Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

Journal of Occupational and Environmental Health

Vol. 3, No. 1, Spring 2017, Pages 48-58

Evaluation of Water Quality Index (WQI) of Groundwater Supplies in Kerman Province in 2015

Eslami F[1], Shokoohi R[2], Mazloomi S[3], Darvish Motevalli M[4], Salari M*[5]

1. MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Associate professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Assistant professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
4. Ph.D. Student, Department of Environmental Health Engineering, School of public health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
5. Ph.D. Student, Department of Environmental Health Engineering, School of public health and research center for health science, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

**** Corresponding author.*** Tel:+989365421568, Fax: +98811880509, E-mail:msalari_22@yahoo.com

Received: Nov 12, 2016 Accepted: Jan 28, 2017

ABSTRACT

Background & objectives: The quantitative and qualitative characteristics of groundwater are influenced by human activities, natural processes and overuse of groundwater supplies. Since water quality index (WQI) is one of the best indices for evaluation and supervision of water quality of groundwater supplies, this index was used to survey groundwater supplies quality in Kerman province.

Methods: This cross-sectional study was carried out to survey quality index of WQI in groundwater sources in Kerman province in 2015. WQI values were calculated using data obtained from ongoing project of Water Resources Development Company on monitoring pH, chloride, sulfate, alkalinity, total hardness, TDS, and sodium.

Results: The minimum and maximum values for WQI index were obtained as 48 and 133, respectively. Based on the WQI index water quality was in the poor region at most of the studied areas. On average, 22.7, 45.5, 22.7, and 9.1 percent of the areas have good, poor, very poor, and non-potable quality, respectively. pH had the largest effect on WQI index followed by chloride, sodium, hardness, and alkalinity.

Conclusion: Most of the studied areas have poor water quality based on the WQI index; therefore, water should be treated for drinking purposes. Since the parameters i.e. pH, hardness, alkalinity, and salinity highly affect WQI index; treatment processes and control measures should be taken to eliminate influence of these parameters.

Keywords: Water Resources; Water Quality Index; Water Treatment.

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

ارزیابی شاخص کیفیت آب (WQI) منابع آب زیرزمینی استان کرمان در سال ۱۳۹۴

فاطمه اسلامی[۱]، رضا شکوهی[۲]، سجاد مظلومی[۳]، محمد درویش متولی[۴]، مهدی سالاری[۵]*

۱. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران ۲. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران ۳. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران ۴. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران ۵. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و عضو مرکز تحقیقاتی علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۳۶۵۴۲۱۵۶۸ فکس: ۰۸۱۱۸۸۰۵۰۹ ایمیل: msalari_22@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: ویژگی های کمی و کیفی آبهای زیرزمینی در نتیجه فعالیت های انسانی، فرایندهای طبیعی و برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی تحت تاثیر قرار گرفته اند. از آنجایی که شاخص WQI یکی از مناسبترین شاخص ها برای ارزیابی و نظارت بر کیفیت منابع آب زیرزمینی محسوب میشود، در این مطالعه از این شاخص جهت بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی در استان کرمان استفاده شد.

روش کار: این مطالعه توصیفی مقطعی در سال ۱۳۹۴ در استان کرمان جهت بررسی شاخص کیفیت WQI بر روی منابع آب زیرزمینی انجام شد. جهت محاسبه شاخص WQI از داده های طرح های پایش و آزمایشات روتین سازمان توسعه منابع آب ایران که شامل پارامترهای pH، کلراید، سولفات، قلیائیت، سختی کل، TDS و سدیم بود، استفاده شد.

یافته ها: کمترین مقدار شاخص WQI برابر با ۱۶±۴۸ و ۱۹±۴۸ و بالاترین مقدار این شاخص ۶۲±۱۳۳ بدست آمد. بیشتر مناطق مورد مطالعه از نظر میانگین شاخص WQI در محدوده کیفیت آب بد قرار گرفتند. بطور متوسط ۲۲/۷ درصد از مناطق دارای کیفیت خوب، ۴۵/۵ درصد دارای کیفیت بد، ۲۲/۷ درصد دارای کیفیت خیلی بد و ۹/۱ درصد دارای آب غیر قابل آشامیدن می باشند. پارامتر pH بیشترین ضریب اثر گذاری در تعیین شاخص WQI و پس از آن پارامترهای کلراید، سدیم، سختی و قلیائیت قرار دارند.

نتیجه گیری: اکثر مناطق مورد مطالعه دارای شرایط نامطلوب از نظر شاخص WQI می باشند و نیاز به تصفیه برای مصارف آشامیدن ضروری است. با توجه به اینکه پارامترهای pH، سختی، قلیائیت و شوری دارای بیشترین تاثیر را در مقدار شاخص WQI دارند، فرآیندهای تصفیه و اقدامات کنترلی جهت کاهش اثرات این پارامترها ضروری می باشد.

واژه‌های کلیدی: منابع آب، شاخص کیفیت آب، تصفیه آب

دریافت: ۹۵/۸/۲۲ **پذیرش:** ۹۵/۱۱/۹

مقدمه

آب‌های زیرزمینی منابع طبیعی ارزشمندی می‌باشند که در سرتاسر جهان بصورت آبخوان‌های محلی گسترش یافته اند (۱). در دسترس بودن، کیفیت بالاتر و حضور یک‌سری مواد معدنی در آب‌های زیرزمینی باعث گردیده است که این منابع در مقایسه با منابع آب سطحی، مصرف بیشتری برای نیازهای بشری داشته باشد (۲). از جمله مصارف آب‌های زیرزمینی در بخش‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی می‌باشد و این مصارف در دهه‌های اخیر به دلیل رشد جمعیت و صنعت، افزایش چشمگیر داشته است (۳). طبق گزارشات مشاهده شده است که حدود $\frac{1}{3}$ جمعیت

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

جهان از آب‌های زیرزمینی برای اهداف شرب استفاده می‌کنند و با توجه به پاسخ به نیاز آبی این جمعیت کثیر، توجه به خصوصیات کیفی این منابع آبی اصلی ضروری و مهم می‌باشد (٤،٥). بطور کلی کیفیت آب‌های زیرزمینی به کیفیت منبع تغذیه‌کننده آبخوان، ریزش‌های جوی، سطح آب سفره و فرایندهای ژئوشیمیایی زیرسطحی بستگی دارد (۶). از طرفی کیفیت آب‌های زیرزمینی تحت تاثیر آلاینده‌های رهاشده به محیط زیست ناشی از فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد (۷). همچنین استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی برای رفع نیازهای بشر منجر به تغییرات چشمگیری در خصوصیات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی می‌شود (۸). این مساله در مناطق خشک و نیمه خشک که بارش‌های نامنظم، موقت همراه با نرخ بالای تبخیر است بیشتر مشخص می‌باشد و در نتیجه بسیاری از استان‌های ایران با توجه متوسط میزان بارش سالانه $\frac{1}{3}$ میزان جهانی گرفتار این معضل می‌باشند (۹،۱۰). رشد صنایع و رهاسازی فاضلاب‌های ناشی از آن، کاربرد گسترده کودهای و آفت کش‌ها شیمیایی در بخش کشاورزی نگرانی‌های جدی در ارتباط با کیفیت آب‌های زیرزمینی ایجاد کرده است (٤). بطورکلی تغییرات نزولی کیفیت آب، تهدیدی برای سلامت انسان، توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی به شمار می‌آید (۱۱). با توجه به محدودیت آب‌های قابل مصرف برای آشامیدن و نیاز رو به افزون بشر به منابع آبی؛ نظارت بر کیفیت آب در دسترس بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند (۱۲). تجزیه و تحلیل کیفیت آب بصورتی که ارزیابی و نظارت بر کیفیت آب‌های زیرزمینی برای استفاده پایدار را ساده نماید، حائز اهمیت می‌باشد. شاخص کیفیت آب (WQI)[1] یکی از موثرترین ابزارها برای انتقال اطلاعات در مورد کیفیت آب به شهروندان، مقامات دولتی و سیاست گذاران است (۵). WQI تکنیک مهمی است که برای خلاصه کردن داده‌های فراوان کیفی آب بصورت یک شاخص و به تبع آن تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی و مناسب بودن آب برای اهداف آشامیدنی استفاده می‌شود (۱۳). این شاخص برای فهم موضاعات کیفی آب توسط یکپارچه سازی داده‌های پیچیده و ایجاد یک عدد که پیکره کلی کیفیت آب را توصیف می‌کند، بکار می‌رود (١٤). از خصوصیات این شاخص قابلیت فهم ساده و آسان برای مسئولین و تعیین شرایط قبولی یا رد استفاده از یک منبع آب برای کاربرد آشامیدنی می‌باشد. به منظور تعیین این شاخص یکسری پارامترهای کیفی نیاز می‌باشد. از این رو ارزیابی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی و ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی برای توسعه استراتژی‌های توسعه منابع آب بسیار مهم است، چرا که شیمی آب‌های زیرزمینی بعنوان یک عامل مهمی است که در ایجاد چشم اندازی از کیفیت آب برای اهداف مختلف بکار می‌رود (۱۵،۱۶).در مطالعه راماکریشنایا[2] و همکاران شاخص کیفیت آب برای آب‌های زیرزمینی واقع در کشور هند مورد مطالعه قرار گرفت و جهت تعیین این شاخص از ۱۲ پارامتر pH، سختی، کلسیم، منزیم، بی کربنات، کلراید، نیترات، سولفات، کل مواد محلول، آهن، منگنز و فلوراید استفاده شد (۳). کریستین کولیتی و همکاران شاخص کیفیت آب را با پارامترهای pH، مواد معلق، کدورت، هدایت الکتریکی، فسفر کل، آمونیک، نیتروژن آمونیاکی و نیترات بدست آوردند و مشاهده کردند که منشا اصلی آلودگی منابع آبی از زمین‌های کشاورزی اطراف حوضه آبخوان‌ها شکل می‌گیرد و گزارش نمودند که پارامترهای آمونیاک، نیترات و نیتروژن آمونیاکی ارتباط قوی تری با شاخص کیفیت آب دارند (۱۷). در مطالعه نصرآبادی و همکاران که به بررسی شاخص کیفی در آب‌های زیرزمینی شهر تهران پرداختند، مشاهده شد که کیفیت آب در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۹۰ پایین‌تر بوده است، همچنین مقدار شاخص در

[1] Water Quality Index

[2] Ramakrishnaiah

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

بخش‌های شرقی و جنوبی شهر تهران نسبت به سایر بخش‌های نمونه‌برداری بالاتر می‌باشد که بازگو کننده کیفیت پایین تر آب این مناطق می‌باشد (۱۸). در مناطق خشک و نیمه خشک گرمسیری مثل دشت کرمان که رودخانه‌ها تنها در فصول سرد و پربارش سال جاری می‌شوند؛ منابع آب زیرزمینی منبع اصلی آب شرب می‌باشند. بنابراین نظارت بر کیفیت آنها بسیار حائز اهمیت است. در این مطالعه شاخص کیفیت آب برای آب‌های زیرزمینی تعدادی از شهرها و شهرستان‌های استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت که تعیین این شاخص توسط پارامترهای pH، کلراید، سولفات، قلیائیت، سختی کل، کل جامدات محلول (TDS) و سدیم انجام پذیرفت. همچنین میزان ارتباط هر یک از پارامترهای با شاخص WQI مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار

منطقه مطالعه

استان کرمان با طولی شرقی و عرض شمالی به ترتیب ٥٤ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۹ درجه و ٤٨ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ٢٤درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی جزو استان‌های پهناور جنوبی ایران می‌باشد که از نظر توپوگرافی به دو بخش دشت و کوهستان تقسیم شده است. بخش دشت این استان با مساحتی بالغ بر ۱۸۰/۷۲۶ کیلومتر مربع دارای پوشش آبرفتی و متمایل به دانه‌های ریزتر به سمت مرکز می‌باشد. بخش کوهستان این استان شامل کوه‌های مرکزی، و رشته کوه‌های زاگرس می‌باشد که دارای ارتفاعات صخره ای و لخت و بدون پوشش گیاهی می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه در این استان ١٤٥ میلیمتر است که در مقایسه با بارندگی متوسط سالایانه ایران و جهان به ترتیب مقادیر ۵۸ و ۱۹ درصد می‌باشد. متوسط نزولات جوی در سال حدود ۲۵ میلیارد متر مکعب در سال می‌باشد که بدلیل خشکی و گرمای بالای در این استان، ۷۵ درصد آن تبخیر می‌گردد. ۲۵ درصد ریزش‌های باقیمانده بصورتی توزیع می‌شوند که ۳/٤ متر مکعب به سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ و ۳ میلیارد مترمکعب بصورت رواناب‌های سطحی جریان می‌یابند. مناطقی که در این تحقیق وارد مطالعه شد به منظور بررسی کیفیت و تعیین شاخص کیفیت شامل دولت آباد، سوغان، ده کهان، فاریاب، کلا شگرد، خاتون آباد، فاریاب شرقی، اسفندقه، بزنجان، دشتاب، سلطانی، رابر، سراب هلیل، سرجنگل، راور، شهداد، نرماشیر، راین، ساردوئیه، رحمت آباد، رارنان دهج، بردسیر، سیریز - طغرل جرد و زرند بودند. موقعیت استان کرمان در ایران و همچنین شهرستانهای این استان که از آن‌ها عمل نمونه برداری صورت گرفته است در شکل ۱ نشان داده شده است.

تعیین شاخص WQI

شاخص کیفیت آب برای مصارف آشامیدنی و یا آبیاری، کیفیت کلی آب را از طریق یک عدد واحد در یک زمان و مکان مشخص بر اساس پارامترهای کیفی مختلف آب بیان می‌کند (۱۹). با محاسبه زیر شاخص‌های مربوط و وزن دهی، در نهایت مقدار نهایی شاخص محاسبه می‌شود. جهت محاسبه مقدار شاخص WQI، از داده‌های کیفی سال ١٣٩٤ که در طرح‌های پایش و آزمایشات روتین سازمان توسعه منابع آب ایران انجام شده است، استفاده شد. در این مطالعه از پارامترهای فیزیکوشیمیایی منابع آب زیرزمینی منطقه از قبیل pH، کلراید، سولفات، کل جامدات محلول، سختی کل، قلیائیت، سدیم استفاده شد. تمام آزمایشات مربوط به نمونه برداری از منابع و حمل و نگهداری طبق کتاب استاندارد آزمایشات برای آب و فاضلاب توسط کارشناسان شرکت آب و فاضلاب انجام شد. پارامترهای مورد نیاز برای تعیین این شاخص در جدول ۱ گزارش شده است. از رابطه ۱ نیز برای تعیین شاخص WQI استفاده شد. در این رابطه q_i رتبه کیفیت آب را با توجه به غلظت پارامتر i نشان می‌دهد و W_i فاکتور وزن می‌باشد که بستگی به

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

اهمیت پارامتر کیفی از نظر بهداشت و سلامتی دارد. مقادیر فاکتور وزن پارامترهای مختلف در جدول ۱ گزارش شده است. با توجه به مقدار بدست آمده برای شاخص WQI و ارجاع به جدول ۲ می‌توان از وضعیت آب مورد نظر از نظر آشامیدن آگاه شد.

$$WQI = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i \times w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (۱)$$

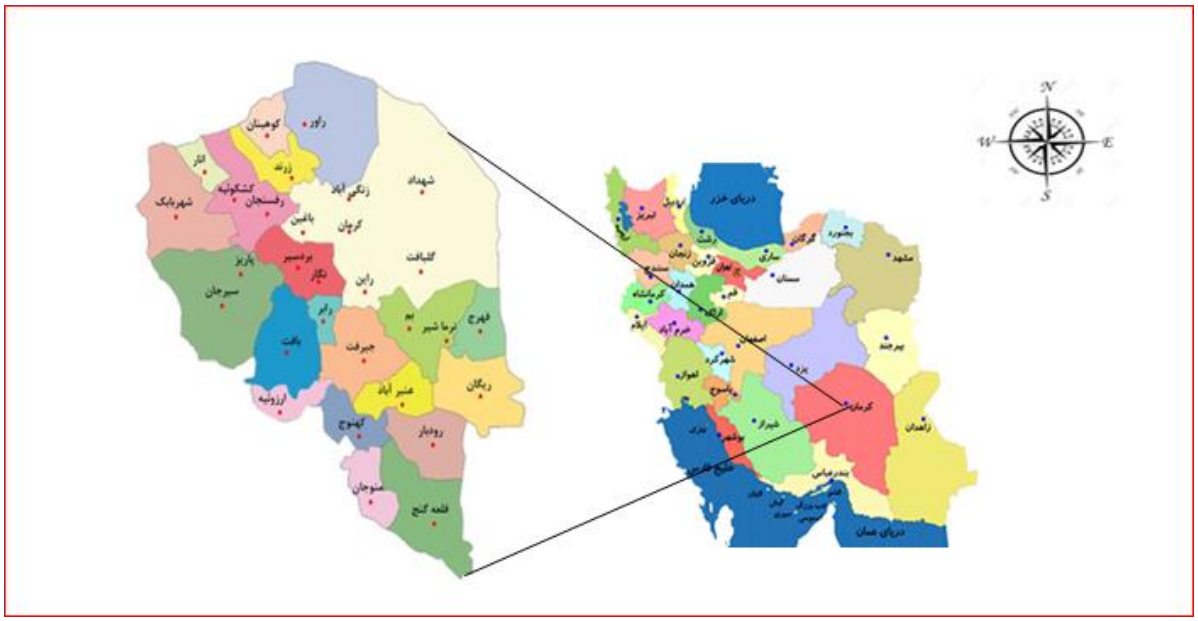
به منظور تعیین q_i از رابطه ۲ استفاده شد. V_a مقدار پارامتر i در زمان نمونه برداری، V_i مقدار پارامتر i در حالت ایده آل (V_i برای اکسیژن ۱۴/۷، برای pH برابر با ۷ و برای سایر پارامترها مقدار صفر می‌باشد) و S_i مقدار پارامتر i در حالت استاندارد می‌باشد (جدول ۱). همچنین جهت محاسبه پارامتر W_i از رابطه ۳ استفاده شد. مقدار K از رابطه ٤ حاصل می‌گردد (۲۰).

$$q_i = \frac{V_a - V_i}{S_i - V_i} \quad (۲)$$

$$W_i = \frac{K}{S_i} \quad (۳)$$

$$K = 1/\sum(1/S_i) \quad (٤)$$

از آنجایی که داده‌های مربوط به دو پارامتر نیترات و فلوراید وجود نداشت، از رابطه ۳ و ٤ جهت محاسبه دوباره وزن سایر پارامترها استفاده گردید و در جدول ۱ وزن اصلاح شده گزارش شد.



شکل ۱. موقعیت استان کرمان در ایران و شهرستان‌های این استان

جدول ۱. مقادیر استاندارد و ضریب وزنی خصوصیات کیفی ورودی به شاخص WQI

پارامتر	مقدار استاندارد (S_i)	ضریب وزنی (Wi)	ضریب وزنی اصلاح شده (Wi)
pH	۸/۵	۰/۱٤۲۸	۰/۸۲۰۹
کلراید	۲۵۰	۰/۰۰٤۸	۰/۰۲۷۹
سولفات	۲۵۰	۰/۰۰٤۸	۰/۰۲۷۹
قلیائیت	۱۲۰	۰/۰۱۰۱	۰/۰۵۸۱
نیترات	۵۰	۰/۰۲٤۲	N
سختی کل	۳۰۰	۰/۰۰٤۰	۰/۰۲۳۲
کل مواد محلول	۱۰۰۰	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۶۹
سدیم	۲۰۰	۰/۰۰۶۰	۰/۰۳٤۸
فلوراید	۱/۵	۰/۸۰۹	N

N: پارامترهایی که داده‌های آنها در دسترس نیست و وزن آنها بر روی سایر پارامترها افزوده می‌شود.

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

جدول ۲. طبقه بندی کیفیت منابع آب با توجه به شاخص WQI

وضعیت آب از نظر آشامیدن	دامنه شاخص
غیرقابل آشامیدن	۹۱-۱۰۰
خیلی بد	۷۱-۹۰
بد	۵۱-۷۰
خوب	۲۶-۵۰
عالی	<۵۰

ترسیم نمودارها توسط نرم افـزار اکسـل و همچنـین آنالیزهای آمار توصیفی میانگین، انحراف معیار و حـد اطمینان با سـطح معنـاداری ۹۵ درصـد و آنالیزهـای آمار استنباطی رگرسیون جهت تشخصیص مهم ترین پارامترها در تعیین شاخص WQI توسـط نـرم افـزار SPSS-16 انجام شد.

یافته‌ها

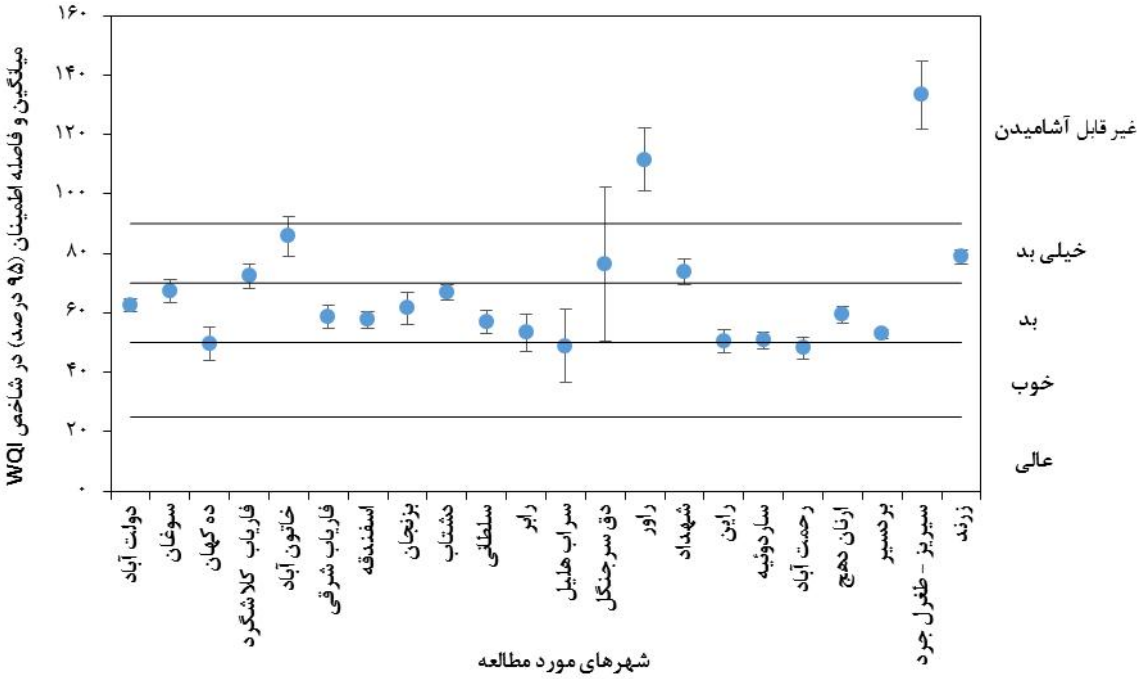
میانگین و انحراف معیار پارامترهایی که جهـت تعیـین شاخص WQI مورد استفاده قرار گرفته اند، همچنین میانگین و انحراف معیـار شـاخص WQI در جـدول ۳ ارائه شده است. همانگونه که در این جدول ملاحظـه می‌شود، میـانگین کمتـرین مقـدار شـاخص WQI در مناطق سراب هیل و رحمت آباد به ترتیب ۱۶±۴۸ و ۱۹±۴۸ با وضعیت خـوب از نظـر کیفیـت و بـالاترین مقدار شـاخص در منطقـه سـیریز- طغـرل جـرد بـا متوسـط ۶۲±۱۳۳ بـا وضـعیت غیرقابـل آشـامیدن مشاهده شد.

جدول ۳. مقادیر پارامترها و شاخص WQI برای مناطق مورد مطالعه

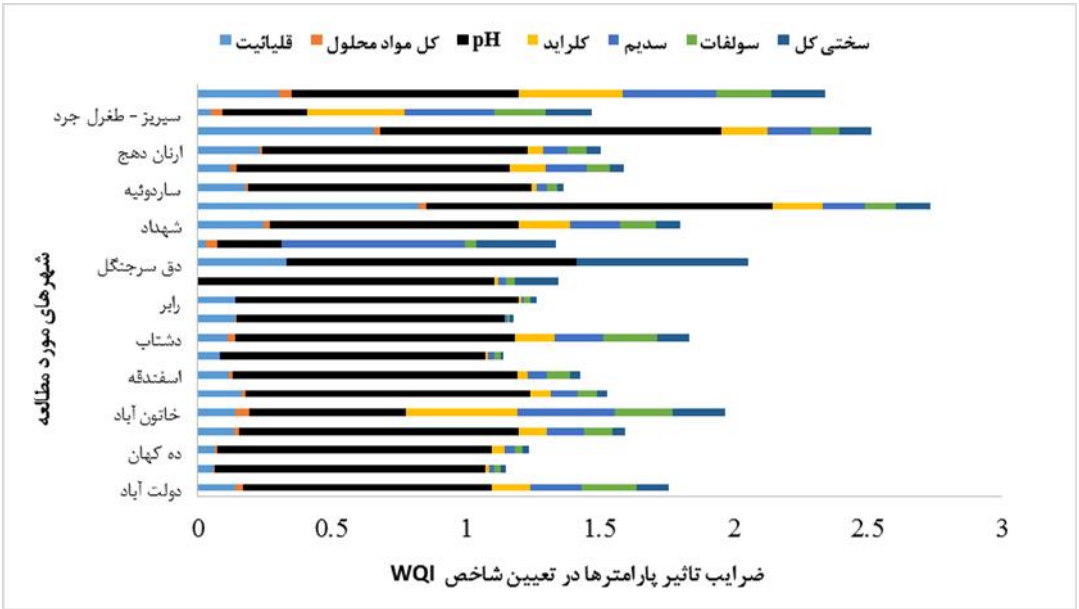
پارامتر / منطقه	pH	Cl^-	So_4(mg/l)	T.ALK mg/l(CaCO3)	TH mg/l(CaCO3)	TDS((mg/l)	Na(mg/l)	WQI
دولت آباد	۷/۷۲±۰/۳۵	۱۸۹ ±۲۶۹	۲۹۱±۳۸۸	۲۲۱±۵۸	۳۵۵±۳۱۷	۸۸٤±۸۷۹	۱۸۲±۲۲۷	۶۲±۲۰
سوغان	۸ ±۰/٤۲	۵۲±۳۱	۶۳±۵۱	۱۷۸±۲۷	۲۰۰±۶۳	۳۵۷±۱۳۰	۳۹±۲۰	۶۷±۲۳
ده کهان	۷/۶٤ ±۰/٤	۹۵±۹۰	۷۹±٤۷	۱۸۹±۲۸	۲۲۱±۷۰	٤۳۵±۲۵۱	۶۹±٤۸	٤۹±۲۱
فاریاب کلا شگرد	۷/۹۳ ±۰/۳۸	۲٤۸±۱۸۳	۲۶۱±۱۹۳	۱۷۸±۵۵	۲۳۰±۱۲۰	۸۶٤±۵۷۷	۲٤۸±۱۶۱	۷۲±۲۰
خاتون آباد	۷/۵±۰/٤٤	۱۳۳۵±۱۵٤٤	۶۹۸±۷۹۳	۲۲۹±۱۱۹	۱۰٤۱±۱۰۵۸	۳۱۱۰±۳۰۸۷	۸۰۸±۸۷۷	۸۵±٤۱
فاریاب شرقی	۷/۷۵±۰/۳۲	۸۳±۱۱۲	۱۳۵±۱۰۶	۲۳۰±۵۶	۲۰۱±۷۷	۵۶۰±۳۲۰	۱۱٤±۹۹	۵۸±۱۶
اسفندقه	۷/۷۵ ±۰/۳٤	۵۹±۵۹	۱۲۹±۱۳۹	۲۰۸±٤۲	۲۰۸±۸۷	٤۹۷±۲۷۱	۸۹±۷۰	۵۷±۱۷
بزنجان	۷/۸۶ ±۰/۳۱	۲۵±۱۷	٤۸±۳۶	۲۲۸±۲۸	۱۹۲±۲۶	۳٤۷±۸٤	۳۷±۲۲	۶۱±۱۷
دشتاب	۷/۷۹ ±۰/۲۸	۲۱۲±۱۹۹	۳٤۳±۲۷۱	۲۰۵±۳۵	۳۹۰±۲۲۹	۱۰۳۳±۶۲۵	۲۰۱±۱۵۶	۶۶±۱۵
سلطانی	۷/۸۲±۰/٤	۱۳±۷	۱۸±۱۷	۲۰۷±۶۳	۱۷۵±۵۲	۲۵۵±۸٤	۱٤±۸	۵۷±۲۱
رابر	۷/۷۶±۰/۳۸	۱۹±۱۲	٤۶±۳۹	۱۷۶±۵۵	۱۸۳±۶۳	۲۸۰±۱۱٤	۱۷±۱٤	۵۳±۲۰
سراب هلیل	۷/۶۸ ±۰/۳۲	۱۱±۳	۲٤±۱۰	۱۸۸±۵٤	۱۷۲±۳۸	۲٤۲±۵۵	۱۰±۳	٤۸±۱۶
سرجنگل	۷/۸±۰/۲٤	۲۷۷±۱۸۵	۶٤۲±۲۸۸	۲۳۳±٤۱	۱٤۰۷±۱٤۰	۱۵۶۶±۶۳۱	۳۱۲±۱۷۳	۷۶±۱۶
راور	۷/٤۷ ±۰/۲۷	۲۲۰۱±۲۰۹۹	۱۱۲۶±۹۵۲	۲۰۰±٤۵	۱٤٤۷±۱۱۹۵	٤۹۱۱±۳۸۲۸	۱۳۷۹±۱۲٤٤	۱۱۱±۶۳
شهداد	۷/۶۱ ±۰/۳۶	۶۱٤±۳۶۲	۷۱۶±۲۵۳	۲۰۱±۱۰۵	۷۹۸±۲۵۰	۲۱۱۵±۷۸٤	٤۵۱±۲۲۱	۷۳±۲۱
راین	۶/۹۵±۰/٤۹	٤۷۳±۳۵۰	۳۳۹±۲۱٤	۶۲۶±۳۵۶	۸۲۸±۳۵۱	۱۶۸۰±۹۱۸	۳۲٤±۱۹۲	۵۰±۲۱
ساردوئیه	۷/۶۷±۰/۳۵	۲۵±۲۷	٤۹±۵۷	۲۱٤±۶۷	۱۷۸±۶۳	۳۲۵±۱۷۳	۳۹±٤٤	۵۱±۱۸
رحمت آباد	۷/٤۷±۰/۳۶	۳۳۳±۲۳۵	۲٤۸±۱۵۰	۱۶۲±٤۸	۲۰۰±۱۳۷	۱۰۸۶±۵۸۱	۲۶۷±۱۶۹	٤۸±۱۹
ارنان دهج	۷/۷۲±۰/۲۷	۸۹±۷٤	۱۶۳±۹۲	۲۵۸±۶۸	۲۶۶±۹۳	٤۶۲±۲۹۲	۱۱۲±۷۷	۵۹±۱٤
بردسیر	۷/۳۳±۰/٤۷	۳٤۲±۳۱۷	۲۲۳±۱۸۵	۳۹۷±۲۷۷	۵۰۸±۳۲۰	۱۲۵۸±۷۸۷	۲٤٤±۱۹۲	۵۳±۲۰
سیریز- طغرل جرد	۷/۵±۰/۳۶	۲۵۶۵±۲۰٤۵	۱۶۰۲±۱۰۷۱	۲٤۲±۶۰	۱۹۲۹±۱٤۱۹	۵۶۱۰±٤۱۰۸	۱۶۳۹±۱۱۹۲	۱۳۳±۶۲
زرند	۷/۳۲±۰/٤۲	۱۰۶۱±۹٤٤	۸۸۷±۵۱۰	۲۳۱±۱۶۹	۱۱۸۸±۶۹۶	۳۰۶۷±۱۹۳٤	۶۹٤±۵٤۵	۷۸±۲۷

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

با توجه به نمودار ۱ مشاهده شد کـه بیشـتر منـاطق مورد مطالعه از نظر میانگین شاخص WQI و فاصـله اطمینان با سطح اطمینان ۹۵٪ در محدود کیفیت آب بد قرار گرفته است. بطور متوسـط ۲۲/۷ درصـد از مناطق دارای کیفیـت آب در محـدوده خـوب، ٤۵/۵ درصد از مناطق دارای کیفیت آب در محـدوده بـد، ۲۲/۷ از مناطق دارای کیفیت خیلی بـد و ۹/۱ درصـد از مناطق دارای آب غیر قابل آشامیدن می‌باشند.



نمودار ۱. میانگین و فاصله اطمینان(p<۰/۰۵) شاخص WQI



شکل ۲. مقدار اثر هر پارامتر بر شاخص WQI

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

جهت تعیین میزان تأثیر هر پارامتر در شاخص WQI و مشخص کردن مهمترین عامل که جهت کنترل و تصفیه نیازمند توجه ویژه می‌باشد، از آنالیز رگرسیون استفاده شد. مقادیر ضرایب استانداردشده هر پارامتر در نمودار ۲ نشان داده شد. در اکثر مناطق نمونه‌بردای، پارامتر pH بیشترین ضریب اثرگذاری در تعیین شاخص WQI دارد. البته در برخی نقاط علاوه بر pH تعدادی دیگر از پارامترها دارای ضریب تاثیر قابل توجه ای می‌باشد از جمله پارامترهای کلراید و سدیم در خاتون آباد و سیریز طغرل جرد، پارامترهای سختی و قلیائیت در سرجنگل، پارامتر قلیائیت در راین و بردسیر، پارامترهای قلیائیت، کلر و سدیم در زرند دارای تاثیر مهم در مقدار شاخص WQIمی‌باشند.

بحث

WQI برای ارزیابی کیفیت آب بسیاری از آب‌های سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است. هدف آن تبدیل داده‌های پیچیده کیفی آب به اطلاعات قابل درک و کاربردی است. این شاخص مقدار زیادی از داده‌های پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آب را با روشی ساده به یک عدد کاهش می‌دهد که از مزیت اصلی آن به شمار می‌آید (۲۱). در این مطالعه به بررسی شاخص WQI بعنوان یک معرف ساده و کاربردی جهت توصیف وضعیت آب‌های زیرزمینی در برخی مناطق استان کویری کرمان پرداخته شد. نتایج نشان داد که به جز تعداد کمی از مناطق که دارای آبی با وضعیت خوب می‌باشند در سایر مناطق متوسط شاخص WQI در وضعیت بد، خیلی بد و غیر قابل آشامیدن قرار دارد. بنابراین تصفیه آب جهت آشامیدن در مناطق با شاخص WQI در محدوده مذکور، بسیار ضروری می‌باشد. در مطالعه راماکریشنایا و همکاران آب‌های زیرزمینی در بیشتر مناطق نمونه‌برداری دارای شاخص WQI در محدوده آب‌های بد، خیلی بد و غیرقابل آشامیدن بودند و نیاز به تصفیه بعنوان یک امر ضروری معرفی شد (۳). در مطالعه رضا و همکاران شاخص WQI برای فصل تابستان و فصل پس از باران‌های موسمی به ترتیب مقادیر ۵۷-۱۴ و ۶۷-۱۹ بدست آمد که علت این تفاوت در شاخص WQI بالا بدون میزان جامدات محلول در طی فصل باران‌های موسمی نسبت به تابستان گزارش گردید و همچنین در این مطالعه تصفیه برای منابع آبی با شاخص WQI بالاتر از ۵۰ را ضروری دانستند (۶). مطالعه نوابیان و همکاران که به بررسی کیفیت آب زیرزمینی استان گیلان با چندین شاخص پرداختند، مشاهده شد که متوسط و پایین ترین مقدار شاخص WQI در محدوده کمتر از ۲۵ (شرایط عالی) قرار دارد و در شرایط ماکزیمم مقادیر شاخص WQI به بالاتر از ۱۰۰ (غیر قابل آشامیدن) رسیده است (۲۲). در بررسی تعیین مهمترین عوامل موثر بر شاخص WQI، مشاهده شد که بیشترین تاثیر مربوط به پارامتر pH می‌باشد، هرچند که پارامترهای قلیائیت، سختی و شوری نیز در برخی از مناطق تاثیر قابل توجهی در میزان WQI دارند. اهمیت pH در مقدار شاخص WQI بدلیل وزن بالایی می‌باشد که به این شاخص اختصاص داده شد. مقدار pH آب مناطق مورد مطالعه بین ۸/۵-۷ بدست آمد که حکایت از شرایط متمایل به قلیایی این مناطق دارد. این رنج از pH در محدود مجاز استاندارد تعیین شده توسط سازمان WHO (۸/۵-۶/۵) می‌باشد (۲۳). در شهرهای کویری بدلیل عمق پایین آب‌های زیرزمینی نسبت به سطح زمین، مسئله سختی و قلیائیت توسط صنایع کم اهمیت تر می‌باشد، بنابراین احتمال می‌رود که این pHهای متمایل به قلیائی ناشی از ساختار زمین شناسی این مناطق باشد. شهرهای کویری ایران بطور معمول دارای خاکی با ساختار آهکی می‌باشند و این جنس از خاک باعث افزایش میزان سختی و به تبع آن افزایش pH آب می‌شود. در مطالعه راماکریشنایا و همکاران پارامترهای موثر در مقدار

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

شاخص WQI را آهن، نیترات، کل جامدات محلول، سختی، فلوراید، قلیائیت و منگنز گزارش نمود (۳). با توجه به پارامترهایی که بیشترین تاثیر را در شاخص WQI دارد، مشخص می‌شود که شرایط آب تمایل به رسوب‌گذاری دارد و امکان ایجاد لایه‌ای از رسوب کلسیم و منیزیم در سیستم توزیع آب می‌باشد. انتظار می‌رود وجود کلسیم به دلیل انحلال رسوبات $CaCO_3$ و $Ca(MgCO_3)_2$ در طول آبگیری منابع باشد و همچنین ممکن است منیزیم از انحلال کلسیت، گچ و دولومیت سنگ‌های منبع حاصل شود (۳،۲۴،۲۵). از طرفی مشاهده شد که غلظت سدیم و کلراید که عوامل اصلی در شوری آب‌ها زیرزمینی می‌باشند، در برخی از مناطق مانند خاتون آباد، سریز طغرل جرد و زرند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در شاخص WQI داشتند. از علل بسیار مهم در افزایش میزان شوری آب‌های زیرزمینی، برداشت بی رویه از آب‌های زیرزمینی و معکوس شدن شیب هیدرولیکی و در نتیجه حرکت آب‌های شور به سمت آب‌های با شوری پایین می‌باشد. یکی دیگر از علل وجود کلراید را می‌توان اشباع شدن لایه‌های خاک در اثر فعالیت‌های انسانی و خشکسالی‌های پی در پی دانست (۲۵). در مطالعه عباس نژاد و همکاران که آسیب‌پذیری دشت سیرجان را با توجه به برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی بررسی کردند، مشاهده شد که میزان شوری سفره‌های آب زیرزمینی در طی ۶ سال اخیر دارای افزایش ۱۲۲ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد که علت آن را برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی که باعث تغییر شیب هیدرولیکی و به تبع آن پیشروی آب‌های شور می‌شود، معرفی نمودند. از طرفی احداث سد بر روی مسیر رودخانه تنگوئیه که منجر به کاهش تغذیه سفره‌های زیرزمینی شده است را یکی دیگر از عوامل این معضل معرفی نمودند (۲۶). در مطالعه احسانی و همکاران که پتانسیل شوری، رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی شهر ساری را بررسی نمودند، مشخص شد در که آب از نظر شرایط رسوب‌گذاری و شوری در محدوده نامطلوب قرار دارد (۲۷). شرایط نامطلوب از نظر شوری و رسوب‌گذاری در منابع آب می‌تواند بر سلامت انسان نیز اثرات و آسیب‌های جدی مانند مشکلات کلیوی و گوارشی ایجاد کند (۲۸). بنابراین ضرورت تصفیه، کاربرد موادی مانند ترکیبات فسفات دار جهت کاهش میزان رسوب گذاری در لوله‌ها و از طرفی کنترل در مصرف منابع آب زیرزمینی و تزریق مصنوعی آب‌های شیرین و عملیات آبخیزداری جهت کنترل شیب هیدرولیکی نفوذ آب‌های شور به سفره‌های آب شیرین حائز اهمیت می‌باشد (۲۹،۳۰).

نتیجه گیری

در این مطالعه مشاهده شد که در بیشتر مناطق استان کرمان، شاخص WQI در شرایط بد و نامطلوب قرار دارد و ضرورت تصفیه حائز اهمیت می‌باشد. از طرفی مشاهده گردید که مهمترین پارامترهای اثرگذار در این شاخص pH، سختی کل، قلیائیت و شوری می‌باشد. بنابراین اهداف تصفیه بر مبنای بهبود دادن شرایط این متغیرها باید باشد. همچنین در کنار تصفیه می‌توان با کاهش برداشت آب‌های زیرزمینی و ایجاد شرایط آبخیزداری کمک شایانی در بهبود شرایط این پارامترها داشت.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بدین‌وسیله از سازمان توسعه منابع آب تهران به منظور مساعدت در انجام این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018

References

1- Vasanthavigar M, Srinivasamoorthy K, Vijayaragavan K, Ganthi RR, Chidambaram S, Anandhan P, et al. Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. Environmental monitoring and assessment. 2010;171(1-4):595-609.

2- Rajankar P, Gul er resources in Nagpur Region (India) based on WQI. Journal of Chemistry. 2009;6(3):905-8.

3- Ramakrishnaiah C, Sadashivaiah C, Ranganna G. Assessment of water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. Journal of Chemistry. 2009;6(2):523-30.

4- Varol S, Davraz A. Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). Environmental Earth Sciences. 2015;73(4):1725-44.

5- Magesh N, Chandrasekar N. Evaluation of spatial variations in groundwater quality by WQI and GIS technique: a case study of Virudunagar District, Tamil Nadu, India. Arabian journal of Geosciences. 2013;6(6):1883-98.

6- Reza R, Singh G. Assessment of ground water quality status by using water quality index method in Orissa, India. World Applied Sciences Journal. 2010;9(12):1392-7.

7- Bhardwaj V, Singh DS, Singh A. Hydrogeochemistry of groundwater and anthropogenic control over dolomitization reactions in alluvial sediments of the Deoria district: Ganga plain, India. Environmental Earth Sciences. 2010;59(5):1099-109.

8- Causapé J, Auqué L, Gimeno MJ ,Mandado J, Quílez D, Aragüés R. Irrigation effects on the salinity of the Arba and Riguel Rivers (Spain): present diagnosis and expected evolution using geochemical models. Environmental Geology. 2004;45(5):703-15.

9- Andrade EMd, Lopes FB, Palácio HAQ, Aquino DdN, Alexandre DMB. Land use and groundwater quality: the case of Baixo Acaraú Irrigated Perimeter, Brazil. Revista Ciência Agronômica. 2010;41(2):208-15.

10- Baghvand A, Nasrabadi T, Bidhendi GN, Vosoogh A, Karbassi A, Mehrdadi N. Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. Desalination. 2010;260(1):264-75.

11- Milovanovic M. Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. Desalination. 2007;213(1-3):159-73.

12- Pal A, Kumari A, Zaidi J. Water quality index (WQI) of three historical lakes in Mahoba District of Bundelkhand Region, Uttar Pradesh, India. Asian Journal of Science and Technology. 2013;4(10):048-53.

13- Sánchez E, Colmenarejo MF, Vicente J, Rubio A, García MG, Travieso L, et al. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators. 2007;7(2):315-28.

14- Bhargava DS. Use of water quality index for river classification and zoning of Ganga River. Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical. 1983;6(1):51-67.

15- Rao NS. Seasonal variation of groundwater quality in a part of Guntur District, Andhra Pradesh, India. Environmental Geology. 2006;49(3):413-29.

16- Edmunds W, Carrillo-Rivera J, Cardona A. Geochemical evolution of groundwater beneath Mexico City. Journal of Hydrology. 2002;258(1):1-24.

17- Neto BR, Hauser-Davis R, Lobato T, Saraiva A, Brandão I, Oliveira T, et al. Estimating Physicochemical Parameters and Metal Concentrations in Hydroelectric Reservoirs by Virtual Sensors: A Case Study in the Amazon Region. Computer Science and Engineering. 2014;4(2):43-53.

18- Nasrabadi T, Maedeh PA. Groundwater quality degradation of urban areas (case study: Tehran city ,Iran). International Journal of Environmental Science and Technology. 2014;11(2):293-302.

19- Yogendra KP, E.T. Determination of water quality index and suitability of urban water body in Shimoga Town, Karnataka. Conference Proceedings of the 12th World Lake Conference,Taal. 2008.

20- Asadi S, Vuppala P, Reddy MA. Remote sensing and GIS techniques for evaluation of groundwater quality in municipal corporation of Hyderabad (Zone-V), India. International journal of environmental research and public health .2007;4(1):45-52.

21- Shabbir R, Ahmad S. Use of Geographic Information System and Water Quality Index to Assess Groundwater Quality in Rawalpindi and Islamabad. Arabian Journal for Science & Engineering (Springer Science & Business Media BV. 2015;40(7):33-47.
22- Navabian M YS, Esmaeili Verki M, Ghodsi M. Determine the best water quality assessment index in Guilan province. First National Conference on Water and Agriculture Water Challenges: The National Association of Irrigation and Drainage in Iran. 1392;12 [In Persian].
23- Ramesh K, Elango L. Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India. Environmental monitoring and assessment. 2012;184(6):3887-99.
24- Lakshmanan E, Kannan R, Kumar MS .Major ion chemistry and identification of hydrogeochemical processes of ground water in a part of Kancheepuram district, Tamil Nadu, India. Environmental geosciences. 2003;10(4):157-66.
25- Datta P, Tyagi S. Major ion chemistry of groundwater in Delhi area: chemical weathering processes and groundwater flow regime. Journal-Geological Society of India. 1996;47:179-88.
26- Abbas Nejad A S-DA. Investigating the vulnerability of Sirjan Plain with regard to the excessive harvesting of groundwater reefs in the region. 1392;8(12):85-96.[In Persian].
27- Ehsani S SM, Ehsani Ardakani H, Abbasi P. Assessment of salinity and corrosion potential of Sari groundwater with emphasis for using in industry, agriculture and urban. Journal of humans and the environment. 2013;19-30(11).
28- Organization WHO. Guidelines for drinking-water quality: World Health Organization; 2004.
29- Dehghani M FT, Tabatabae HR. Corrosion and scaling potentiality ofshiraz drinking water National Conference on Environmental Health Zahedan. 2008[In Persian].
30- Avazpour M GM AR. Corrosion and deposition of potential drinking water sources Ilam. National Conference on Environmental Health Zahedan. 2008.[In Persian].

Downloaded from oeh.arums.ac.ir at 16:22 IRST on Wednesday October 24th 2018