



ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت کرمان جهت مصارف شرب با استفاده از شاخص GWQI

مبینا عبدالهی فوزی^{۱*}، نسرین سیاری^۲، بهرام بختیاری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استادیار، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانشیار، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

*نویسنده مسئول: moabdollahi@agr.uk.ac.ir

چکیده

آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع آبی هر کشور محسوب می‌شود. کیفیت آب زیرزمینی عامل مهمی در مطلوبیت کیفیت آب در مصارف مختلف است. در این مطالعه به بررسی کیفیت آب زیرزمینی در دشت کرمان پرداخته شد. در این پژوهش ۲۹ چاه مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مهم کیفیت آب شامل سولفات، کلر، سدیم، منگنز، کلسیم، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و اسیدیته با شاخص کیفی آب زیرزمینی (GWQI) جهت مصارف شرب مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این روش با وزن‌دهی به هریک از پارامترها و محاسبه نسبت هر پارامتر به مقدار استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۸) شاخص کیفیت آب زیرزمینی محاسبه شد. این شاخص در چهار گروه بسیار مناسب، خوب، متوسط و ضعیف طبقه‌بندی شد که ۵۹ درصد نمونه‌ها در گروه بسیار مناسب و ۲۴ درصد نمونه‌ها در گروه خوب قرار گرفتند و بقیه نمونه‌ها در گروه متوسط و ضعیف قرار گرفتند. مقادیر فراتر از حد مجاز TDS و EC در تعدادی از نمونه‌های مورد مطالعه باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی شده بود. دیگر پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده در این آبخوان از حد استاندارد پایین‌تر بودند. در واقع تعدادی از چاه‌های جنوب شرقی و شمال غربی آبخوان دارای کیفیت بسیار مناسب و تعدادی از چاه‌های بخش جنوبی و شمال شرقی آبخوان دارای کیفیت خوب ارزیابی شدند.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، استاندارد شرب، پارامترهای کیفی، شاخص GWQI، کیفیت آب

مقدمه

آب‌های زیرزمینی در مقایسه با آب‌های سطحی دارای آلودگی کمتر و کیفیت بالاتر می‌باشند. اهمیت ارزیابی کیفیت این آب‌ها به دلیل اینکه بدون تصفیه مورد استفاده در مصارف شرب و آبیاری قرار می‌گیرند بسیار فراوان است [۱]. خصوصیات کیفی آب از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی است که در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی منابع آب و سلامت آب‌ها کمتر مورد بررسی قرار گرفته است [۲]. تأثیر عواملی مانند افزایش جمعیت، افت سطح آب‌های زیرزمینی ورود، فاضلاب‌های شهری و صنعتی، کودهای شیمیایی مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی، نشت از مخازن و خطوط انتقال نفت باعث آلودگی آب‌های



زیرزمینی می‌شود. سلامت انسان تحت تأثیر کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌باشد که حفاظت از آنها موضوع بسیار مهمی است [۳].

شاخص کیفی آب (WQI) روشی است که برای تشخیص کیفیت آب زیرزمینی از یک بیان عددی استفاده می‌کند. این روش با قابلیت بالای توصیف اطلاعات کیفی آب و به‌کارگیری پارامترهای تأثیرگذار در ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان مورد بررسی قرار گرفته است [۴]. این مدل با ارائه یک عدد وضعیت کیفیت آب را با ترکیب چند پارامتر فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی بیان می‌کند [۵]. تحقیقاتی در این زمینه در ایران و سایر نقاط دنیا انجام شده است که به برخی از آنها اشاره شده است.

زاهدی و همکاران [۶] به بررسی شاخص کیفیت آب زیرزمینی با مدل تاپسیس و برنامه‌ریزی سازش پرداختند. نتایج آنها نشان داد که روش تاپسیس دقت بیشتری در تجزیه و تحلیل کلاس‌هایی با تعداد چاه کم دارد. گرگیچ و همکاران [۷] به بررسی کیفیت آب زیرزمینی آذرشهر با تئوری آنتروپی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که بی‌کربنات بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب زیرزمینی این شهر گذاشته است. استواری و همکاران [۸] به ارزیابی شاخص کیفی آب زیرزمینی در دشت لردگان پرداختند. نتایج آنها نشان داد که بخش شمالی آبخوان دارای کیفیت کمتر و بخش جنوبی دارای کیفیت مطلوبی است. همچنین کدورت و هدایت الکتریکی بیشترین تأثیر را بر روی کیفیت آب زیرزمینی داشته است. اسدی و بیات [۹] به ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت زنجان با استفاده از روش‌های TOPSIS و EWQI پرداختند. نتایج آنها نشان داد پارامتر کلراید به‌عنوان تأثیرگذارترین پارامتر در دشت بوده است. مظفری و همکاران [۱۰] به ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت زنجان با شاخص C-GWQI پرداختند. نتایج آنها نشان داد کیفیت آب زیرزمینی در محدوده شهری پایین‌تر از سایر نقاط بوده است. استیگر و همکاران [۱۱] کاربرد شاخص کیفیت آب زیرزمینی را به‌عنوان معیاری در سیستم‌های کشاورزی و محیطی در پرتغال مورد مطالعه قرار دادند. راجانکار و همکاران [۱۲] به تحلیل کیفیت آب زیرزمینی در هند پرداختند. بر اساس نتایج آنها با استفاده از شاخص کیفی آب (WQI) تغییرات قابل توجهی در کیفیت آب زیرزمینی مشاهده شد. رضا و سینگ [۱۳] به بررسی کیفیت آب زیرزمینی در Orissa پرداختند. نتایج آنها نشان داد که بر اساس شاخص کیفیت آب (WQI)، املاح فلئور، نترات، کلسیم و منیزیم تأثیر زیادی بر آب زیرزمینی دارند. یانگ و جن [۱۴] به پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه در آمریکا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که روش رگرسیونی دقت بیشتری نسبت به روش‌های سنتی دارد. شارما و پاتل [۱۵] به بررسی کیفیت آب زیرزمینی در هند با شاخص کیفی آب زیرزمینی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که آب زیرزمینی این منطقه جهت مصارف شرب در کلاس ضعیف تا متوسط قرار دارد. باتوجه به اهمیت آب‌های زیرزمینی در شرب و کشاورزی و افت سطح چاه‌ها و افزایش آلاینده‌ها در مناطق مختلف بررسی وضعیت کیفی آن از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی در دشت کرمان جهت استفاده در مصارف شرب می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان کرمان با مساحت ۲۴۰ کیلومترمربع بین طول و عرض جغرافیایی ۵۷/۰۷۲ درجه شرقی و ۳۰/۲۸ درجه شمالی واقع شده است. اقلیم استان کرمان بر اساس طبقه‌بندی دمارتن خشک و بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه خشک سرد می‌باشد [۱۶]. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، شامل اسیدیته (PH)، هدایت الکتریکی (EC)، سولفات (SO_4)، سدیم (Na)، منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca) و کل مواد جامد محلول (TDS) از سال ۱۳۹۱-۱۴۰۱ در ۳۰ حلقه چاه در منطقه کرمان مورد استفاده قرار گرفته است. در شکل ۱ موقعیت چاه‌های مورد مطالعه دشت کرمان بر روی نقشه گوگل ارث نشان داده شده است.



شکل ۱ - نمایش موقعیت جغرافیایی چاه‌های مورد مطالعه دشت کرمان بر روی نقشه گوگل ارث، (ترسیم توسط پژوهشگر)

روش کار

شاخص GWQI

یکی از شاخص‌های مهم مورد استفاده در بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی شاخص^۱ GWQI می‌باشد. این روش در تعیین کیفیت آب شرب نیز بکار می‌رود [۱۷]. در این روش مؤلفه‌های ورودی متغیر است. در تعیین GWQI از استانداردهای WHO^۲ استفاده می‌شود [۱۵].

محاسبه‌ی شاخص GWQI

برای ارزیابی شاخص کیفی آب زیرزمینی مراحل زیر انجام شد. الف) تعیین وزن هر مؤلفه‌ی کیفی. دامنه وزن مؤلفه‌ها به ترتیب اهمیت از ۱ تا ۵ متغیر است. وزن نسبی از معادله ۱ محاسبه شد.

$$RW_i = (W_i / \sum W_i) \quad (1)$$

که در آن RW_i وزن نسبی هر مؤلفه کیفی، W_i وزن هر مؤلفه، $\sum W_i$ مجموع وزن‌های n مؤلفه می‌باشد. ب) کیفیت نسبی (Q_i) برای هر مؤلفه از معادله ۲ محاسبه شد.

$$Q_i = 100(C_i / S_i) \quad (2)$$

که در آن C_i مقدار هر مؤلفه در هر نمونه آب، S_i استاندارد شرب WHO برای همان مؤلفه می‌باشد. پ) مقدار QW هر مؤلفه از معادله ۳ محاسبه شد.

$$QW_i = (Q_i / RW_i) \quad (3)$$

¹ Groundwater Quality Index

² World Health Organization



ت) در مرحله آخر شاخص کیفی آب زیرزمینی از معادله ۴ محاسبه شد.

$$GWQI = \sum(QWi) \quad (4)$$

طبقه‌بندی کیفیت آب شرب بر اساس GWQI در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی کیفیت آب شرب بر اساس شاخص GWQI [۱۵].

دامنه GWQI	طبقه‌بندی کیفی آب
0-25	بسیار مناسب
26-50	خوب
51-75	متوسط
>75	ضعیف

بحث و نتایج

در جدول ۲ آمار توصیفی مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده شامل میانگین، انحراف معیار، کمینه، بیشینه و مقادیر W_i و RW نمونه‌های مورد مطالعه به همراه مقادیر استاندارد ارائه شده توسط WHO جهت مصارف شرب در آبخوان دشت کرمان ارائه شده است.

جدول ۲- آمار توصیفی مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده در آبخوان دشت کرمان

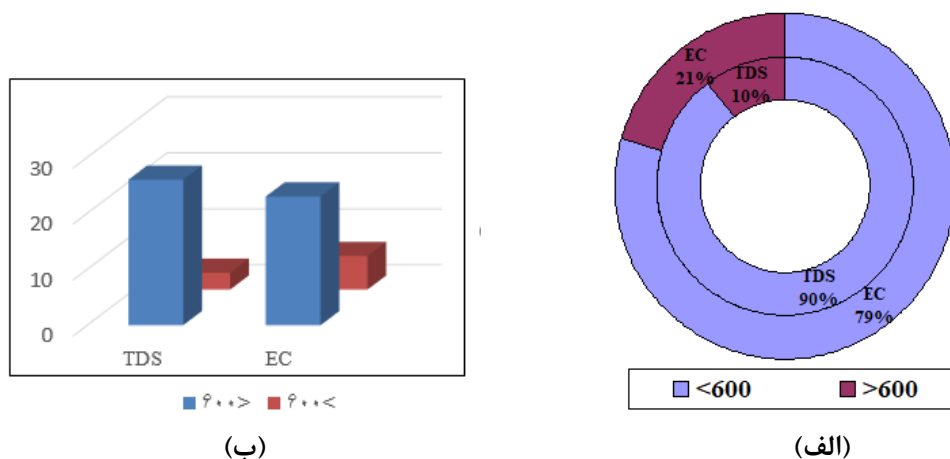
ردیف	So ₄	PH	TDS	EC	Ca	Mg	Na	Cl
میانگین	12/50	7/28	279/14	429/41	7/50	8/45	31/09	30/16
انحراف معیار	6/02	0/49	192/98	296/84	4/16	3/89	29/31	28/56
کمینه	3/00	6/00	68/80	106/00	2/30	2/20	4/00	2/80
بیشینه	27/70	8/20	862/60	1327/00	19/00	23/00	120/00	130/00
W_i	3/00	2/00	4/00	3/00	3/00	2/00	3/00	4/00
RW	0/13	0/08	0/17	0/13	0/13	0/08	0/13	0/17
[۱۸] استاندارد شرب WHO	250	6/5-8/5	600	600	200	100	150	250

* واحد اندازه‌گیری همه پارامترها به جز PH و EC میلی گرم در لیتر و واحد اندازه‌گیری EC میکروزیمنس بر سانتی -

متر است.

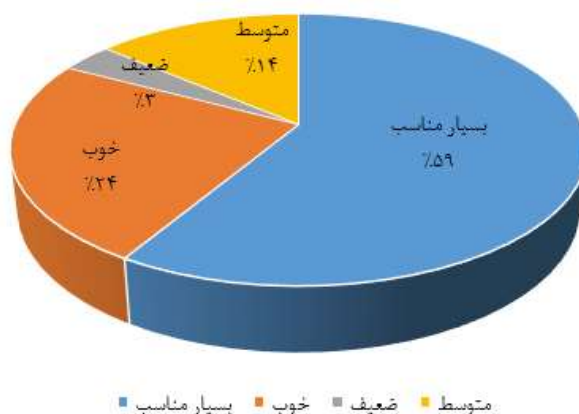
در آبخوان دشت کرمان چاه‌های مورد مطالعه از نظر مقادیر PH، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر سازگاری دارد. مقادیر کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی اندکی فراتر از حد مجاز WHO است. از ۲۹ نمونه برداشت شده ۹۰ درصد مقادیر TDS اندازه‌گیری شده کمتر از حد مجاز (معادل ۲۶ چاه) و ۱۰ درصد از آنها (معادل ۳ چاه) از حد مجاز بالاتر بوده

است. ۷۹ درصد مقادیر EC اندازه‌گیری شده کمتر از حد مجاز (معادل ۲۳ چاه) و ۲۱ درصد آن (معادل ۶ چاه) فراتر از حد مجاز بوده است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲ - نمایش مقادیر TDS و EC چاه‌های مورد مطالعه دشت کرمان بر حسب درصد (الف) و بر حسب تعداد (ب)، (ترسیم توسط پژوهشگر)

نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت آب چاه‌های دشت کرمان نشان داد که ۱۷ چاه دارای کیفیت بسیار مناسب جهت آشامیدن، ۷ چاه دارای کیفیت خوب، ۴ چاه با کیفیت متوسط و ۱ چاه با کیفیت ضعیف بوده است. به بیان دیگر از چاه‌های مورد بررسی ۵۹ درصد با کیفیت بسیار مناسب، ۲۴ درصد با کیفیت خوب، ۱۴ درصد با کیفیت متوسط و ۳ درصد با کیفیت ضعیف ارزیابی شده است که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۳ - کلاس‌بندی چاه‌های مورد مطالعه در دشت کرمان بر اساس شاخص (GWQI)، ترسیم توسط پژوهشگر

نتایج کیفیت آب زیرزمینی با شاخص GWQI در جدول ۳ ارائه شده است. چاه‌های مورد مطالعه به وسیله کد از F1 تا F29 نام‌گذاری شده است. مختصات جغرافیایی چاه‌ها به صورت UTM بیان شده است. با استفاده از مختصات جغرافیایی موقعیت چاه‌ها بر روی نقشه‌های گوگل ارث جانمایی شده است. بر این اساس می‌توان کلاس‌بندی کیفیت آب زیرزمینی را در بخش‌های مختلف آبخوان نشان داد.

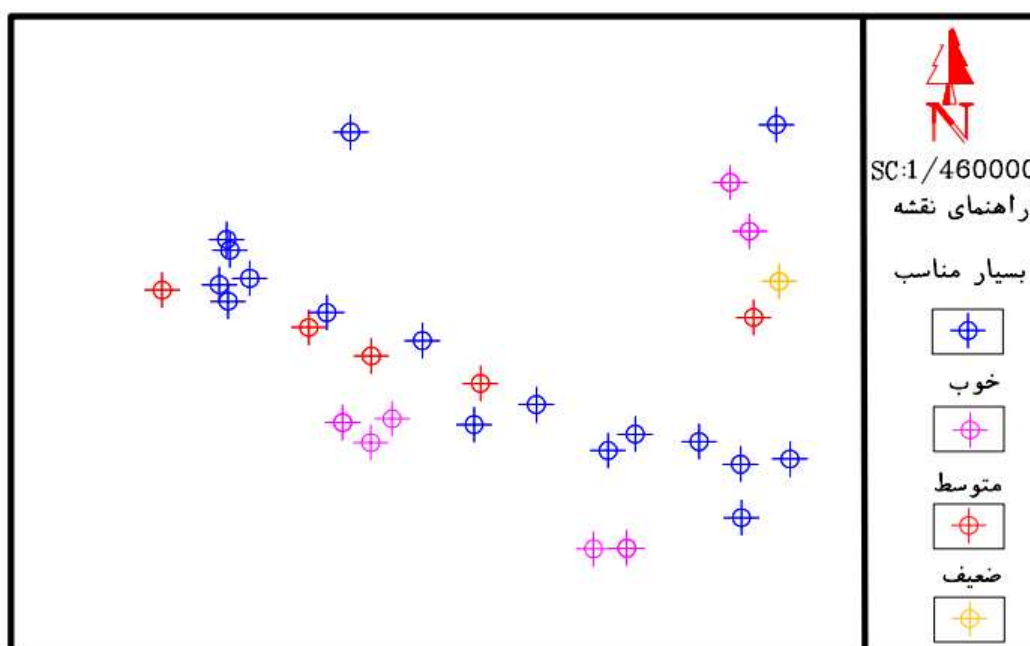


جدول ۳- نتایج کیفیت آب زیرزمینی با شاخص GWQI

CODE	utm _x	utm _y	GWQI	کیفیت آب شرب
F1	439461	3352186	35/56	خوب
F2	444412	3352658	23/83	بسیار مناسب
F3	445048	3356569	25/68	بسیار مناسب
F4	445172	3351215	53/82	متوسط
F5	445327	3355648	24/47	بسیار مناسب
F6	447047	3353197	22/87	بسیار مناسب
F7	452166	3348942	26/42	خوب
F8	453725	3350240	22/61	بسیار مناسب
F9	455781	3365880	13/01	بسیار مناسب
F10	457578	3346468	26/66	خوب
F11	459383	3341032	25/70	بسیار مناسب
F12	462006	3347804	20/94	بسیار مناسب
F13	466490	3340519	20/79	بسیار مناسب
F14	467045	3344087	26/77	خوب
F15	471884	3342260	20/82	بسیار مناسب
F16	475106	3340696	26/14	خوب
F17	478100	3338269	22/33	بسیار مناسب
F18	479721	3329798	51/43	متوسط
F19	480455	3339693	24/26	بسیار مناسب
F20	485990	3339041	19/13	بسیار مناسب
F21	488679	3361517	69/92	متوسط
F22	489581	3337082	15/87	بسیار مناسب
F23	489663	3332442	21/58	بسیار مناسب
F24	490352	3357290	54/24	متوسط
F25	490713	3349814	44/17	خوب
F26	492693	3366540	23/58	بسیار مناسب
F27	492923	3352947	83/10	ضعیف
F28	493864	3337543	13/19	بسیار مناسب
F29	495154	3356973	29/16	خوب



پراکندگی نقاط چاه‌های مورد مطالعه بر روی نقشه به تفکیک کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب با شاخص GWQI در شکل ۱ نشان داده شده است. براین اساس چاه‌هایی که در قسمت جنوب شرقی و شمال غربی آبخوان قرار گرفتند دارای کیفیت بسیار مناسبی هستند. تعدادی از چاه‌های واقع در قسمت جنوبی و شمال شرقی آبخوان دارای کیفیت خوب ارزیابی شدند. تعداد اندکی از چاه‌های مرکز آبخوان به سمت غرب نیز دارای کیفیت متوسط بوده است. یک چاه با کیفیت ضعیف در شرق آبخوان واقع شده است.



شکل ۴ - نمایش موقعیت چاه‌های مورد مطالعه بر روی نقشه در نرم‌افزار اتوکد، (ترسیم توسط پژوهشگر)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) در دشت کرمان جهت مصارف شرب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بسیاری از مقادیر اندازه‌گیری شده در بسیاری از پارامترها از حد مجاز کمتر بوده است. از چاه‌های مورد بررسی ۵۹ درصد با کیفیت مناسب و ۲۴ درصد با کیفیت خوب ارزیابی شده است. طبق محاسبات انجام شده، ۱۷ چاه دارای کیفیت بسیار مناسب جهت آشامیدن، ۷ چاه دارای کیفیت خوب، ۴ چاه با کیفیت متوسط و ۱ چاه با کیفیت ضعیف بوده است. پارامترهای TDS و EC نسبت به سایر پارامترها نقش حساس‌تری داشته و نیاز به پایش دقیق‌تری دارند. در این دشت پارامترهای TDS و EC در تعدادی از چاه‌های مورد مطالعه در دشت کرمان فراتر از حد مجاز اعلام شده توسط WHO بوده است. این عامل سبب کاهش کیفیت تعدادی از چاه‌ها در این دشت شده است. بر اساس نقشه ترسیم شده چاه‌هایی که در قسمت جنوب شرقی و شمال غربی آبخوان واقع شده‌اند دارای کیفیت بسیار مناسبی بودند. چاه‌های واقع در بخش جنوبی دارای کیفیت خوب و تعدادی از چاه‌ها در بخش مرکزی کیفیت متوسطی داشتند.



منابع

۱. مهدوی، م. (۱۳۸۶). "هیدرولوژی کاربردی"، جلد ۲، چاپ ۵، دانشگاه تهران، ص. ۴۳۷.
2. Khadam, I.M., Kaluarachchi, J.J., "Water quality modeling under hydrologic variability and parameter uncertainty using erosion-scaled export coefficients", . Journal of Hydrology, 2006, 330: 354-367
3. Amiri, V., Rezaei, M. and Sohrabi N. (2014), "Groundwater Quality Assessment Using Entropy Weighted Water Quality Index (EWQI) in Lenjanat", Iran. Environmental Earth Sciences, 72, 3479-3490.
4. Simoes, F.S., Moriera, A.B., Bisinoti, M.C., Gimenez, S.M.N. and Yabe, M.J.S., (2008), "Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies", Ecological Indicators. 8, 476-484.
5. Mukate, S., Wagh, V., Panaskar, D., Jacobs, J. A. and Sawant A. (2019), "Development of new integrated water quality index (IWQI) model to evaluate the drinking suitability of water". J. Ecol. Indicat., 101, 348-54.
6. Zahedi, S., Azarnivand, A. and Chitsaz, N., (2017), "Groundwater quality classification derivation using multi-criteria-decision-making techniques" Ecological Indicators, 78, 243-252.
7. Gorgij, A., Kisi, O., Moghaddam, A. and Taghipour, A., (2017), "Groundwater quality ranking for drinking purposes, using the entropy method and the spatial autocorrelation index", Environmental Earth Sciences. 269, 1-9.
۸. استواری، ی.، روانبخش، م. و داودیان، ع. (۱۳۹۶)، "ارزیابی شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) و پردازش زمین‌آماري آن در آبخوان دشت لردگان"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. ۱۹ (۵): ۲۲۷-۲۳۸.
۹. اسدی، ا. و بیات، ف. (۱۳۹۸)، ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت زنجان با استفاده از روش‌های EWQI و TOPSIS فصلنامه علوم محیطی، ۱۷ (۱): ۴۱-۵۶.
۱۰. مظفری، س.، بنی‌حبیب، م.، جوادی، س. و کاردان‌مقدم، ح. (۱۳۹۹)، توسعه شاخص کیفی برای ارزیابی آب زیرزمینی و پیش‌بینی تغییرات آن با مدل شبکه بیزین (مقاله موردی: دشت زنجان)، ۱۷ (۱): ۲۶۳-۲۷۵.
11. Stigter, T.Y., Ribeiro, L., and Carvalho Dill, A. M. M., (2006), "Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies-Two Portuguese case studies", Journal of Hydrology, 327: 578-591.
13. Rajankar, P. N., Gulhane, S. R., Tambekar, D. H., Ramteke, D. S., and Wate, S. R., (2009), "Water quality assessment of groundwater resources in Nagpur region (India) based on EWQI", Journal of Chemistry, 6(3): 905-8
13. Reza, R., and Sing, G. (2010), "Assessment of groundwater quality status by using water quality index method in Orissa, India". World Applied Sciences Journal. 9 (12): 1392-1397.
14. Yang, X., and Jin, W. (2010), "GIS-based spatial regression and prediction of water quality in river networks: A case study in Iowa", J. Environ. Manage.. 91: 1934-1951.
15. Sharma, N., and Patel, J.N. (2010), "Evaluation of groundwater quality index of the urban segments of Surat City India", International Journal of Geology, 1(4): 1-4.



۱۶. مزیدی، ا.، عنایت پور، م. و حسینی، س. (۱۴۰۰). تعیین اقلیم استان کرمان با استفاده از روش‌های منحنی آمبروترمیک، ضریب خشکی دومارتن، اقلیم نمای آمبروزه، جغرافیا و روابط انسانی، ۴(۲)، ۲۵-۴۳.

17. Saeedi, M, Abessi, O, Sharifi, F., and Meraji, H. "Development of groundwater quality index. Environ Monit Assess", National Center for Biotechnology Information, (2010). 163(1-4):327-35.

18. WHO, (2011): "WHO Guidelines For Drinking-Water Quality, Fourth ed. World Health Organization".