Archive of SID

علـوم محـیـطی سال هشتم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۰
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.8, No.3, Spring 2011

۱۱۷-۱۲۸

توسعه شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی در سطح استان قزوین

عزیر عابسی[۱]، محسن سعیدی[۲*]

۱- *دانشجوی دکتری مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران*

۲- *دانشیار گروه آب و محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران*

تاریخ: دریافت ۸۸/۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۰

چکیده

در این مقاله یک روش پیشنهادی مبتنی بر تحلیل‌های چند متغیره جهت توسعه شاخص کیفی آب زیرزمینی ارائه شده است. روش‌شناسی ارائه شده مبتنی بر سه مرحله کلی انتخاب، استانداردسازی و تجمیع پارامترهای انتخابی در جهت توسعه شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی است که با بهره‌گیری از استانداردهای محلی و منطقه‌ای انجام می‌پذیرد. در این روش، با انتخاب مجموعه از پارامترهای همجنس، مقدار غلظت نرمال ترکیبات از طریق تقسیم غلظت متوسط آن بر حداکثر مجاز مورد اشاره در استانداردهای کیفی، بطور مجزا تعیین و محاسبه می‌گردد. سپس براساس وزن‌های پیشنهادی، شاخص نهایی کیفیت آب زیرزمینی با وزندهی کمیت‌های استاندارد شده بطور مستقل تعیین می‌گردد. به منظور ارزیابی روش پیشنهادی، در این تحقیق از اطلاعات موجود از آب‌های زیرزمینی استان قزوین جهت ارزیابی مطلوبیت شرب آن از نظر محتوی مواد معدنی و پارامترهای عمومی استفاده شده است. با فرض عدم آلودگی آب، در مرحله انتخاب، هشت پارامتر کیفی تاثیرگذار (اعم از K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO^{2-}_4, Cl^- ،TDS و pH) که سابقه اطلاعاتی دقیق‌تری از آن‌ها در دسترس بوده ، انتخاب گردیده است. با استانداردسازی این پارامترها بر اساس استانداردهای کیفی آب شرب ایران و وزندهی این مقادیر، در نهایت مجموعه‌ای از شاخص‌های کمی برای کیفیت آب چاه‌های منطقه مورد مطالعه توسعه داده شد. به منظور ایجاد تصویری مناسب از محدوده مطلوب تغییر این شاخص‌ها و نیز جهت ارزیابی مقایسه‌ای آن‌ها، شاخص‌های بدست آمده به روش فوق با شاخص‌های بدست آمده از آب‌های معدنی مقایسه گردید. ترسیم مقایسه‌ای نتایج بدست آمده بصورت خطوط هم شاخص، در نهایت تصویری واضح از وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دشت قزوین از منظر محتوی مواد معدنی آن فراهم ساخته است. نتایج این مطالعه گویای نزدیکی محتوی املاح معدنی و پارامترهای عمومی آب‌های زیرزمینی برخی از نقاط استان به آب‌های معدنی، که کیفیت شرب آن‌ها مورد تایید است، می‌باشد. بدیهی است تعیین مطلوبیت عمومی آب‌های زیرزمینی برای مصارف شرب علاوه بر بررسی املاح معدنی نیازمند به بررسی سایر پارامترهای درگیر نیز می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آب زیرزمینی، شاخص‌های کیفی، نقشه هم شاخص، آب شرب، استان قزوین.

Groundwater Quality Index Development for Qazvin Province

Ozeair Abessi [1] and Mohesn Saeedi [2*]

1- PhD Student of water engineering, Faculty of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran, Iran.

2- Associate professor, Department of Hydraulics and Environment, Faculty of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran, Iran.

Abstract

In this paper, a simple methodology based on multivariate analysis is developed to create a groundwater quality index (GWQI). The methodology is based on three general stages, selection, standardization and aggregation, to develop a groundwater quality index in an area using regional and local standards. In this method, through selecting a set of similar parameters, standard values of the parameters are obtained by dividing the averaged concentration of parameters by their maximum allowable concentration cited in Iran's Water Quality Standard. Final indices for ground water quality are derived through weighting the standard magnitudes of the parameters. In order to appraise the approach, existing water quality data for the ground water of the Qazvin plateau were used. In the selection phase, eight important parameters (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO^{2-}_4, Cl^-, TDS, pH) for the potability of ground water were selected. These parameters were more accurately monitored and documented in the study area and are very important in desirable drinking water. In order to identify the suitable range of indices, the derived indices were compared with those obtained for some mineral waters. Sketching a comparative ground water iso-index map in the study area makes it possible to have a comprehensive and easily interpretable picture of the ground water quality in the area of Qazvin plateau. Results show the proximity of the derived indices to those obtained for mineral water in some regions of Qazvin Province. It is clear that evaluating the overall suitability of the ground water for drinking usage in an area essentially needs survey of other parameters in addition to those observed here.

Keywords: Groundwater, Quality index, Iso-index map, Drinking water, Qazvin Province.

* Corresponding author. *E-mail Address*: Email:Msaeedi@iust.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استفاده از شبکه‌های بررسی و پایش آب زیرزمینی در آبخوان‌هایی که جهت استفاده‌های خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند امری ضروری و حیاتی تلقی می‌گردد (Stigter *et al.*, 2006a). در این میان استفاده از شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی (GWQI) به عنوان ابزاری نیرومند جهت تجمیع و استانداردسازی پارامترهای درگیر، بسیار متداول می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در راستای توسعه شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی در سطح دنیا انجام پذیرفته است. از شاخص‌ترین این تحقیقات می‌توان به مطالعه Backman و همکاران در سال ۱۹۹۸ اشاره نمود. ایشان در مطالعه خود الگویی جدید جهت توسعه شاخص‌های ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی از منظر آلودگی‌های ورودی ارائه نموده و از این شاخص جهت بررسی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه‌ای در جنوب غربی فنلاند و نیز منطقه‌ای در مرکز اسلواکی استفاده نموده‌اند. Soltan (۱۹۹۹) نیز در مطالعات مشابه یک شاخص کیفی در برگیرنده نه پارامتر تاثیرگذار جهت ارزیابی کیفی ده چاه آرتزین در منطقه Dakhla Oasis واقع در غرب مصر توسعه داده است. S'tambuk-Giljanovic (۱۹۹۹) در مطالعات خود روشی مناسب جهت ایجاد شاخص‌های کیفی به منظور ارزیابی آب‌های سطحی و زیرزمینی ارائه نموده که از آن جهت بررسی وضعیت کیفی آب‌های منطقه Dalmatia واقع در کرواسی استفاده کرده است. Coulibaly and Rodriguez (۲۰۰۴) نیز با در نظر گرفتن مشخصات عملیاتی و کاربردی حاکم بر شاخص‌های کیفی، شاخصی مناسب جهت ارزیابی وضعیت کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه Quebec در کانادا به عنوان مهم‌ترین منابع آب شرب این منطقه ارائه نموده‌اند. در ادامه نیز Stigter و همکاران (۲۰۰۶ a,b) به منظور بررسی اثر فعالیت‌های کشاورزی در تغییر مشخصات شیمیایی و قابلیت شرب آب‌های زیرزمینی در دو منطقه از کشور پرتقال، از یک روش نوین جهت توسعه شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی استفاده نموده‌اند. روش مورد پیگیری در این مطالعات استانداردسازی پارامترهای کیفی با استفاده از منحنی‌های تجربی و سپس وزندهی و تجمیع آن‌ها در قالب یک شاخص کیفی منفرد است. منحنی‌های تجربی مورد استفاده معمولا حاصل مطالعات منفرد و شخصی محققان بوده و علی‌رغم پیچیدگی‌های درگیر، به دلیل عدم در نظر گرفتن استانداردها و مشخصات محلی و منطقه‌ای دارای محدودیت‌های فراوانی هستند. در مطالعه حاضر با توجه به روش استاندارد در توسعه شاخص‌های کیفی، بهره‌گیری از روشی ساده و کارآمد جهت تدوین شاخص‌های کیفی برای آب‌های زیرزمینی یک منطقه وسیع مورد نظر می‌باشد. در این روش استفاده از استانداردهای ملی و منطقه‌ای مرتبط با یک کاربری خاص جهت نرمال‌سازی پارامترهای کیفی آب مورد تاکید قرار گرفته است. در مطالعه حاضر به منظور ارزیابی روش پیشنهادی، وضعیت کیفی آبخوان‌های دشت قزوین از منظر محتوی مواد معدنی و پارامترهای عمومی شرب مورد بررسی قرار گرفته است. شاخص‌های کیفی بدست آمده جهت تهیه نقشه خطوط هم شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی در سطح استان قزوین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بررسی مقایسه‌ای شاخص‌های بدست آمده با شاخص‌های محاسبه شده به روش مشابه برای آب‌های معدنی، بیانگر آن است که آب‌های زیرزمینی برخی از مناطق استان قزوین در مقایسه به آب‌های معدنی مورد تایید دارای کیفیتی مشابه از منظر محتوی مواد معدنی، درجه اسیدیته و مواد جامد محلول هستند. با توسعه شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی و ترسیم نقشه خطوط

www.SID.ir

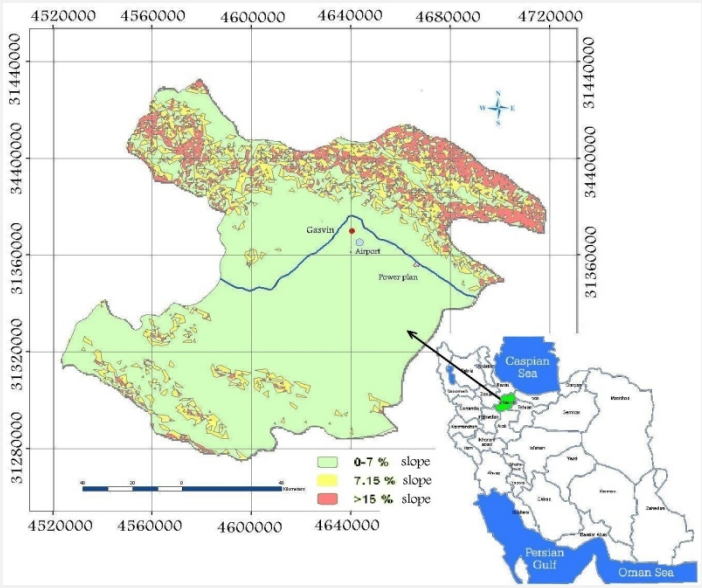
Archive of SID

هم شاخص به روش فوق برای سایر پارامترهای تاثیرگذار (نیترات، آمونیم، مواد آلی و سایر آلاینده‌ها) به این ترتیب ارزیابی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی استان قزوین از منظر شرب جهت تصمیم‌گیریهای آتی تسهیل خواهد شد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

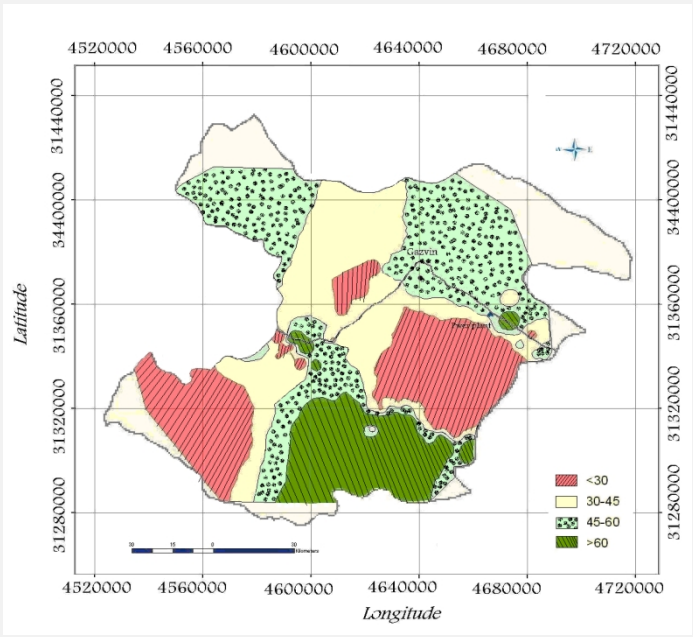
استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی در حوزه مرکزی ایران واقع شده است. این استان از شمال به استانهای مازندران و گیلان، از غرب به استان‌های همدان و زنجان، از جنوب به استان مرکزی و از شرق به استان تهران محدود می‌شود. سلسله جبال البرز مرکزی و کوه‌های رامنه و خرقان از سه جهت استان را فراگرفته و دشت گسترده‌ای را به وجود آورده‌اند که از شمال به جنوب ۷۵ کیلومتر و از شرق به غرب حدود ۹۵ کیلومتر امتداد دارد. موقعیت این استان در سطح کشور و مشخصات توپوگرافی آن در شکل ۱ نشان داده شده است. سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت قزوین عمدتا در عمق ۳۰ تا ۶۰ متری از سطح زمین قرار دارد. چاه‌های متعددی که در سرتاسر این دشت در محدوده قزوین، بوئین زهرا، آبیک و تاکستان حفر گردیده منبع اصلی تامین کننده آب کشاورزی و شرب ساکنین روستاها و شهرها این مناطق محسوب می‌گردد. محدوده مرکزی و شرق استان که دشت پهناور قزوین را تشکیل داده دارای شیبی ملایم است که از شمال غرب به جنوب شرقی امتداد یافته است. از کل مساحت استان حدود ۴۷۰ هزار هکتار را اراضی قابل کشت در برگرفته است که به کشت انواع محصولات زراعی و باغی اختصاص داده شده‌اند. وضعیت عمق سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف آبخوان اصلی دشت قزوین براساس اطلاعات سال‌های ۸۵-۸۶ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت استان قزوین در سطح کشور و وضعیت توپوگرافی آن

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- وضعیت عمق سطح آب زیرزمینی استان قزوین (۸۵-۸۶)

توسعه شاخص کیفی آب‌زیرزمینی

توسعه شاخص‌های کیفی به نحویکه همه پارامترهای تاثیرگذار در مصرف آب برای یک کاربری خاص را در برگیرند، به عنوان روشی معمول در ارزیابی کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی مورد توجه می‌باشد. Stigter و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعات خود روش توسعه شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی را در غالب سه مرحله اصلی انتخاب، استانداردسازی و تجمیع پارامترهای درگیر تشریح نموده‌اند. مرحله اول، شامل انتخاب تعدادی از پارامترهای کیفی آب به تناسب کاربری مورد نظر می‌باشد. در مرحله استانداردسازی با توسعه و بهره‌گیری از منحنی‌های تجربی، نوع رابطه میان پارامترهای انتخابی با خرده شاخص‌های بی‌بعد مربوطه تعیین می‌گردد. این منحنی‌های تجربی معمولا نتیجه مطالعات فردی و منطقه‌ای بر روی یک پارامتر خاص بوده که به دلیل تعداد بالای فاکتورهای تاثیرگذار همواره با عدم قطعیت‌هایی همراه هستند. در نهایت در مرحله سوم مقادیر خرده شاخص بدست آمده در مرحله قبل از طریق یک عملگر ریاضی یا یکی از روش‌های میانگین‌گیری حسابی، هندسی و هارمونیک و با توجه به وزن نسبی هر پارامتر، در یک پارامتر واحد تجمیع یافته و پارامتری مجزا تحت عنوان شاخص کیفی آب را حاصل خواهند نمود. در بررسی سابقه مطالعات انجام گرفته، تاکنون مطالعات متنوعی در ارتباط با استفاده از روش فوق جهت توسعه شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی یافت گردید (Horton, 1965; House and Ellis, 1987; Yagow, 1997; Melloul and Collin, 1998). در روش پیشنهادی در مطالعه حاضر برمبنای الگوی فوق -به‌عنوان روشی استاندارد در توسعه شاخص‌های کیفی- در مرحله انتخاب، گزینش گروهی از پارامترهای کیفی آب با ماهیت مشابه مورد تاکید قرار می‌گیرد. در مرحله دوم ضرورت بهره‌گیری از استانداردهای ملی و منطقه‌ای جهت استانداردسازی هر پارامتر، از طریق تقسیم

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت‌های مشاهده شده بر حداکثر غلظت مجاز توصیه شده برای کاربری مورد نظر، مورد تاکید قرار می‌گیرد. در نهایت در مرحله انتهایی، از طریق تعیین اهمیت نسبی هر خرده شاخص در توسعه شاخص‌های کیفی، مقادیر استاندارد شده پارامترها براساس وزن‌های انتخابی تجمیع و شاخص نهایی کیفیت آب زیرزمینی تعیین می‌گردد (رابطه۱).

$$GWQI = \sum_{i=1}^{8} w_i . \frac{C_i}{Cs_i} \qquad (۱)$$

در این رابطه i شمارشگر پارامترهای مورد استفاده، w_i وزن نسبی هر پارامتر، C_i غلظت آن، Cs_i غلظت استاندارد آن پارامتر در استاندارد ملی آب شرب و GWQI شاخص نهایی کیفیت آب زیرزمینی برای پارامترهای مورد نظر می‌باشد. با توجه به اهمیت مرحله وزندهی در تجمیع این پارامترها، در این مطالعه توسعه شاخص‌های متعدد برای پارامترهای هم جنس مورد تاکید قرار می‌گیرد. به این ترتیب ارزیابی مطلوبیت کلی آب‌های یک منطقه برای یک کاربری مشخص از طریق توسعه و مقایسه تعداد محدودی شاخص که هر یک بخشی از پارامترهای درگیر را نمایندگی می‌کنند ممکن می‌گردد. در این نگرش تلفیق پارامترهای بسیار گسترده میکروبی، آلی، معدنی آب و یا حتی ترکیبات و عناصر سمی در یک شاخص کیفی کلی و منفرد، با توجه به ماهیت متفاوت این پارامترها، توصیه نمی‌گردد. در این مطالعه به منظور ارزیابی روش فوق با استفاده از داده‌های دردسترس، وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دشت قزوین از منظر املاح معدنی محلول، pH و TDS مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نتایج

در این مقاله به منظور توسعه شاخص کیفی آب زیرزمینی در سطح منطقه مورد مطالعه، در مرحله نخست از میان پارامترهای درگیر، هشت پارامتر تاثیرگذار اعم از شش کاتیون و آنیون محلول در آب (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO^{2-}_4, Cl^-)، درجه اسیدیته (pH) و کل مواد جامد محلول (TDS) انتخاب گردیده است. از آن‌جا که بعضا مواد معدنی موجود در آب در مقایسه با مواد معدنی موجود در غذا بهتر و سریعتر جذب می‌گردند وجود املاح معدنی مورد نیاز بدن در آب‌های شرب به عنوان فاکتوری مهم در تفکیک آب سالم (Healthy water) از آب‌های معمولی همواره مورد توجه بوده است (WHO, 2006). از اینرو علاوه بر عدم آلودگی آب، وجود املاح سودمند مولفه‌ای است که استفاده از آب‌های طبیعی برای مصارف شرب را تحت شعاع قرار می‌دهد که البته در مکان‌یابی منابع تامین آب شرب در سطح یک منطقه تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. محتوی املاح محلول، TDS و pH که از جمله عوامل تعیین کننده کیفیت مطلوب آب‌های زیرزمینی در ارتباط با مصارف شرب محسوب می‌گردند، در این مطالعه جهت توسعه شاخص‌های کیفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. افزون بر پارامترهای فوق که به سبب اهمیتشان در آب‌های شرب مورد توجه قرار گرفته‌اند، بررسی پارامترهای آلاینده در ارزیابی کلی کیفیت آب یک آبخوان نیز می‌باست مورد توجه قرار گیرد که خارج از بحث این مقاله می‌باشد.

در این تحقیق از ۵۶۰ داده مشاهده‌ای برداشت شده از ۱۶۳ چاه که طی سه سال و چندین نوبت در هر سال برای چاههای واقع در سرتاسر دشت قزوین قرائت شده، استفاده گردیده است. اطلاعات فوق، داده‌های پایش کیفی آب‌های زیرزمینی دشت قزوین می‌باشد که توسط سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب) وابسته به وزارت نیروی جمهوری اسلامی ایران، تهیه و استخراج گردیده است [۳]. داده‌های برداشت شده نتیجه حداقل

www.SID.ir

Archive of SID

سه تا حداکثر هشت بار نمونه‌برداری مجزا بوده که طی مدت سه سال از چاه‌های موجود در منطقه برداشت شده‌اند. در این مطالعه میانگین غلظتهای مشاهده‌ای هر ترکیب در هر چاه مورد استفاده گرفته است. در مرحله استانداردسازی پارامترهای انتخاب شده، نسبت غلظت مشاهده‌ای از ترکیب مورد نظر به حداکثر غلظت مجاز تصریح شده در استانداردهای ملی آب شرب کشور، تحت عنوان خرده شاخص بی‌بعد، برای هر ترکیب محاسبه گردیده است. استانداردهای ملی مرتبط با پارامترهای کیفی مورد نظر در آب شرب در جدول ۱ آورده شده است.

مقادیر استاندارد شده این پارامترها در ادامه با استفاده از رابطه ۱ از طریق وزندهی و تجمیع، جهت توسعه شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. جدول ۲ دربردارنده وزن نسبی مشارکت هر پارامتر در ایجاد شاخص نهایی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه است. میزان وزن‌های نسبی هر پارامتر، مقداری تجربی بوده که با توجه به اهمیت هر ترکیب از طریق قضاوت مهندسی براساس مطالعات پیشین (Housseini *et al.*, 2004; Giljanovic, 1999)، نظر متخصصان کیفیت آب شرب (Dr. John Sorenson) و مطالعات مولفین در محدوده منطقه طرح (Saeedi, 2007) بدست آمده است.

در نتیجه این مطالعه، در نهایت ۱۶۳ شاخص مجزا در سرتاسر محدوده مورد مطالعه برای ۱۶۳ چاه مورد بررسی بدست آمد. هر یک از این شاخص‌ها نماینده وضعیت کیفی چاه و آبخوان منطقه خود از منظر محتوی املاح معدنی آن بوده و جمیع شاخص‌های یک محدوده گویای وضعیت عمومی کیفیت آب‌های زیرزمینی آن ناحیه می‌باشد. در جدول ۳ مقادیر پارامترهای هشتگانه مشروح که در توسعه شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، برای تعدادی از چاه‌های منطقه به عنوان نمونه آورده شده است. جدول ۴ نیز حاوی مقادیر استاندارد شده هر ترکیب و شاخص نهایی تعدادی از چاه‌های مورد مطالعه در این منطقه می‌باشد.

جدول۱- حداکثر غلظت مجاز هر پارامتر در استاندارد ملی آب آشامیدنی ایران ($mg\ l^{-1}$)[۱]

K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	pH	TDS
۱۲	۲۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۴۰۰	۶۰۰	۸.۵-۶.۵	۲۰۰۰

جدول۲- وزن مشارکت هر پارمتر در ایجاد شاخص نهایی

پارامتر انتخابی	وزن نسبی هر پارامتر در ایجاد شاخص نهایی کیفیت آب
K^+	۰.۰۷
Na^+	۰.۰۸
Mg^{2+}	۰.۱۵
Ca^{2+}	۰.۲
SO_4^{2-}	۰.۱
Cl^-	۰.۱
pH	۰.۲
TDS	۰.۱

www.SID.ir

Archive of SID

ستون اول در این جدول حاوی اسامی چاه‌ها بوده و ستون‌های ۲ تا ۹ بیانگر مقادیر استاندارد شده هر پارامتر در این چاه‌ها می‌باشد. ستون انتهایی این جدول نیز بیانگر شاخص نهایی وضعیت کیفی هر یک از این چاه‌ها می‌باشد.

جدول۵- ماکزیمم، میانگین ومینیمم مقادیر پارامترها اندازه‌گیری شده در شش چاه منطقه [۳]

Well No.	K^+			Na^+			Mg^{2+}			Ca^{2+}		
	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min
۶	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۱	۱.۰۸	۱	۰.۹۲	۱.۵۸	۱.۲۰	۰.۸۳	۲.۵	۲.۱۵	۱.۸
۵۳	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۲.۱۶	۲.۰۶	۱.۹۴	۱	۰.۵۵	۰.۳۲	۱۲.۱	۱.۰۵	۱.۰۱
۱۲۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۱.۰۳	۰.۸۵	۰.۷	۰.۹۶	۰.۸۵	۰.۸	۱.۸۵	۱.۴۵	۱.۱۲
۱۰۸	۰.۰۸	۰.۰۷	۰.۰۶	۶.۳۵	۵.۷۷	۵.۴۸	۲.۷۷	۱.۹	۱.۴۲	۲.۸۹	۲.۳۸	۱.۲۷
۶۲	۰.۰۹	۰.۰۷	۰.۰۶	۵.۴۸	۵.۳۳	۵.۲	۳.۱۴	۲.۸۸	۲.۳	۳.۷۹	۳.۴۲	۲.۹۹
۳۷	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۳	۸.۵۵	۸.۰۴	۷.۵۵	۱.۵۵	۱.۴۱	۱.۲۲	۲.۳۷	۱.۸۱	۰.۸۵
۷۲	۰.۱	۰.۱	۰.۰۹	۲۰	۱۸.۲۰	۱۷	۲.۸۱	۲.۶۴	۲.۴۹	۴.۸	۴.۲۶	۳.۹۶
۹۸	۰.۱۶	۰.۱۵	۰.۱۴	۱۵.۴۴	۱۵.۳۵	۱۵.۱	۵.۶۳	۴.۷۱	۴.۲۲	۲.۶۹	۲.۴۴	۲.۳۳
۹۳	۰.۱۸	۰.۱۷	۰.۱۶	۱۹.۷	۱۸.۳۰	۱۷.۶	۴.۷۷	۴.۵۳	۴.۳۱	۲.۹	۲.۵۹	۲.۳۷

ادامه جدول ۵- ماکزیمم، میانگین ومینیمم مقادیر پارامترها اندازه‌گیری شده در شش چاه منطقه

Well No.	SO_4^{2-}			Cl^-			pH			TDS		
	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min
۶	۰.۷۷	۰.۶۳	۰.۵۸	۰.۴۸	۰.۳۹	۰.۳	۸.۲	۸.۱۸	۸.۱۵	۲۸۴	۲۷۹	۲۷۴
۵۳	۰.۴۳	۰.۳۶	۰.۲۷	۰.۵	۰.۳۷	۰.۲	۷.۹۸	۷.۷۷	۷.۴	۲۷۹	۲۳۴.۳	۲۰۲
۱۲۱	۰.۸۲	۰.۴۷	۰.۲۳	۰.۵	۰.۳۳	۰.۲	۸.۳	۸.۲۱	۸.۰۶	۲۱۸	۲۰۲	۱۹۱
۱۰۸	۲.۴۱	۱.۷۵	۱.۰۶	۴	۴.۸۳	۵.۵	۸.۶۵	۷.۷۶	۷.۳	۶۵۸	۶۳۵.۳	۵۷۶
۶۲	۴.۱۶	۳.۹۷	۳.۷۵	۴	۳.۷۰	۳.۵	۸.۴۲	۷.۹۴	۷.۴	۶۸۰	۷۶۴.۵	۹۰۹
۳۷	۵.۶۲	۴.۶۸	۴.۰۶	۲.۴	۱.۷۰	۱.۴	۸.۳	۷.۹۵	۷.۶	۹۲۵	۷۵۲.۸	۶۴۷
۷۲	۹.۱۱	۸.۳۱	۷.۷	۱۲.۶	۱۱.۷	۱۱	۸.۴۶	۸.۱۷	۷.۹	۱۷۸۷	۱۶۲۳.۳	۱۵۱۷
۹۸	۸.۰۵	۶.۳۲	۵.۵۲	۱۴	۱۳.۵	۱۳	۸.۴۹	۸.۲۲	۷.۶	۱۵۶۴	۱۵۰۶.۵	۱۴۱۰
۹۳	۱۰.۶	۸.۱۳	۴.۲۷	۱۹	۱۳.۹۸	۸	۸.۴۱	۸.۲	۷.۷	۱۷۱۷	۱۶۶۷.۵	۱۵۷۳

جدول۶- مقادیر خرده شاخص‌ها و شاخص‌های نهایی محاسبه شده برای تعدادی از چاه‌های واقع در منطقه مورد مطالعه

Well No	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	So_4^{2-}	Cl^-	pH	TDS	Final Index
۶	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۱۰۶	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۶	۰.۰۷۹	۰.۱۳۹	۰.۰۳۳
۵۳	۰.۰۰۰۸	۰.۰۱	۰.۰۰۳۶	۰.۰۰۵۲	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۰۶	۰.۰۳۲۱	۰.۱۱۷	۰.۰۲۰۷
۱۲۱	۰.۰۰۸	۰.۰۰۴	۰.۰۰۵۷	۰.۰۰۷۲	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۰۵	۰.۰۸۳۵	۰.۱۰۱	۰.۰۳۴۶
۱۰۸	۰.۰۰۵۴	۰.۰۲۸	۰.۰۱۲	۰.۰۱۱	۰.۰۰۴	۰.۰۰۸	۰.۰۳۰۲	۰.۳۱۷	۰.۰۴۶
۶۲	۰.۰۰۶	۰.۰۲۶	۰.۰۱۹۱	۰.۰۱۷	۰.۰۰۹۹	۰.۰۰۶۱	۰.۰۵۱	۰.۳۸	۰.۰۵۸
۳۷	۰.۰۰۲	۰.۰۴	۰.۰۰۹۳	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۰۲	۰.۰۵۲	۰.۳۷۸	۰.۰۵۶
۷۲	۰.۰۰۲	۰.۰۹۱	۰.۰۱۷۵	۰.۰۲۱	۰.۰۲	۰.۰۱۹۵	۰.۰۷۸۸	۰.۰۷۸	۰.۱۱۵
۹۸	۰.۰۱۲	۰.۰۷۶	۰.۰۳۱	۰.۰۱۲۲	۰.۰۱۵	۰.۰۲۲	۰.۰۸۵	۰.۷۵	۰.۱۱
۹۳	۰.۰۱۴	۰.۰۹۱	۰.۰۳	۰.۰۱۲	۰.۰۲	۰.۰۲۳	۰.۰۸۲	۰.۸۳۳	۰.۱۱۹

www.SID.ir

Archive of SID

در این مطالعه به منظور تصدیق روش پیشنهادی در توسعه شاخص‌های کیفی و هم‌چنین به منظور ایجاد دیدی مطلوب از محدوده مناسب تغییرات این شاخص‌ها، وضعیت کیفی پنج آب معدنی از چشمه‌های آب معدنی نقاط مختلف کشور مورد بررسی قرار گرفته و با نتایج کمی شاخص‌ها محاسبه شده در سطح منطقه مقایسه گردیده است. مشخصات کیفی آب معدنی‌های مورد بررسی در این مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. مقادیر شاخص‌های کیفی محاسبه شده برای این آب‌ها نیز در جدول ۶ آورده شده است.

جدول۵- مشخصات پنج آب معدنی مورد بررسی($mg\ l^{-1}$)

پارامتر	آب معدنی				
	دماوند	واتا	عتیق	داماش	دماوند-۲
K^+	۰.۶	۱.۹	۰.۲۵	۱	۰.۲
Na^+	۴.۶	۴.۷	۴	۶	۱
Mg^{2+}	۱۵.۴	۲.۳	۱۳.۵	۴	۷.۶۱
Ca^{2+}	۵۶.۴	۹.۸	۴۵	۲۸	۳۲.۰۶
SO_4^{2-}	۱۰.۶	۱۹	۶.۷	۱۰	۳
Cl^-	۶	۸	۵.۷	۹	۶
pH	۷.۳	۷	۷.۹۶	۷.۳	۷.۴
TDS	۱۸۰	۲۴۰	۲۰۰	۱۱۸	۱۴۰

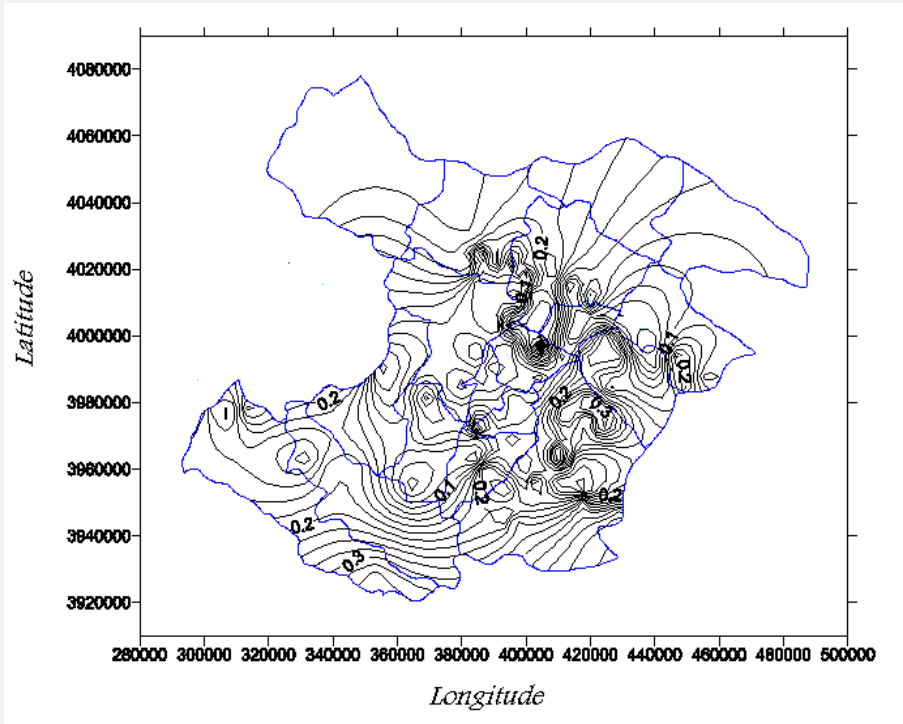
جدول۶- مقادیر خرده شاخص‌ها و شاخص‌های نهایی هر یک از آب‌های معدنی مورد مطالعه

غلظت	خرده شاخصهای کیفی آب برای آب معدنیهای طبیعی با منشاء زیرزمینی				
	دماوند	واتا	عتیق	داماش	دماوند-۲
K^+	۰.۰۵	۰.۱۵۸	۰.۰۲۰۸	۰.۰۸۳	۰.۰۱۶
Na^+	۰.۰۲۳	۰.۰۲۳	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۰۵
Mg^{2+}	۰.۱۰۲	۰.۰۱۵	۰.۰۹	۰.۰۲۶۷	۰.۰۵۰۷
Ca^{2+}	۰.۲۸	۰.۰۴۹	۰.۲۲۵	۰.۱۴	۰.۱۶
SO_4^{2-}	۰.۰۲۶	۰.۰۴۷	۰.۰۱۶۷	۰.۰۲۵	۰.۰۰۷۵
Cl^-	۰.۰۱	۰.۰۱۳	۰.۰۰۹۵	۰.۰۱۵	۰.۰۱
pH	۰.۰۲۳	۰.۰۵۸	۰.۰۵۴	۰.۰۲۳	۰.۰۱۱
TDS	۰.۰۹	۰.۱۲	۰.۱	۰.۰۵۹	۰.۰۷
Final WQI	**۰.۰۸۷**	**۰.۰۵۵۶**	**۰.۰۸۸۹**	**۰.۰۵۴۶**	**۰.۰۵۵۲**

www.SID.ir

Archive of SID

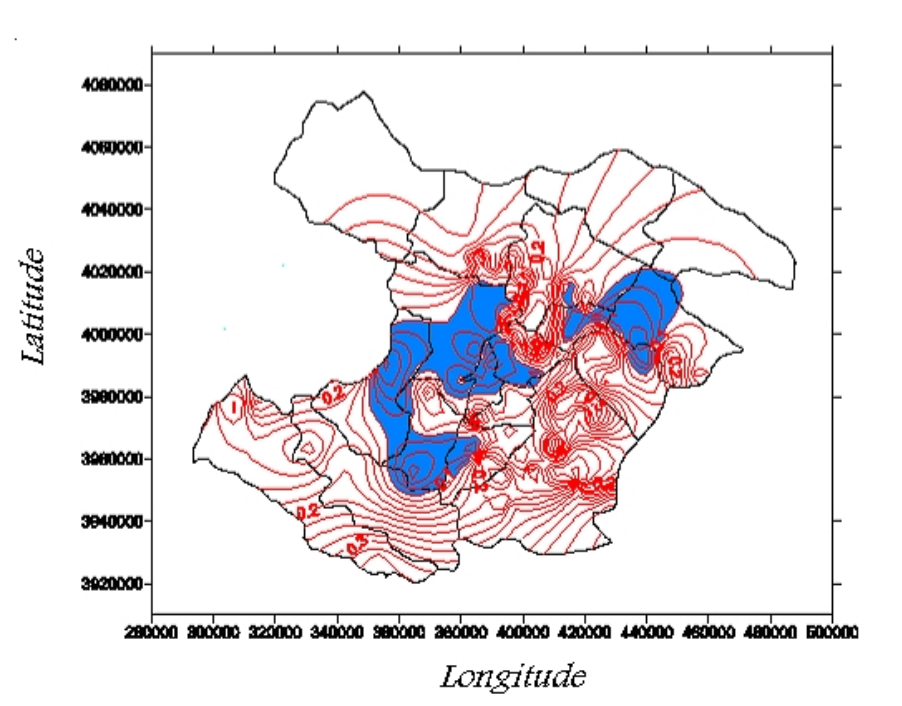
در جدول فوق علاوه بر یون‌های محلول، مقادیر پارامترهای pH و TDS نیز با مقایسه با مقدار حداکثر توصیه شده در استاندارد ملی آب شرب استاندارد گردیده‌اند. مقدار نرمال TDS با تقسیم بر حداکثر مقدار مجاز آن و مقدار نرمال pH از طریق تقسیم انحراف pH از مقدار میانگین (۷/۵) بر حداکثر مجاز توصیه شده طبق رابطه $\frac{[pH-7.5]}{8.5}$ محاسبه شده و در جدول ۴ آورده شده است. شاخص تجمیعی که مجموع حاصل ضرب مقادیر استاندارد شده در وزن‌های انتخابی است به عنوان شاخص نهایی محاسبه شده در ستون انتهایی آورده شده است. بررسی مقایسه‌ای شاخص‌های بدست آمده برای آب‌های معدنی با مقادیر بدست آمده برای چاه‌های شماره ۳۷، ۶۲ و ۱۰۸ در جدول ۸ بیانگر آن است مقادیر بدست آمده برای این چاه‌ها بیشتر از سایر چاه‌ها به شاخص‌های کیفی محاسبه شده برای آب‌های معدنی نزدیک است. این موضوع نشان‌دهنده آن است که پارامترهای کیفی هشتگانه فوق در آب‌های زیرزمینی این مناطق بسیار نزدیک به آب‌های معدنی مورد مطالعه می‌باشند. به منظور ایجاد تصویری مناسب از نحوه تغییر پارامترهای مورد بررسی در سطح منطقه، شاخص‌های کیفی محاسبه شده در سطح چاه‌های مشاهده‌ای جهت ترسیم نقشه خطوط هم شاخص آب زیرزمینی استان قزوین بصورت شکل ۳ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به منظور بررسی مقایسه‌ای وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه نقشه خطوط هم شاخص بدست آمده، با شاخص‌های کیفی آب‌های معدنی مقایسه شده و مناطقی به بیشترین نزدیکی به این شاخص‌ها به عنوان مناطقی با کیفیت مشابه با آب‌های معدنی از منظر پارامترهای هشتگانه مورد بررسی، در غالب شکل ۴ مشخص گردیده‌اند.



شکل ۳- نقشه خطوط هم شاخص از وضعیت پارامترهای مورد بررسی در آب‌های زیرزمینی استان قزوین

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- وضعیت شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی مناطقی از استان قزوین با بیشترین نزدیکی به آب‌های معدنی

این نقشه گویای مشابهت وضعیت آب‌های زیرزمینی مناطق شرقی و مرکزی استان قزوین به آب‌های معدنی از منظر املاح محلول، اسیدیته آب و غلظت مواد جامد محلول است. پارامترهایی که معمولا کمتر در مکان‌یابی منابع آب شرب مدنظر قرار می‌گیرند. نقشه‌های فوق به دلیل قابلیت تصویری بالا در ارائه وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی در سطح یک منطقه بسیار وسیع، به همراه نقشه‌های بدست آمده به روش مشابه برای سایر پارامترهای کیفی، در نهایت ارائه تصویر کلی از وضعیت آب زیرزمینی منطقه را ممکن و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی جهت توسعه‌های آتی استفاده از آبخوانهای منطقه به عنوان منابع آب شرب تسهیل خواهند نمود.

جمع‌بندی

هدف از توسعه شاخص‌های کیفی عموما تشخیص سریع و مناسب مکان‌هایی با بیشترین و کمترین مطلوبیت در سطح یک منطقه وسیع برای استفاده و کاربری‌های خاص می‌باشد. با توجه به موارد برشمرده در ارتباط با پیچیدگی‌های درگیر و عدم عمومیت شاخص‌های محاسبه شده، در مطالعه حاضر روشی ساده برگرفته از استانداردهای ملی و منطقه‌ای جهت توسعه شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی ارائه شده است. در روش پیشنهادی با استفاده استانداردهای کیفی توصیه شده برای کاربری خاص مورد نظر، نسبت به نرمال‌سازی پارامترهای انتخابی و در نهایت وزندهی و تجمیع این مقادیر جهت تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص کیفی آب زیرزمینی توصیه شده است. از این روش جهت بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی استان قزوین از منظر محتوی مواد معدنی و پارامترهای عمومی درگیر در مطلوبیت مصارف شرب استفاده شده است. در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های محاسبه شده، نسبت به ترسیم نقشه هم‌شاخص آب‌های زیرزمینی آبخوان اصلی دشت قزوین اقدام گردیده است. توسعه شاخص‌های کیفی به روش مشابه برای تعدادی از آب‌های معدنی کشور - به عنوان آب‌های شرب تایید شده- جهت ایجاد مقیاسی مناسب برای بررسی شاخص‌های بدست آمده و مشخص نمودن مناطقی با مطلوبیت بیشتر در روی نقشه هم شاخص ترسیم شده، استفاده شده است. نقشه فوق نشان‌دهنده آن است که کیفیت آب‌های زیرزمینی در بخش‌هایی از استان قزوین از منظر املاح محلول، اسیدیته و مواد جامد محلول در محدوده مناسب و نزدیک به آب‌های معدنی می‌باشد. نقشه‌های ترسیم شده به دلیل سادگی تفسیر، ابزاری مفید جهت آگاهی مردم محلی و حتی سازمان‌های منطقه‌ای از وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه از منظر غلظت املاح محلول و سایر پارامترهای مورد بررسی فراهم می‌سازند. بدیهی است ارزیابی پارامترهای محدود مورد بررسی در این مطالعه به تنهایی نمی‌تواند بیانگر مطلوبیت شرب این آب‌ها باشد بلکه ارزیابی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی از طریق توسعه شاخص‌هایی به روش مشابه برای سایر املاح محلول اعم از نیترات، آمونیم و کربنات و حتی عناصر و ترکیبات آلاینده چون فلزات سنگین و سمها و کودها که مشاهده آن‌ها در آب‌های زیرزمینی بسیار متحمل نیز می‌باشد، امری ضروری تلقی می‌گردد.

پی‌نوشت

1-Ground Water Quality Index

2- Iso-Index

3- Selection

4- Standardization

5- Aggregation

منابع

Management and Planning Organization- Iran Power ministry (1992). Quality Standard for drinking water. Issue No 116-3, Tehran: Management and Planning Organization.

Saeedi, M. (2007). Sit selection for land filling of industrial solid waste of Shahid Rajaee power plant and offering engineering and sanitary way for burying the waste. Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran: regional power organization.

Iran water resources research center (2006). Quality and quantity situation of ground water in Qazvin province. Power ministry of Iran, Tehran.

Backman, B., D. Bodis, P., Lahermo, S. Rapant and T. Tarvainen (1998). Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. Environmental Geology, 36(1–2): 55–64.

Coulibaly, H. and M.J. Rodriguez (2004). Development of performance indicators for Quebec small water utilities. Environmental Management, 73(3): 243-255.

www.SID.ir

Archive of SID

Stigter, T.Y., L. Ribeiro and A.M.M. CarvalhoDill (2006a). Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies–Two Portuguese case studies. Hydrology, 327: 578–591.

Stigter, T.Y., L. Ribeiro and A.M.M. CarvalhoDill (2006b). Evaluation of an intrinsic and a specific vulnerability assessment method in comparison with groundwater salinisation and nitrate contamination levels in two agricultural regions in the south of Portugal. Hydrogeology, 14 (1–2): 79–99.

Yagow, E.R. (1997). Auxiliary procedures for the AGNPS model in urban fringe watersheds. Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA, 140.

World Health Organization (WHO) (2006). Guidelines for Drinking-water Quality First Addendum to Third Edition, volume 1, Recommendations. ISBN 92 4 154696-4.

Giljanovic, N.S. (1999). Water quality evaluation by index in Dalmata, Water Resources, 33 (16): 3423-3440.

Horton, R.K. (1965). An index number system for rating water quality. Water Pollution Control Federation, 37 (3): 300–305 .

House, M.A. and J.B. Ellis (1987). The development of water quality indices for operational management. Water Science and Technology, 19 (9): 145–154.

Housseini, D., M. Coulibaly and J. Rodriguez (2004). Development of performance indicators for small Quebec drinking water utilities. Environmental Management, 73(3): 243-255.

Melloul, A.J. and M. Collin (1998). A proposed index for aquifer water-quality assessment: the case of Israel's Sharon region, Environmental Management, 54(2): 131-142.

Soltan, M.E. (1999). Evaluation of groundwater quality in Dakhla Oasis (Egyptian Western Desert). Environmental Monitoring and Assessment, 57(2): 157-168.

Sorenson John, leading authority on mineral metabolism, Watershed Wellness Center, http://watershed.net/default.aspx

S'tambuk-Giljanovic, N. (1999). Water quality evaluation by index in Dalmatia. Water Resource, 33 (16): 2440–3423.

www.SID.ir