده از پارامترهای وزن‌دار در بررسی کیفیت آب، درک درست و صحیحی از طبقه‌بندی کیفی آب ارائه می‌دهد. Ngoc Ho(۲۰۱۲) در بررسی کیفیت آب، از شاخص کیفیت کل استفاده کرد. وزن پارامترها با توجه به سطح ایجاد محدودیت هر پارامتر و تعداد پارامترها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که استفاده از شاخص TWQI و وزن دار کردن پارامترها در ارزیابی کیفیت

www.SID.ir

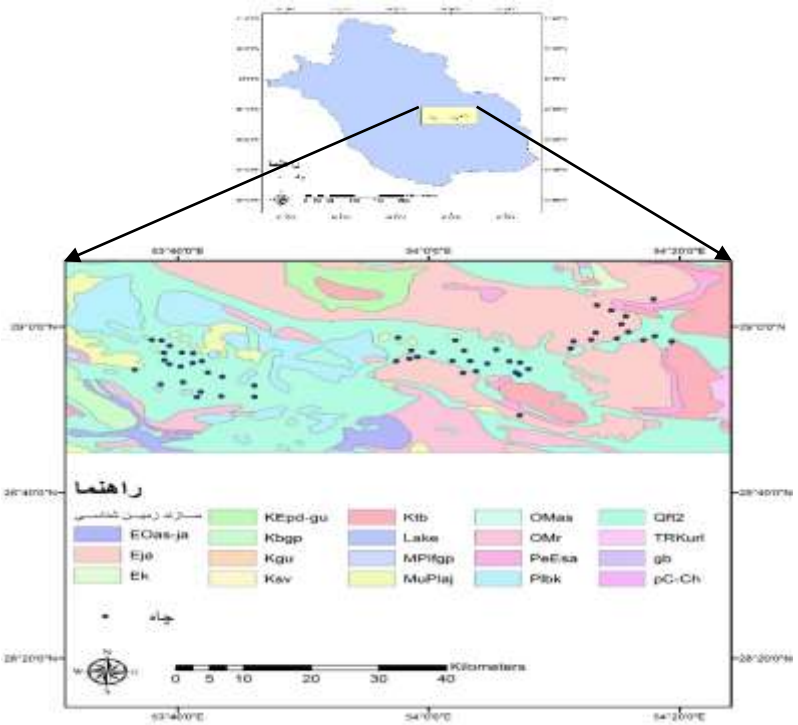
Archive of SID

آب نتایج مطلوبی را توصیف می‌کند. امیری و همکاران(۱۳۹۲) در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت زنجان، از آنتروپی وزن‌دار شاخص کیفیت آب استفاده کردند. آنها در این مطالعه به بررسی ۱۲ پارامتر در ۵۹ نمونه آب زیرزمینی پرداختند. نتایج نشان دادکه ۵/۰۸ درصد نمونه‌های مورد بررسی دارای رتبه ۱ و از کیفیت بسیار خوبی برای مصرف شرب برخوردار هستند. روحانی و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی پایداری تغییرات کیفیت شیمیایی آب سطحی در رودخانه گرگانرود از تئوری آنتروپی شانون برای وزن دهی پارامترهای موجود استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشترین تاثیر مربوط به پارامترهای SAR و Mg است که در ارتباط با تشکیلات زمین‌شناسی هم‌خوانی دارد.هدف از این پژوهش که در آب‌های زیرزمینی دشت فسا انجام شد، مقایسه تاثیر پارامترهای هم‌وزن وپارامترهای وزن-دارشده به روش تئوری آشفتگی در نتایج شاخص کیفیت آب است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت فسا با مساحت حدود ۴۵۰۰ کیلومتر مربع در استان فارس واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از لحاظ موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی ۲۰ ۳۰ °۵۳ تا ۱۲ ۲۲ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ ۴۲ °۲۸ تا ۱۰ ۱۰ °۲۹قرار گرفته است. ارتفاع متوسط این دشت ۱۳۷۰ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی سالانه در حدود ۳۵۰ میلیمتر در سال است. از نظر مرفولوژی و زمین شناسی شامل ناودیس بزرگی است که اطراف آن توسط کوه‌ها احاطه شده است. این دشت از آبرفت‌های دوره کواترنری پوشیده شده است. نسبتا هموار بوده و پستی و بلندی چندان زیادی ندارند. ارتفاع این دشت در هیچ نقطه‌ای کمتر از ۱۱۰۰ متر نیست و شیب آن حدود یک الی سه درصد می‌باشد. آب‌های زیرزمینی این دشت یکی از مهمترین منابع جهت استفاده شرب و کشاورزی ساکنان این دشت به حساب می‌آید (صیف و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۱: موقعیت دشت فسا در استان فارس و محل قرار گیری چاه های مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی دشت فسا

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌برداری

به منظور انجام این پژوهش از داده‌های کیفی ۵۵ نمونه آب زیرزمینی واقع در دشت فسا استفاده شد. این نقاط شامل چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و با کاربری‌های مختلف بودند. در انتخاب نقاط نمونه‌برداری سعی بر این بود که نقاط نمونه از همگنی و پراکنش قابل قبولی در دشت مورد مطالعه برخوردار باشند تا به نوعی پیوستگی مکانی متغیرها حفظ شود. پراکنش نقاط نمونه‌برداری درشکل ۱ مشخص شده است. در ادامه ۹ پارامتر شیمیایی شامل نیترات (NO_3)، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، سدیم(Na)، کلسیم (Ca)، منیزیم(Mg)، کلر (Cl)، سولفات (SO_4) وکل مواد جامد محلول (TDS) به منظور تعیین کیفیت آب زیرزمینی در نظرگرفته شدند.

محاسبه وزن‌های شاخص کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از تئوری آشفتگی یا آنتروپی شانون

شانون مفهوم اطلاعات علمی یا آنتروپی اطلاعاتی را تحت عنوان آنتروپی شانون معرفی کرد. آنتروپی را می‌توان به عنوان معیاری از میزان آشفتگی در داخل سیستم تعریف نمود. در واقع آنتروپی شانون مقدار عدم قطعیت داده‌های پیش‌بینی شده از یک رخداد تصادفی را بیان می‌کند. وجود اطلاعات مشخص در یک مسئله که سبب کاهش و یا از بین رفتن عدم قطعیت می‌گردد، می‌تواند به عنوان یک شاخص در آنتروپی استفاده شود(Shannon, 1948). بنابراین اطلاعات و عدم قطعیت به عنوان دو مولفه که اطلاعات بدست آمده را تشریح می‌کنند به صورت اندازه‌گیری غیر مستقیم از مقدار عدم قطعیت کاهش یافته بدست می‌آیند. آنتروپی شانون به صورت زیر قابل تعریف است: تعداد n داده به صورت $x \in \{x_1, x_2, ... x_n\}$ با احتمال $p(x_1)$ ، $p(x_2)$ ، ... و $p(x_n)$ مفروض است. میزان آنتروپی که یک مقدار واقعی غیر صفر، جمع پذیر و یک تابع پیوسته با احتمال p است به صورت زیر تعریف می‌شود (Shyu et al., 2001):

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} p_i . \log_2 p_i \qquad (۱)$$

که $H(X)$ مقدار آنتروپی و p_i میزان احتمال x_i می‌باشد.

برای محاسبه وزن هر یک از پارامترهای کیفی آب بر اساس آنتروپی شانون به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

اگر تعداد m نمونه آب در دسترس باشد و تصمیم بر ارزیابی کیفی آب بر اساس n پارامتر باشد، بر اساس داده‌های مشاهداتی ماتریس مقادیر ویژه X به صورت زیر خواهد بود:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

در ادامه باید آماده سازی داده‌ها را به منظور کاهش تاثیر ایجاد شده توسط اختلاف واحد پارامترهای کیفی مختلف انجام داد. بر این اساس با استفاده از تابع زیر نرمال سازی داده‌ها انجام شد:

$$y_{ij} = \frac{(x_{ij})_{\max} - x_{ij}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}} \qquad (۳)$$

پس از نرمال سازی داده‌های خام، ماتریس استاندارد داده‌ها به صورت زیر خواهد بود:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۴)$$

در ادامه باید نسبت مقدار شاخص مربوط به پارامتر j در نمونه i را بر اساس معادله زیرمحاسبه کرد:

$$P_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} y_{ij}} \qquad (۵)$$

آنتروپی اطلاعات نیز به صورت رابطه زیر بیان می‌شود:

www.SID.ir

Archive of SID

$$e_j = -\frac{1}{\ln m}\sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln p_{ij} \qquad (۶)$$

هر چه مقدار آنتروپی کمتر باشد، تاثیر پارامتر i بیشتر خواهد بود. پس از محاسبه میزان آنتروپی، وزن آنتروپی w_i هر پارامتر j با استفاده از رابطه زیر بدست آمد:

$$w_i = \frac{1-e_i}{\sum_{m}^{n}(1-e_j)} \qquad (۷)$$

محاسبه شاخص کیفیت آب زیر زمینی

برای محاسبه شاخص کیفیت آب، در ابتدا لازم است معیار رتبه بندی کیفی q_i برای هر یک از پارامترها تعیین شود. برای این منظور از فرمول زیر استفاده می-شود:

$$q_i = \frac{C_j}{S_j} \times 100 \qquad (۸)$$

که در این رابطه C_j غلظت هر پارامتر شیمیایی در هر نمونه (mg/lit) و S_j غلظت همان پارامتر بر اساس یک استاندارد ارزیابی کیفیت آب جهت استفاده شرب (mg/lit) می‌باشد. در این تحقیق از استانداردهای کیفی سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای آب شرب در محاسبه شاخص کیفیت آب زیزمینی (GWQI) استفاده شد. در این رابطه اگر پارامتر j در آب موجود نباشد، q_j برابر صفر خواهد بود. همچنین اگر مقدار این پارامتر برابر مقدار مجاز باشد، q_j برابر ۱۰۰ خواهد بود.

در انتها شاخص کیفیت آب بر اساس آنتروپی شانون از ضرب مقدار وزن آنتروپی و معیار رتبه‌بندی‌کیفی هر پارامتر در هم و جمع تمامی این مقادیر با هم بدست می‌آید (Jian-Hua, 2011):

$$EWQI = \sum_{j=1}^{n} w_j q_i \qquad (۹)$$

در روشی دیگر شاخص کیفیت آب بر اساس معادله شماره ۹ و با یکسان فرض کردن وزن پارامترهای مورد بررسی، محاسبه گردید، با توجه به اینکه تعداد پارامترهای مورد بررسی ۹ پارامتر بود، لذا وزن هر یک از پارامترها ۰/۱۱ بدست آمد.

با توجه به مقادیر EWQI ، مطابق جدول ۱ می‌توان آب زیرزمینی را از نظر کیفیت شرب در ۵ رده بسیار خوب، خوب، متوسط، بد و بسیار بد قرار داد (Mishra and Patel, 2001).

جدول (۱): رده بندی کیفیت آب شرب بر اساسEWQI(Mishra and Patel, 2001).

EWQI	رتبه	کیفیت آب
کمتر از ۲۵	۱	بسیار خوب
۲۵ تا ۵۰	۲	خوب
۵۰ تا ۷۵	۳	متوسط
۷۵ تا ۱۰۰	۴	بد
بیش از ۱۰۰	۵	خیلی بد

در ادامه به منظور بررسی تفاوت احتمالیو معنادار بودن این تفاوت در نتایج ارزیابی کیفیت آب با استفاده از دو روش، از مقایسه دو گروه مستقل استفاده شد و نتایج در دو سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ مورد آنالیز قرار گرفت.جهت بررسی بهترین نتیجه در ارزیابی کیفیت آب با استفاده از دو روش مورد تحقیق، از دیاگرام شولر استفاده شد. دیاگرام شولر یک نمودار نیمه لگاریتمی است که کیفیت آب را از نظر شرب طبقه بندی می‌کند. در جدول (۲) طبقه بندی کیفی و رتبه‌بندی آب شرب بر اساس دامنه پارامترهای شیمیایی به روش شولر بیان شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲): طبقه بندی کیفیت آب طبق روش شولر(Sholler, 1964)

کیفیت آب	TDS	TH	Na	Cl	SO_4	رتبه
خوب	<۵۰۰	<۲۵۰	<۱۱۵	<۱۷۵	<۱۴۰	۱
قابل قبول	۵۰۰ – ۱۰۰۰	۲۵۰ - ۵۰۰	۱۱۵ – ۲۳۰	۱۷۵ – ۳۵۰	۱۴۰ - ۲۸۰	۲
نامناسب	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۵۰۰ - ۱۰۰۰	۲۳۰ – ۴۶۰	۳۵۰ – ۷۰۰	۲۸۰ - ۵۶۰	۳
بد	۲۰۰۰ - ۴۰۰۰	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۴۶۰- ۹۲۰	۷۰۰ – ۱۴۰۰	۵۶۰ - ۱۱۲۰	۴
موقتا قابل شرب	۴۰۰۰ - ۸۰۰۰	۲۰۰۰ - ۴۰۰۰	۹۲۰ - ۱۸۴۰	۱۴۰۰ – ۲۸۰۰	۱۱۲۰ - ۲۲۴۰	۵
غیر قابل شرب	>۸۰۰۰	>۴۰۰۰	>۱۸۴۰	>۲۸۰۰	>۲۲۴۰	۶

برای این منظور ضریب همبستگی اسپیرمن بین رتبه-های کیفیت آب ۵۵ چاه بر اساس دیاگرام شولر و رتبه-های کیفیت آب توسط روش‌های وزن‌دار شده با استفاده از تئوری آنتروپی شانون و وزن‌های برابر محاسبه گردید. بهترین روش، ضریب همبستگی بیشتری با رتبه‌های دیاگرام شولر خواهد داشت. ضریب همبستگی اسپیرمن برای بررسی همبستگی بین داده-های با مقیاس نسبتی و فاصله‌ای به کار می‌رود. ضریب همبستگی اسپیرمن از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$r_s = 1 - \frac{6\left(\sum {d_i}^2\right)}{n(n^2-1)}$$

که در آن r_s ضریب همبستگی اسپیرمن، n: تعداد مشاهده‌ها و d_i: تفاوت دو رتبه است. ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن همواره بین ۱+ و ۱- تغییر می‌کند (بی همتا و زارع چاهوکی، ۱۳۹۰).

تحلیل خوشه‌ای

یک روش مناسب برای طبقه‌بندی مکانی کیفیت آب به گروه‌های مشابه، استفاده از تحلیل خوشه‌ای است. هدف اصلی در تحلیل خوشه‌ای جستجوی دسته‌های طبیعی متغیرهاست. در حقیقت با استفاده از تحلیل خوشه‌ای می‌توان تقسیم‌بندی ذاتی بین نمونه یا متغیرها را شناسایی نمود. خوشه‌بندی متراکم سلسله مراتبی، رایج‌ترین روش تحلیل خوشه‌ای است که ارتباط همسان ذاتی را بین هر کدام از نمونه‌ها و نیز همه داده‌ها فراهم می‌کند و معمولا با یک نمودار درختی نشان داده می-شود. برای تقسیم‌بندی داده‌ها به گروه‌های مشخص از فاصله اقلیدسی به عنوان سنجش تشابه نمونه‌ها با یکدیگر و برای انتخاب روش اتصال بین خوشه‌ها نیز روش وارد بکار برده شد (Guler et al., 2002)

در پایان با استفاده از نرم افزار ArcGIS 9.3 و درون‌یابی به روش وزن‌دهی معکوس فاصله‌ای (IDW) عمل پهنه-بندی کیفیت چاه‌های محدوده مورد مطالعه و با توجه به نقشه کاربری اراضی انجام گرفت.

نتایج و بحث

در این پژوهش ۹ پارامتر شیمیایی جهت تعیین کیفیت ۵۵ نمونه آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۳ خلاصه خصوصیات آماری ۵۵ نمونه استفاده شده به همراه استاندارد WHO برای آب شرب ارائه شده است.

www.SID.ir

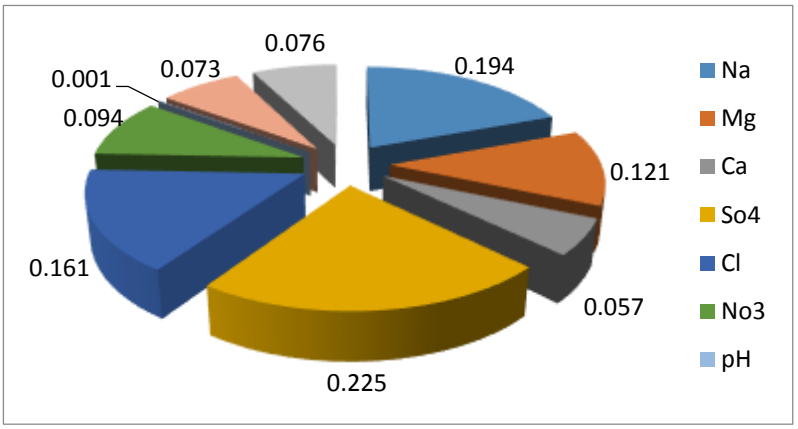
Archive of SID

جدول (۳): خلاصه آمار توصیفی پارامترهای مورد مطالعه و حد مطلوب WHO برای آب شرب

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حد مطلوب WHO
EC(µmhos/cm)	۲۶۳	۴۲۸۳	۱۰۰۳	۹۰۲/۷	۵۰۰
pH	۶/۹۳	۷/۹	۷/۳۸	۰/۲۵	۸
Na(mg/lit)	۰/۰۳	۱۹/۱۲	۱/۷۸	۲/۸۴	۲۰۰
Ca(mg/lit)	۲	۱۹	۴/۵۷	۳/۷۶	۳۰۰
Mg(mg/lit)	۰/۱۵	۲۲/۵	۳/۹۴	۴/۳۲	۳۰۰
Cl(mg/lit)	۰/۱۵	۱۹/۵	۲/۷۲	۳/۵۰	۲۰۰
No_3(mg/lit)	۰/۶۳	۴۳/۱	۱۳/۸	۱۲	۵۰
SO_4(mg/lit)	۰/۰۵	۲۷/۸	۳/۸۳۵	۵/۸۲	۲۵۰
TDS(mg/lit)	۱۷۴	۲۷۹۰	۶۵۸/۲	۵۷۸/۳	۶۰۰

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود، مقدار حداقل تمامی پارامترها کمتر از حد مطلوبWHO برای آب شرب است. همچنین مقدار میانگین و حداکثر تمامی پارامترها به جز پارامتر EC و TDS نیز کمتر از مقدار حد مطلوبWHO برای شرب است. بنابراین در اولین نگاه می توان بیان داشت که کیفیت آب چاه ها از لحاظ شرب در وضعیت مطلوبی قرار دارند. بررسی مقادیر EC و TDS چاه ها نیز نشان داد که به ترتیب ۵۷ و ۶۶درصد چاه ها دارای مقادیر کمتر از حد مطلوب هستند. بنابراین غالب چاه‌ها دارای کیفیت خوبی از لحاظ EC و TDS هستند. مقادیر بالای انحراف معیار این دو پارامتر گویای این مطلب است.

در شکل زیر نمودار میزان تاثیر هر یک از پارامترها در تعیین کیفیت آب نشان داده شده است. همانطور که در شکل ملاحظه می شود، سولفات با مقدار عددی ۰/۲۲۵ بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. سدیم و کلر به ترتیب با مقدار وزن ۰/۱۹۴ و ۰/۱۶۱ در رتبه های دوم تا سوم قرار دارند. کمترین وزن مربوط به پارامتر اسیدیته است که میزان آن ۰/۰۰۱ است. بنابراین می توان اظهار داشت سولفات بیشترین تاثیر و اسیدیته کمترین تاثیر را در طبقه بندی کیفیت آب دارند.



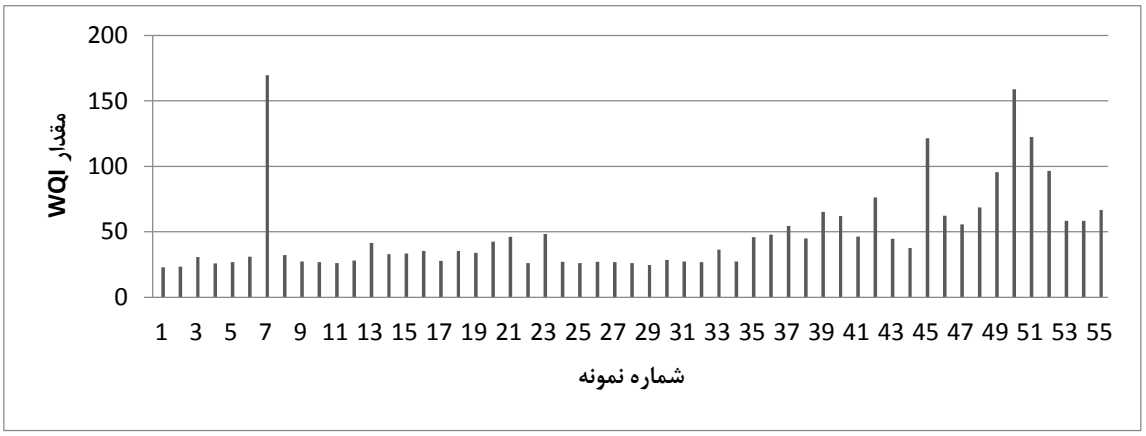
شکل (۲): نمودار مربوط به وزن هر یک از پارامترها بر اساس آنتروپی شانون

در ادامه، شاخص کیفیت آب از دو طریق محاسبه شد. در حالت اول وزن پارامترها یکسان در نظر گرفته شد که نتایج مقدار شاخص کیفیت آب چاه های مورد بررسی در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که

www.SID.ir

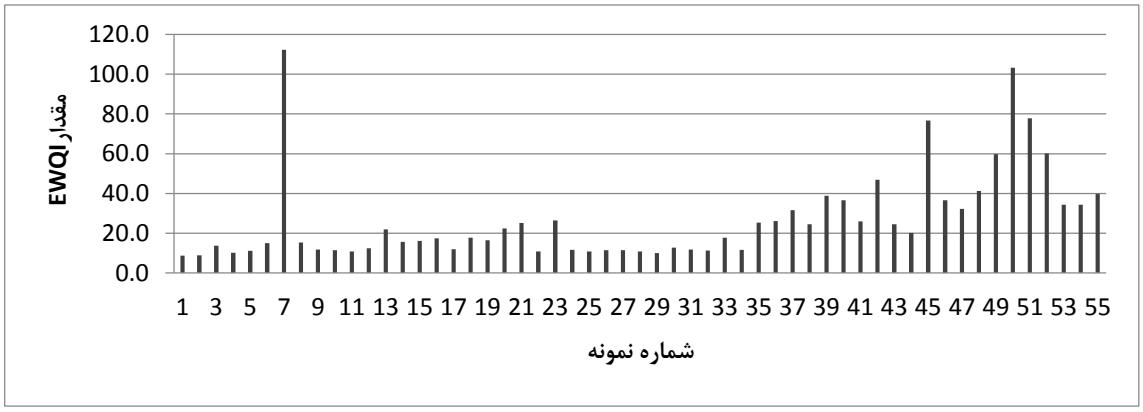
Archive of SID

در این شکل مشاهده می شود، اکثر چاه ها در وضعیت خیلی خوب و خوب هستند(۲۵<WQI<۵۰).



شکل (۳): نتایج شاخص کیفیت آب زیرزمینی بر اساس وزن‌های یکسان در چاه های مورد مطالعه

نمودار شکل ۴ شاخص کیفیت آب زیرزمینی وزن دار شده توسط آنتروپی شانون را نشان می دهد. همان طور که در شکل مشخص است بیشتر چاه ها در وضعیت خیلی خوب (EWQI<۲۵) قرار دارند. بالا بودن مقادیر EWQIدر نمونه هایی نظیر نمونه های ۷، ۴۵ و ۵۰ به علت بالا بودن مقادیر EC، TDS و NO_3 است که علاوه بر خصوصیات زمین شناسی محل و وجود رسوبات تبخیری، استفاده از سموم کشاورزی را می‌توان از دلایل آن بر شمرد. همچنین وجود هم‌افزایی مقادیر منفی پارامترهای موثر در کیفیت آب سبب این اختلاف معنی-دار شده است.



شکل (۴): نتایج شاخص کیفیت آب زیرزمینی بر اساس تئوری آنتروپی شانون در چاه های مورد مطالعه

مقایسه نتایج دو نمودار (شکل ۳ و ۴) نشان می دهد که استفاده از پارامترهای هم وزن در محاسبه شاخص کیفیت آب مقادیر متناظر بیشتری نسبت به روش دیگر ارائه می کند. با توجه به تفاوت در نتایج محاسبه شاخص کیفیت آب لزوم استفاده از آزمون t مستقل در بررسی معنی دار بودن این تفاوت احساس شد.

جدول ۴ نتایج آزمون t مستقل را نشان می دهد. با توجه به مقدار .sig برای آزمون لیون که ۰/۰۸۶ (بزرگتر از ۰/۰۱) است، بنابراین واریانس این دو گروه با هم برابرند و باید از قسمت فرض برابری واریانس دو گروه، آزمون t را تعیین کرد که کمتر از ۰/۰۱ است. از این رو نتیجه می شود که بین نتایج کیفیت آب در استفاده از پارامترهای هم وزن و پارامترهای وزن دار شده به

www.SID.ir

Archive of SID

روش تئوری آنتروپی شانون در سطح معنی دار یک درصد اختلاف معنی داری وجود دارد و نتایج این دو گروه با یکدیگر متفاوت هستند.

جدول ۴: نتایج آزمون لیون و t مستقل

	آزمون لیون		آزمون t مستقل		
	F	Sig.	T	d. f	Sig.
فرض برابری واریانس دو گروه	۳	۰/۰۸۶	-۴/۰۸۹	۱۰۸	۰/۰۰۰**
فرض نابرابری واریانس دو گروه			-۴/۰۸۹	۹۶/۷	۰/۰۰۰

**همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است.

به منظور بررسی و مقایسه توانایی روش آنتروپی نسبت به روش استفاده از پارامترهای هم وزن، رتبه کیفیت آب هر یک از چاه ها با رتبه کیفی آب از طریق دیاگرام شولر مقایسه و میزان ضریب همبستگی رتبه ای اسپیرمن آن ها محاسبه شد. نتایج ضریب همبستگی رتبه ای اسپیرمن در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به جدول، رتبه های کیفیت آب به شیوه ارزیابی با استفاده از پارامترهای وزن دار شده به روش تئوری آنتروپی شانون با ضریب همبستگی ۰/۹۲۶ نسبت به روش دیگر همبستگی بیشتری را با طبقه بندی شولر نشان می‌دهد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که استفاده از پارامترهای وزن دار شده به روش تئوری آنتروپی شانون نتایج بهتری را ارائه می دهد

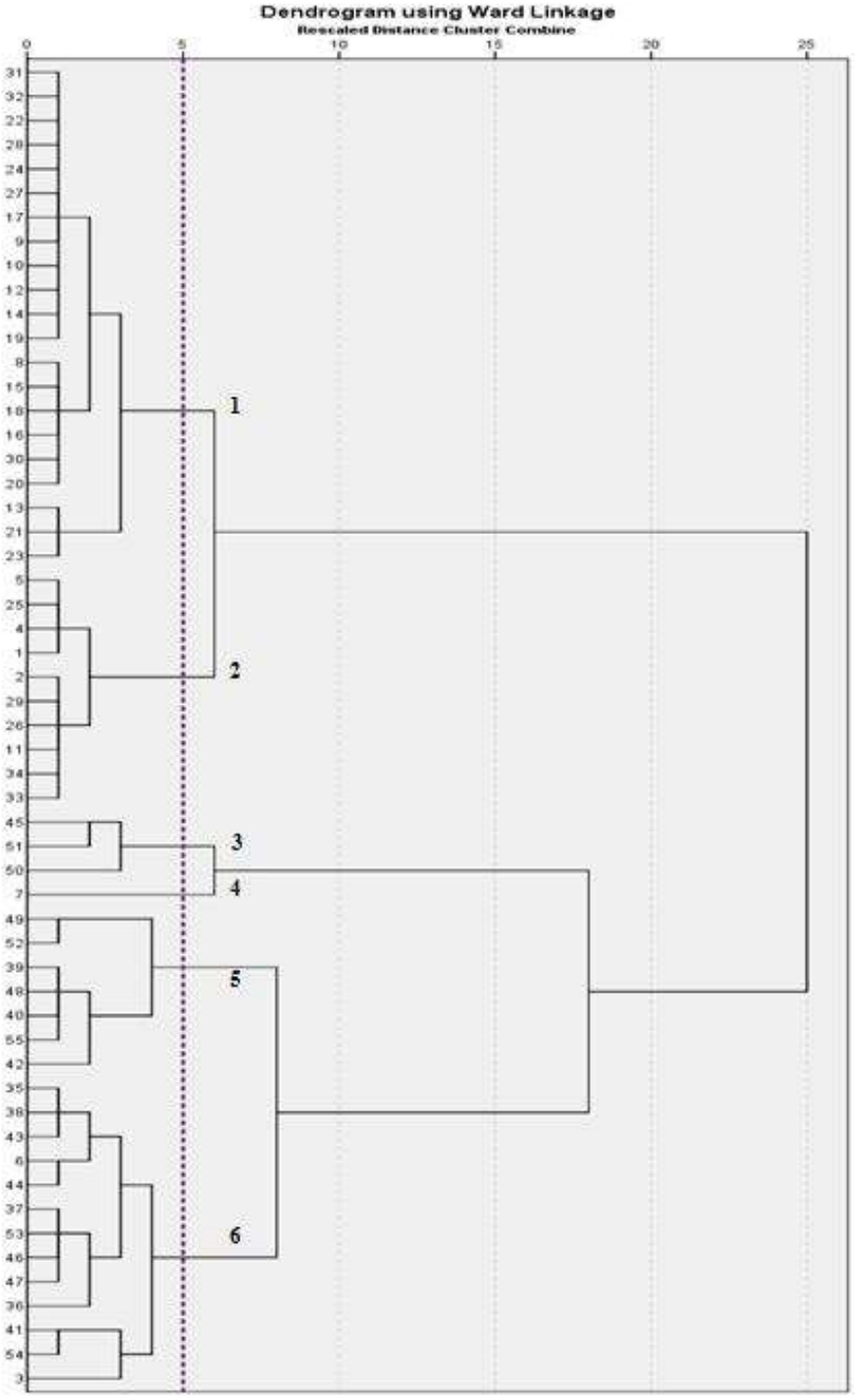
جدول (۵): ضریب همبستگی اسپیرمن بین رتبه های کیفیت آب به روش شولر و دو شیوه متفاوت ارزیابی کیفیت آب

	رتبه های کیفیت آب به شیوه ارزیابی با استفاده از پارامترهای هم وزن	رتبه های کیفیت آب به شیوه ارزیابی با استفاده از پارامترهای وزن دار شده به روش تئوری آنتروپی شانون
رتبه های کیفیت آب به شیوه ارزیابی شولر	۰/۷۶۷	۰/۹۲۶

با استفاده از ۹ پارامتر شیمیایی آب، ۵۵ چاه مورد مطالعه با استفاده از روش آنالیز خوشه ای مورد طبقه بندی قرار گرفتند که نتایج آن به صورت دندروگرام در شکل زیر نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص شده است، در سطح تشابه ۸۰ درصد چاه ها در شش خوشه طبقه بندی شده اند. مبنای این طبقه بندی این است که اعضای درون یک گروه بیشترین شباهت با یکدیگر و بیشترین تفاوت با گروه های دیگر را داشته باشند. بر اساس نتایج رتبه بندی کیفیت آب توسط سازمان بهداشت جهانی، خوشه اول و دوم دارای آب هایی با کیفیت بسیار خوب هستند. از این بین کیفیت آب چاه های خوشه دو نسبت به خوشه یک نیز بسیار بهتر است. گروه سوم شامل چاه هایی با کیفیت بد و بسیار بد و گروه چهارم که تنها شامل یک چاه است دارای کیفیت بسیار بد است. گروه پنجم دارای چاه هایی با کیفیت خوب تا متوسط و خوشه ششم شامل چاه هایی با کیفیت خیلی خوب و خوب است.

www.SID.ir

Archive of SID

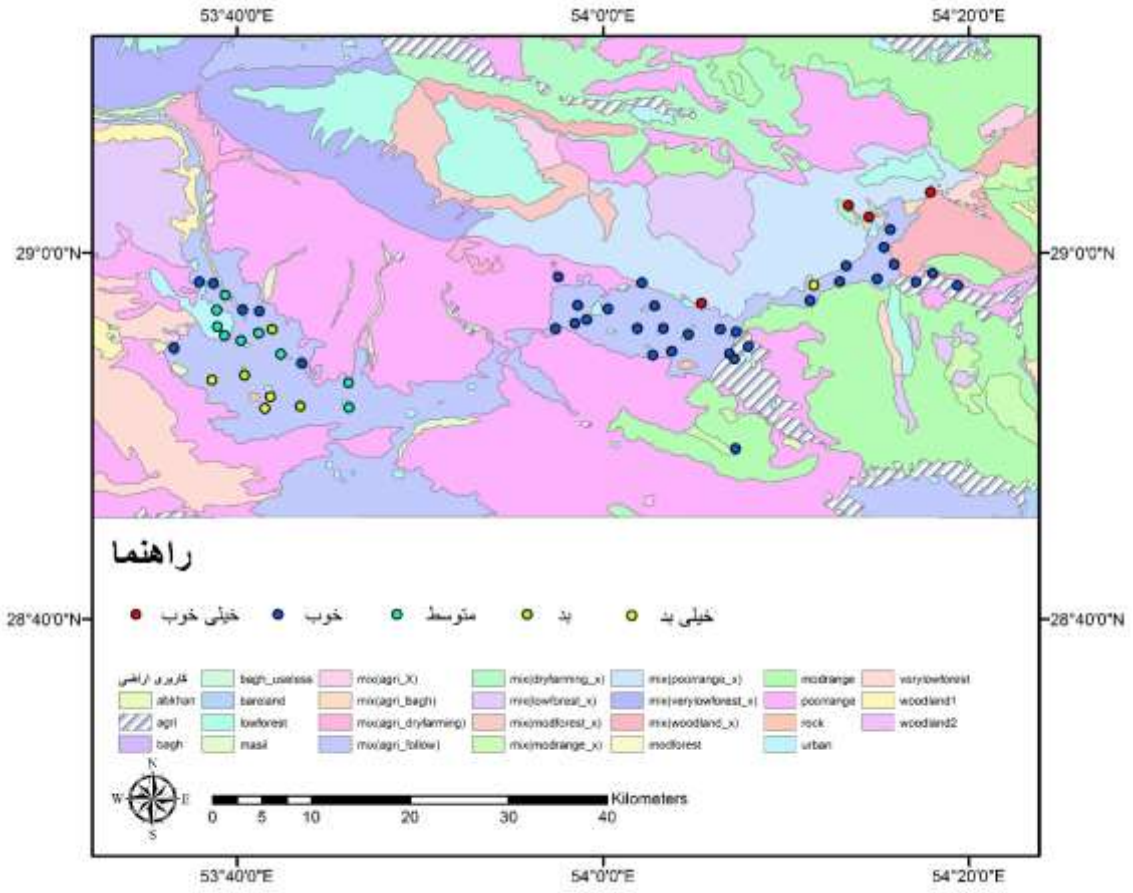


شکل (۵): نمودار خوشه بندی چاه های مورد مطالعه در سطح تشابه ۸۰ درصد بر اساس پارامترهای شیمیایی

نتایج پهنه بندی کیفیت آب با استفاده از GIS در شکل های ۶ (پارامترهای هم وزن) و ۷(پارامترهای وزن دار شده به روش آنتروپی شانون) نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۶ مشخص است غالب چاه ها در رتبه کیفی خوب و متوسط قرار دارند. این چاه در مکان هایی با کاربری کشاورزی و مرتع فقیر حفر شده اند.

www.SID.ir

Archive of SID

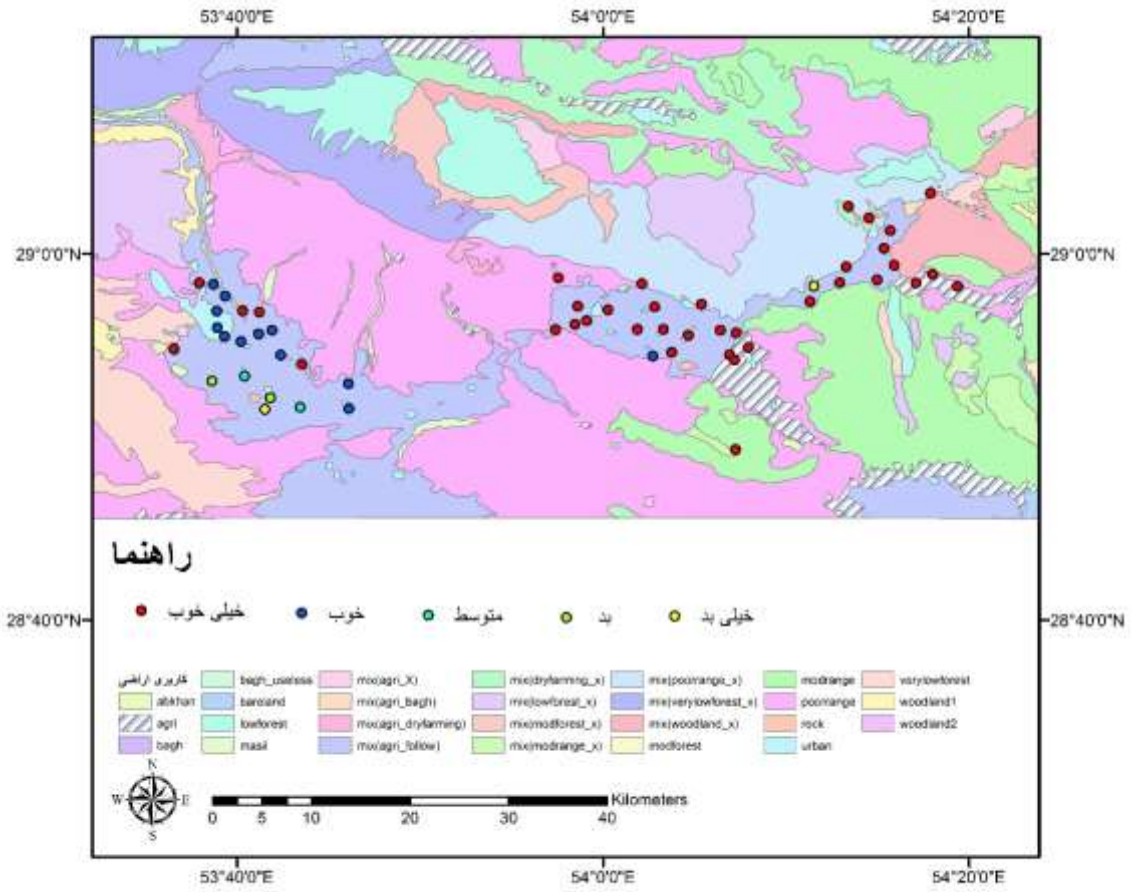


شکل (۶): موقعیت قرار گیری چاه ها ورتبه بندی آن ها بر روی نقشه کاربری اراضی (پارامترهای شیمیایی دارای وزن های برابر هستند)

شکل ۷ پهنه بندی و رتبه بندی چاه های مورد مطالعه را بر روی نقشه کاربری اراضی نشان می دهد. لازم به ذکر است پارامترها مورد بررسی بر اساس تئوری آنتروپی شانون وزن دار شده اند. چاه های مورد مطالعه بر این اساس در رتبه های خیلی خوب و خوب قرار دارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۷): موقعیت قرار گیری چاه ها و رتبه بندی آن ها بر روی نقشه کاربری اراضی (پارامترهای شیمیایی بر اساس آنتروپی شانون وزن دار شده اند)

اگرچه هدف اصلی این پژوهش بررسی اهمیت وزن پارامترهای شیمیایی در ارزیابی نتایج شاخص کیفیت آب و مقایسه با نتایج مشابه در حالت استفاده از پارامترهای هم وزن بود، اما در این میان کیفیت آب زیرزمینی دشت فسا نیز مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به خلاصه نتایج آماری پارامترهای شیمیایی آب در منطقه مورد مطالعه، به استثناء پارامترهای EC و TDS تمامی پارامترها در وضعیت بسیار رضایت بخشی قرار داشتند. البته این بدین معنی نیست که مقادیر ذکر شده در تمامی نمونه ها ایجاد محدودیت می کنند. با توجه به نتایج بدست آمده حدود ۲۴ و ۱۹ چاه به ترتیب دارای مقادیر EC و TDS بیش از حد استاندارد WHOبودند که در این نمونه ها نیز بسته به اینکه چه مقدار از این حدفاصله داشتند، کیفیت ها متفاوت بود. مقادیر بالای EC بیشتر ناشی از فعالیت های کشاورزی و فاضلاب های شهری است. همچنین اثری که TDS در مقادیر بالا می تواند داشته باشد این است که سبب افزایش کدورت شده و در نتیجه شفافیت و کیفیت آب را کاهش می دهد.

مقدار وزن آنتروپی نشان دهنده پایدار بودن کیفیت آب زیرزمینی از نظر پارامتر مورد نظر است، بطوری که مقادیر وزن آنتروپی کمتر نشان دهنده تغییرات کیفیت آب زیرزمینی است(Guey-Shin et al., 2011). به عبارت دیگر اگر وزن آنتروپی پارامتری پایین باشد، تغییرات آن زیاد بوده و در محیط آبخوان ناپایدار است و هر چه وزن آنتروپی یک پارامتر بیشتر باشد، تغییرات آن کمتر بوده و در آبخوان پایدارتر است. علاوه بر این بالابودن وزن آنتروپی نشان از تاثیر زیاد آن پارامتر در

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت آب دارد. در منطقه مورد مطالعه بیشترین وزن آنتروپی مربوط به پارامترهای سولفات، سدیم و کلر بود که نشان از تغییرات پایدار و یکنواخت این پارامترها در آب زیرزمینی منطقه دارد. کمترین وزن آنتروپی نیز مربوط به اسیدیته آب بود. پارسامهر و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میقان با استفاده از تئوری آنتروپی شانون کمترین وزن را مربوط به اسیدیته دانستند. شو و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی کیفیت آب با استفاده از تئوری آنتروپی در تایوان بیان داشتند که پارامترهایی که بالاترین وزن آنتروپی را دارند، بیشترین تاثیرگذاری را بر کیفیت آب دارند.

با توجه به همبستگی بالای رتبه های کیفیت آب چاه ها به روش دیاگرام شولر با رتبه های کیفی آب چاه ها به روش آنتروپی شانون، کارایی و توانایی این روش در مقایسه با استفاده از پارامترهای هم وزن مشخص شد. اصغری مقدم و ودیعتی (۱۳۹۵)با مقایسه نمودار شولر و روش آنتروپی بیان داشتند روش آنتروپی در بیان تاثیر پارامترهای موثر بر کیفیت آب زیرزمینی و همچنین رده بندی کیفیت آب زیرزمینی توانایی بالاتری دارد.

نتیجه گیری

در این مطالعه محاسبه شاخص کیفیت آب بر اساس پارامترهای هم وزن و پارامترهای وزن دار شده به روش تئوری آنتروپی شانون انجام شد. نتایج کیفیت آب زیرزمینی در هر دو روش نشان از کیفیت خوب اکثر چاه ها داشت. اما روش دوم مقادیر شاخص کیفیت آب کمتری را در مقایسه با روش اول نشان می‌داد. این تفاوت ناشی از تاثیر وزن پارامترها بود. چون در روش استفاده از تئوری آنتروپی شانون بسیاری از پارامترها وزن بسیار کمی داشته که سبب کاهش عدد نهایی می-شود. اما در روش استفاده از پارامترهای هم‌وزن مقدار وزن همه پارامترها ثابت و ۰/۱۱ است. این امر سبب می‌شود که بسیاری از پارامترهای کم تاثیر، دارای وزن بیشتری نسبت به واقعیت داشته و در ادامه روند محاسبات، با افزایش مقدار خود به صورت کاذب، کیفیت آب را بدتر از حالت واقعی خود نشان دهند. بنابراین این امر سبب می شود مدیران بخش‌های منابع آب در تخصیص آب متناسب با کیفیت مورد نیاز هر کاربری، اشتباه کرده و موجب هدر رفت آب با کیفیت شوند. استفاده از آزمون‌های آماری نیز تفاوت معنی‌دار موجود در نتایج حاصل از دو روش را تایید کرد. بنابراین آگاهی از میزان تاثیر هر یک از پارامترها بسیار مهم است. در استفاده از تئوری آشفتگی یک ارتباط سیستماتیک بین تمامی پارامترها در نمونه‌های مختلف برقرار می‌شود و با در نظر گرفتن این ارتباط به محاسبه EWQI پرداخته و آن‌ها را رتبه‌بندی می‌کند.

منابع

آبی‌زاده، ا.، ۱۳۸۱. نگرشی بر قنات با محوریت آموزش و احیاء فناوری بومی، فرهنگ و معماری ایرانی. دو فصلنامه معماری و شهرسازی آرمان شهر، دوره ۳، شماره ۵، ص۲۲-۱.

آخونی پورحسینی، ف.، و قربانی، م. ح.، ۱۳۹۵. کاربرد آنتروپی شانون در تعیین موثرترین پارامتر شیمیایی در کیفیت آب های سطحی (حوضه صوفی چای). مجله محیط زیست و مهندسی آب. دوره ۲، شماره ۴، ص۳۱۶-۳۰۴.

اصغری مقدم، ا.، ودیعتی، م.، ۱۳۹۵. رتبه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت سراب برای مصارف شرب با استفاده از روش آنتروپی. مجله دانش آب و خاک، شماره ۳، بخش ۲، ص ۱۳-۱.

امیری، و.، نخعی، م.، و سهرابی، ن.، ۱۳۹۲. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس آنتروپی وزن دار شاخص کیفیت آب. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته. دوره ۳، شماره ۷، ص ۳۹-۳۱.

www.SID.ir

Archive of SID

بی‌همتا، م. ر.، زارع چاهوکی، م. ع.، ۱۳۹.، اصول آمار در علوم منابع طبیعی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص۳۲۲.

پارسامهر، ا. ح.، ملکی نژاد، ح.، خسروانی، ز. ۱۳۹۷. بررسی تئوری آنتروپی شانون در وزن‌دار کردن شاخص کیفیت آب (مطالعه موردی: دشت میقان). پژوهش آب ایران، دوره ۱۲، شماره ۲۹، ص ۱۱۰-۱۰۱.

پورمقدس، ح.، ۱۳۸۱. بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه لنجانات اصفهان. فصلنامه مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دوره ۱، شماره ۴، ص ۴۰-۳۱.

حمیدیان، ل.، معراجی، س. ح.، فیجانی، ا.، و بطالبلویی، ص.، ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفی آب. هیدروژئولوژی، دوره ۲، شماره ۱، ص۴۴-۳۱.

روحانی، ح.، زکی، ا.، کاشانی، م.، فتح آبادی، ا.، ۱۳۹۴. ارزیابی پایداری تغییرات کیفیت شیمیایی آب سطحی در رودخانه گرگانرود. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۲، ص ۱۴۰-۱۲۹.

شرکت سهامی آب منطقه ای فارس، ۱۳۸۷. گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوزه آبریز رودخانه مند و حوزه های بسته هرم، کامیان و خنج (جلد سوم)، بخش ۵، بیلان محدوده مطالعاتی فسا، ۹۳ صفحه.

صیف، م.، م ساعدی، ا.، محمدزاده، ح.، ۱۳۹۰. ارزیابی تاثیر خ شکسالی بر افت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان دشت فسا)، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۲۳ آذر ۱۳۹۰، دانشگاه تربیت معلم تهران.

Guey-Shin, S., Bai-You, C., Chi, T. C., Pei, H. Y., Tsun, K. C.,2011. Applying factor analysis combined with kriging and information entropy theory for mapping and evaluating the stability of groundwater quality variation in Taiwan. International Journal of Environmental Resources and Public Health, 8: 1084-1109.

Güler, C., Thyne, G. D., McCray, J. E., Turner, K. A.,2002. Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. Hydrogeology journal, 10(4): 455-74.

Jian-Hua, W., Pei-Yue, L., Hui, Q.,2011. Groundwater Quality in Jingyuan County, in Northwest China. E-Journal of Chemistry, 8(2): 787-793.

Khadam, I. M., Kaluarachchi, J. J., 2000. Water quality modeling under hydrologic variability and parameter uncertainty using erosion-scaled export coefficients. Journal of Hydrology, 330(1): 354-67.

Krishna, G., Singh, S., Gurjar, S., NC, G.,2016. Assessment of Water Quality Index (WQI) of Groundwater in Rajkot District, Gujarat, India.journal of earth science and climate change, 7(3):123-134.

Lobato,T. C.,HauserDavis, R. A., Oliveir, T. F., Silveira, A. M., Silva, H. A., Tavares, M.R., 2015. Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon. Journal of Hydrology, 522(3): 674-683.

Machiwal, D., Jha, M. K., Mal, B. C.,2011. GIS based assessment and characterization of groundwater quality in a hard-rock hilly terrain of Western India. Environmental Monitoring and Assessment, 174(1-4): 645–663.

Mishra, P. C., Patel, P. K.,2001. Study of the pollution load in the drinking water of Rairangpur, a small tribal dominated town of North Orissa. Indian Journal of Environment and Ecoplanning, 5 (2): 293-298.

Ngoc, H. o.,2012. Total water quality index using weighting factors and standardize in to a parameter. Environment Asia. 5(2): 63-74.

Pei-Yue, L., Hui, Q., Jian-Hua, W.,2010. Groundwater Quality Assessment Based on Improved Water Quality Index in Pengyang County, Ningxia. Northwest China. E-Journal of Chemistry, 7(S1): 209-216.

Ramakrishnaiah, C. R., Sadadhiv, C., Rangnna, G.,2009. Assessment of water quality index for the groundwater in TumkurTaluk, Karnataka State. India.E-Journal of Chemistry, 6(2): 523-530.

www.SID.ir

Archive of SID

Sargaonkar, A., Deshpande, V., 2003. Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. Environmental monitoring and assessment, 89(1): 43-67.

Shannon Claude, E.,1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379–423.

Scholler, H. L.,1964. Classification geochimique des eaux. I.A.S.H. publication. 64(4): 16-24.

Shyu, G. S., Cheng BY, Chiang CT, Yao PH, Chang TK. 2011.Applying Factor Analysis Combined with Kriging and Information Entropy Theory for Mapping and Evaluating the Stability of Groundwater Quality Variation in Taiwan. International Journal of Environment Research and Public Health. 8: 1084-1109.

www.SID.ir

Archive of SID

فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸

Comparison of the Effect of Equal Weights Parameters and Weighted Parameters by Use of Shannon Entropy Theory on Water Quality Index (Case Study: Fasa Plain)

Amir Hossein Parsamehr[1], Mohammad Zare*[2], Zahra Khosravani[3], Alireza Pourbagheri[4]

Abstract

One of the methods to determine the water quality is applying water quality index. This comprises several parameters with different effects on water quality. Therefore, one important problem is to calculate the exact value for each of the parameters. The purpose of the present study is to compare the effects of equal weights and weighted parameters on the results of water quality index in Fasa plain employing Entropy theory. To this end 9 Chemical parameters from 55 groundwater samples were investigated and ranked using the water quality index. Then, the weight of the parameters was calculated with the weights that obtained by the Shannon Entropy method. Thereafter, the significant difference was investigated between two groups. In order to determine the efficiency of each of these two methods, the Spearman's correlation was employed between the rating of wells quality in two methods and the rating of wells quality which was calculated by Sholer diagram. At the end, the clustering and qualitative zoning of wells were plotted. The results showed that there was a significant difference between the results of the water quality index whose weights obtained from the equal weights method and Shannon Entropy method in 0.01 level. Also, the high correlation (0.926) between ratings of wells quality by Sholer diagram method and ratings of wells quality was obtained by Shannon Entropy method indicates the high significance of this method in calculating water quality index.

Keyword: Shanon Entropy, Groundwater, Water Quality Index. Fasa plain.

1- Instructor of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran. Email: parsamehr@fasau.ac.ir

2- Assistant Professor of dry and desert Regions Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.Email: mzernani@yazd.ac.ir

3-Ph. D Student of De-desertification, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran. Email:z.khosravani@gmail.com

4-Instructor of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Fasa University, Fasa, Iran.
Email: pourbagheri@fasau.ac.ir

www.SID.ir