

تدوین شاخص کیفی آب شرب

مجید عباسپور^۱

امیر حسین جاوید^۲

امیر حسام حسنی^۳

سحر کوهپیر^{۴*}

چکیده

شاخص کیفی آب شرب (Domestic Water Quality Index) با جمع‌آوری و خلاصه‌کردن مقدار زیادی اطلاعات راجع به میزان پارامترهای مختلف کیفی آب شرب و تبدیل آن به یک مقدار عددی مشخص به کاربران کمک می‌کند تا به مفهومی قابل درک و ساده از کیفیت آب دست پیدا کنند.

برای تدوین شاخص در ابتدا پارامترهای مختلف کیفی آب از لحاظ اثرات بهداشتی و سلامتی، زیبایی شناختی، فراوانی، نشان‌گر بودن آلودگی آب توسط پساب، طعم و مزه، منابع تولید و راه‌های ورود به آب، روش اندازه‌گیری و حذف آن‌ها بررسی گردیدند. با نظر خواهی از چند تن از متخصصان و خبرگان و اساتید دانشگاهی مربوطه (۳۲ نفر) تعدادی از پارامترهای شاخص کیفیت آب شرب انتخاب گردید. پارامترهای انتخابی با استفاده از نظرات جمع‌آوری شده گروهی از متخصصان و روش AHP و مقایسه زوجی وزن‌دهی گردیدند. شاخص با در نظر گرفتن پارامترهای انتخابی، وزن آن‌ها، کمک مطالعات پیشین و روش‌های آماری و ریاضی تدوین گردید. شاخص کیفی آب شرب با کمک روش تحلیل خطا بر اساس سه فاکتور F_1 و F_2 و F_3 محاسبه می‌شود. طبقه‌بندی کیفی آب شرب براساس روش Delphi و سنجش نمونه‌های مختلف آب توسط کارشناسان مربوطه و طبقه‌بندی کیفی این نمونه آب‌ها از نظر آن‌ها (۱۴ نفر) و مقایسه آن با سنجش این نمونه آب‌ها با کمک شاخص‌های DWQI، BC WQI و CCME و WQI و سنجش به وسیله Domestic WQI صورت گرفت.

واژه‌های کلیدی: شاخص کیفی آب شرب، پارامترهای کیفی آب شرب، وزن‌دهی، فاکتور خطا، طبقه‌بندی کیفی آب شرب.

۱- استاد دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

۲- دانشیار دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۳- دانشیار دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۴* - دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی محیط زیست گرایش منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران (مسئول مکاتبات).

مقدمه

وجود آب برای تداوم حیات امری ضروری می‌باشد و دستیابی به آبی با کیفیت مناسب برای کاربرد موردنظر مانند شرب، صنعت، کشاورزی، حیاب آبی و ... اهمیت بسیار دارد.

برای دستیابی به آبی با کیفیت مناسب برای کاربرد موردنظر سازمان‌های مختلف علمی و موسسات مربوطه به یاری و حمایت کشورها و سازمان‌های مختلف به تدوین استانداردها و رهنمودهای مناسب نموده‌اند (۱).

استاندارد ها و رهنمودها با محدود کردن سطح آلاینده‌ها کیفیت آب آشامیدنی را حفظ می‌کنند (۱).

سنجش کیفیت آب با کمک نمونه برداری و آنالیز آب و مقایسه آن با مقادیر استاندارد و رهنمودی صورت می‌گیرد.

مشکلات مربوط به مواد شیمیایی در آب آشامیدنی، در مرحله نخست، از توانایی آن‌ها در ایجاد اثرات بهداشتی پس از دوره‌های تماس طولانی ناشی می‌شود. در این میان مواد آلاینده با خاصیت سمیت جمعی مثل فلزات سنگین و مواد سرطان‌زا از اهمیت خاصی برخوردارند (۲).

انحراف کوتاه مدت از مقادیر رهنمودی به ناچار به مفهوم این که این آب برای انسان نامناسب شده نمی‌باشد. تعداد و دوره‌ای که در طی آن هر یک از مقادیر رهنمودی می‌توانند بدون تأثیر بر بهداشت عمومی از آن حد متجاوز گردند بستگی به ترکیب خاص مورد نظر دارد (۱).

با توجه به گسترده بودن استانداردها و تعدد پارامترهای لازم جهت تعیین کیفیت قابلیت شرب آن‌ها، ضروری است تا شاخص تدوین گردد که با در نظر گرفتن پارامترهای اصلی کیفیت آب و اهمیت آن‌ها و با لحاظ نمودن این استانداردها بتواند به سادگی این مهم را بیان نماید.

WQI روشی ساده برای توصیف چگونگی کیفیت آب با توجه به اطلاعات فنی آن می‌باشد (۳).

از مهم‌ترین شاخص‌های موجود می‌توان به NSF WQI، Oregon WQI، DWQI، CCME WQI و BC WQI اشاره کرد.

متاسفانه تاکنون کار منتشر شده‌ای در خصوص تعیین شاخص برای کیفیت آب در محل مصرف جهت کاربرد شرب گزارش نگردیده است. لذا انجام این تحقیق به منظور زیر صورت می‌گیرد:

۱. سهولت در تعیین قابلیت شرب
۲. سهولت محاسبات
۳. عدم نیاز به استانداردهای مختلف

روش بررسی

مهم‌ترین عامل در تعیین کیفیت آب آشامیدنی اثرات بهداشتی آن می‌باشد (۱). بر این اساس سازمان‌های جهانی و کشورهای مختلف سعی بر ارائه رهنمودها و استانداردهای کیفیت آب نموده‌اند. استانداردهای کیفیت آب، تعبیری از معیارهای کیفیت آب به شکل قابل اجرای قانونی و مرتبط با اهداف کلی کیفیت آب می‌باشند.

در این تحقیق ابتدا رهنمودهای ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization)، (WHO) استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (Environment Protection Agency)، (EPA) و رهنمود ارائه شده توسط کشورهای کانادا، ایران، هند آفریقای جنوبی و استاندارد تدوین شده در اتحادیه اروپا (European Union)، (EU) بررسی گردید.

با توجه به گسترده بودن این پارامترها و دشواری زیاد اندازه‌گیری همه آن‌ها و نیاز به داشتن اطلاعات کافی برای تفسیر احتیاج به ابزاری که انبوه اطلاعات را به مفهومی ساده برای درک چگونگی کیفیت آب تبدیل نماید محسوس می‌باشد. سپس مهم‌ترین شاخص‌های موجود در دنیا شامل NSF WQI، Oregon WQI، DWQI، CCME WQI و BC WQI با کاربری‌های مختلف و در نظر گرفتن پارامترهای مورد اندازه‌گیری و روش سنجش مورد بررسی قرار گرفت.

با بررسی‌های صورت گرفته مشاهده گردید که به طور کلی دو روش اصلی در محاسبه شاخص به کار گرفته می‌شود که شامل روش تحلیل آماری و روش نموداری می‌باشد.

روش تحلیل آماری در محاسبه شاخص‌های DWQI، CCME WQI و BC WQI و روش نموداری در محاسبه شاخص‌های Oregon WQI، NSF WQI به کار رفته است. از برای محاسبه شاخص کیفی آب شرب Domestic WQI، از روش تحلیل آماری استفاده شده است زیرا در این روش امکان دخالت دادن وزن پارامترها به صورت دقیق‌تری وجود دارد.

برای این کار سهم پارامترهای موجود در آب شرب از نظر اثر بر بدن، راه‌های ورود به آب، روش‌های اندازه‌گیری و حذف میزان استاندارد و پیشنهادی در دنیا و ایران مورد تحقیق قرار گرفت. برای تدوین شاخص کیفی آب شرب WQI Domestic در ابتدا پرسش‌نامه‌ای تهیه گردید که در مورد ۳۱ پارامتر معمول و موجود در آب و تعیین اهمیت آن‌ها با توجه به جنبه‌های مختلف نظرخواهی شد.

در این پرسش‌نامه برای هر پارامترها گزینه بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم، در نظر گرفته شد که در انتها با جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها (۳۲ پرسش‌نامه) و جمع امتیازات مربوطه، حداکثر امتیاز مشخص گردید.

چون در این شاخص نیاز به شناسایی مهم‌ترین و معمول‌ترین پارامترها بود، با توجه به نظر ۱۴ نفر از کارشناسان و متخصصان مربوطه تعداد ۹ پارامتر که نشان‌گر کیفیت آب با توجه به جنبه‌های مختلف بود و حداکثر امتیاز را در پرسش‌نامه‌ها کسب نمود به عنوان پارامترهای مشخص شده برای تدوین شاخص انتخاب گردید.

با بررسی شاخص‌های DWQI، CCME WQI و BC WQI مشاهده گردید که در این روش‌ها مبنای هم وزن بودن پارامترهای مختلف می‌باشد که این موضوع با توجه به جنبه‌های مختلف وجود یک پارامتر در آب درست به نظر نمی‌رسد. لذا پارامترهای انتخابی با استفاده از نظرات جمع‌آوری شده گروهی از متخصصان و روش AHP و مقایسه زوجی وزن‌دهی گردیدند.

شاخص NSF WQI نخستین بار در دهه ۱۹۷۰ معرفی گردید. هدف از تعریف این شاخص طبقه‌بندی آب برای مصارف کلی (حیات آبی، مصارف تفریحی و...) می‌باشد.

تعداد پارامترهای مورد سنجش ۹ عدد و شامل BOD، TDS، نیترات، فسفات، DO، PH، کدورت، فیکال کلیفرم، دما بوده و روش محاسبه نموداری و طبقه‌بندی کیفی آب ۵ دسته می‌باشد (۳).

شاخص OWQI برای طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه‌های حوزه ORGON برای مثل ماهی‌گیری و شنا است. برای این کاربرد این ایندکس باید توجه کرد که پارامترهای منتخب آن برای این منطقه جغرافیایی انتخاب شده و در مناطق دیگر باید با توجه به شرایط محلی صورت گیرد.

پارامترهای مورد سنجش شامل دما Ammonia pH، DO، BOD و نیترات، فسفر کل، TS، فیکال کلیفرم (۸ پارامتر) و طبقه‌بندی کیفی آن ۵ دسته می‌باشد (۴).

شاخص BC WQI برای مصارف کلی منبع آب مانند حیات آبی، شرب، شنا، حیات وحش و... تدوین شده است. پارامتری انتخابی بر اساس نوع کاربرد می‌باشد روش محاسبه شاخص از طریق تحلیل آماری و طبقه‌بندی کیفی آن ۵ دسته می‌باشد (۵).

شاخص CCME WQI برای مصارف کلی و پارامترهای انتخابی با توجه به نوع کاربری مورد نظر انتخاب می‌شوند (حیات آبی، شرب، کشاورزی...).

محاسبه شاخص از طریق تحلیل آماری و طبقه‌بندی کیفی آن ۵ دسته می‌باشد (۶).

شاخص DWQI برای سنجش کیفیت منبع آب برای کاربرد شرب در new foundland and Labrador در کانادا است. قابل توجه است که این شاخص برای سنجش منبع آب صورت می‌گیرد و برای آب بعد از تصفیه نمی‌باشد.

پارامترهای انتخابی: ۳۱ پارامتر که با توجه به شرایط پارامترهای مورد نظر از بین آن‌ها انتخاب می‌شوند.

محاسبه شاخص از طریق تحلیل آماری و طبقه‌بندی کیفی آن ۶ دسته می‌باشد (۷).

جدول ۱- نتایج حاصل از پرسشنامه ها برای اهمیت‌دهی به پارامترهای موجود در آب

ردیف	پارامتر	STD	MIN	MAX	متوسط امتیاز
۱	TDS	۰/۸۸۷	۲	۵	۴/۰۵
۲	THM	۰/۸۸۶	۳	۵	۴/۴۵
۳	آلومینیوم	۱/۰۶۹	۱	۵	۲/۷۲
۴	آهن	۰/۹۳۱	۱	۵	۲/۵
۵	مس	۱/۰۹۹	۱	۵	۱/۹۵
۶	سدیم	۰/۷۶۴	۱	۳	۱/۷۷
۷	کلسیم	۰/۸۸۶	۱	۴	۱/۹۴
۸	منیزیم	۰/۷۹۴	۱	۴	۲
۹	پتاسیم	۰/۷۳۵	۱	۳	۱/۶۱
۱۰	سرب	۰/۶۱۹	۳	۵	۳/۲۹
۱۱	جیوه	۰/۵۸۲	۳	۵	۳/۵۴
۱۲	کادمیم	۱/۰۳	۱	۵	۳/۰۷
۱۳	آرسنیک	۰/۵۲	۳	۵	۳/۹۲
۱۴	نیکل	۰/۹۲۱	۱	۵	۳/۱۸
۱۵	کروم ۶	۰/۷۲۵	۳	۵	۴/۳۳
۱۶	نیترات	۰/۶۰۴	۳	۵	۴/۵۵
۱۷	نیتريت	۰/۶۶۶	۲	۵	۳/۱۲
۱۸	ازت کجدال	۰/۹۱۷	۱	۵	۲/۶۶
۱۹	ترکیبات آمونیاکی	۰/۸۵۸	۱	۴	۳
۲۰	فسفر کل	۰/۸۴۶	۱	۴	۲/۲۸
۲۱	قلیائیت	۰/۶۳۲	۱	۳	۲/۲۸
۲۲	بیکربنات	۰/۶۸۶	۱	۳	۲/۰۵
۲۳	سولفات	۰/۷۶۴	۱	۳	۲/۲۲
۲۴	فلوراید	۰/۹۸۵	۱	۵	۲/۵۵
۲۵	کلر	۱/۰۴۹	۱	۵	۲/۹۴
۲۶	کلرور	۰/۷۴۳	۱	۳	۲/۱۷
۲۷	pH	۰/۶۶۸	۲	۴	۲/۸
۲۸	طعم	۰/۵۵۱	۲	۴	۳/۱۱
۲۹	بو	۰/۶۰۴	۲	۴	۳/۰۵
۳۰	رنگ	۰/۵۴۳	۲	۴	۳/۲۷
۳۱	کدورت	۰/۸۲۵	۲	۵	۳/۹۵

برای وزن دهی پارامترهای انتخابی از جنبه های زیر مورد مقایسه قرار گرفتند:

۱. اثر بر بدن
 ۲. وجود و فراوانی
 ۳. نشانگر بودن و ناشی بودن از سایر آلودگی‌ها
 ۴. رضایت مصرف‌کننده
- سپس جنبه‌های مختلف ارزیابی نیز با یکدیگر با روش AHP مقایسه گردیدند.
- وزن هر پارامتر از حاصل ضرب اهمیت هر پارامتر از جنبه خاص در اهمیت همان جنبه در مقایسه با سایر جنبه‌ها به دست می‌آید. برای محاسبه شاخص از روش تحلیل آماری استفاده گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

برای تدوین شاخص مراحل گفته شده در قسمت روش تحقیق به اجرا در آمد. با بهره‌برداری از نتایج هر بخش و اتصال آن‌ها با هم و با کمک مطالعات پیشین صورت گرفته در دنیا شاخص کیفی آب شرب تدوین گردید.

برای آگاهی از مراحل صورت پذیرفته نتایج حاصل از مطالعات و نظرخواهی‌ها ارایه می‌گردد.

برای امتیازدهی به پارامترهای موجود در آب از ۳۲ کارشناس و اساتید دانشگاهی و تعیین تعداد کافی پارامترهای تعیین‌کننده کیفیت از بین آن‌هایی که بالاترین امتیاز را کسب نموده‌اند (پارامتر ۹) و مقایسه و وزن‌دهی آن‌ها از روش AHP از ۱۴ کارشناس راهنمایی گرفته شد.

با دخالت دادن وزن مخصوص برای هر پارامتر و روش تحلیل خطا که یکی از روش‌های شناخته شده در علم آمار است و مطالعات پیشین صورت گرفته در دنیا شاخص کیفی آب شرب تدوین شد. در جداول زیر یک سری از نتایج مرحله به مرحله انجام کار ارایه می‌شود.

این ۹ پارامتر بیش‌ترین امتیاز را در بین ۳۱ پارامتر بررسی شده داشتند و با نظر ۱۴ تن از کارشناسان و اساتید دانشگاهی برای نشانگر بودن از وضعیت آب کافی بودند.

جدول ۲- پارامترهای انتخابی

۵- آرسنیک	۱- TDS
۶- کروم	۲- THM
۷- سرب	۳- نیترات
۸- جیوه	۴- کدورت
	۹- رنگ

۸ مرحله صورت پذیرفت که در این جا فقط به نتایج حاصله اشاره می‌شود.

نتایج حاصل از نظرخواهی به برای وزن‌دهی به ۹ پارامتر از جنبه‌های مختلف اثر بر بدن و نظر وجود و فراوانی و نظرنشان- گر بودن و ناشی از سایر آلودگی‌ها و نظر رضایت مصرف‌کننده در

جدول ۳- نتیجه مقایسه اهمیت جنبه‌های مختلف با همدیگر با روش AHP

متوسط	رضایت مصرف‌کننده	ناشی از سایر آلودگی‌ها	فراوانی	اثر بر بدن
۰/۵۱۹۲۶۱	۰/۴	۰/۶۳۱۵۷۹	۰/۵	۰/۵۴۵۴۶۴
۰/۱۱۶۶۵۷	۰/۱	۰/۱۰۵۲۶۳	۰/۱۲۵	۰/۱۳۶۳۶۶
۰/۲۶۰۵۸۲	۰/۴	۰/۲۱۰۵۲۶	۰/۲۵	۰/۱۸۱۸۰۳
۰/۱۰۳۴۹۹	۰/۱	۰/۰۵۲۶۳۲	۰/۱۲۵	۰/۱۳۶۳۶۶

جنبه در مقایسه با سایر جنبه‌ها به دست می‌آید که نتایج و وزن هر پارامتر را در زیر مشاهده می‌کنید.

بر اساس تئوری AHP و مقایسه زوجی وزن هر پارامتر از حاصل ضرب اهمیت هر پارامتر از جنبه خاص در اهمیت همان

جدول ۴- پارامترهای انتخابی و وزن آنها

وزن	پارامتر
۰/۱۶۷	نیترات
۰/۰۸۷۹	TDS
۰/۱۴۵	THM
۰/۱۰۴۸	کدورت
۰/۱۱۴۱	سرب
۰/۰۶۹۶	جیوه
۰/۱۰۹۶	کروم ۶
۱/۰۶۶	آرسنیک
۰/۰۹۱	رنگ

W_i وزن پارامترهایی که حداقل یکبار در طی دوره آزمایش رد شده‌اند.

W_j وزن پارامترهای مورد آزمایش.

محاسبه F_2 : فاکتور F_2 تعداد آزمایشات خطا، نشان‌دهنده تعداد آزمایشات رده شده با توجه به وزن پارامتر مربوطه نسبت به وزن کل پارامترها در تعداد نمونه برداری آزمایشات آنها می‌باشد.

$$F_2 = \frac{\sum w_i \times n_i}{\sum w_j \times n_j} \times 100 \quad (2)$$

W_i : وزن پارامترهایی که رد شده‌اند.

n_i : تعداد آزمایشات رد شده.

n_j : تعداد آزمایشات مربوط به هر پارامتر مورد آزمایش.

W_j : وزن پارامتر مورد آزمایش.

محاسبه F_3 : فاکتور F_3 دامنه خطا، در این فاکتور میزان خطای آزمایش هر پارامتر با توجه به وزن آن نسبت به وزن کل پارامترها در تعداد نمونه برداری آن می‌باشد.

برای استاندارد کردن خطا، تفاوت پارامترهای رد شده با مقدار استاندارد را بر مقدار استاندارد تقسیم می‌کنیم. محاسبه این فاکتور سه مرحله دارد:

$$ex_i = \frac{\sum (x_i - x_s)}{x_s} \quad (3)$$

x_s : مقدار استاندارد مربوط به پارامتر رد شده.

x_i : مقدار اندازه گیری شده رد شده.

ex_i خطای استاندارد شده مربوط به پارامتر رد شده سپس آن را به ترتیب زیر نرمالیزه می‌کنیم:

$$nse = \frac{\sum w_i \times ex_i}{\sum w_j \times n_j} \quad (4)$$

برای آن که عدد حاصل از نرمالیزه کردن در فاصله ۰-۱۰۰ قرار گیرد آن را در فرمول زیر قرار می‌دهیم.

$$F_3 = \frac{1}{0.01nse + 0.01} \quad (5)$$

محاسبه $DWQI$ به شرح زیر می‌باشد:

$$DWQI = \left(100 - \sqrt{\frac{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2}{3}} \right) \quad (6)$$

در محاسبه شاخص Domestic WQI از روش تحلیل خطا استفاده می‌شود. این روش در تعیین دو شاخص کیفی دیگر آب نیز استفاده شده بود (CCME WQI, DWQI). تفاوت و نوآوری کاربرد این روش، دخالت دادن وزن پارامترها در محاسبه شاخص و تعیین فاکتور خطاست. هم‌وزن در نظر گرفتن پارامترهای مختلف در محاسبه شاخص منطقی به نظر نمی‌رسد و سعی بر آن شده است تا با استفاده از این روش محاسبه شاخص با دقت بیشتری صورت پذیرد.

ارایه شاخص کیفی آب شرب برای اولین بار صورت می‌گیرد و تاکنون شاخصی که توانایی سنجش آب در محل مصرف را داشته باشد وجود نداشته است.

محاسبه شاخص: با کمک سه فاکتور F_1 و F_2 و F_3 محاسبه می‌شود. این فاکتورها در برگزیده خطاها می‌باشند.

محاسبه F_1 : فاکتور F_1 پارامترهای خطا، که نشان‌دهنده پارامترهای است که در طی آزمایش حداقل یکبار رده شده و متجاوز از مقادیر رهنمودی می‌باشند. محاسبه این فاکتور با توجه به وزن پارامتر رد شده نسبت به کل وزن‌ها صورت می‌گیرد.

$$F_1 = \frac{\sum w_i}{\sum w_j} \times 100 = \frac{\sum w_i}{1} \times 100 \quad (1)$$

سپس به وسیله Domestic WQI سنجیده شد و مقایسه آن با شاخص‌های BC WQI و DWQI و CCME WQI صورت گرفت.

طبقه‌بندی کیفیت آب: طبقه‌بندی کیفی آب شرب براساس روش Delphi و سنجش ۳۰ نمونه آب مختلف که کیفیت آن توسط گروهی از کارشناسان مربوطه مشخص گردیده بود و

جدول ۵- طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس Domestic WQI

کیفیت	طبقه	امتیاز
کیفیت پارامترهای آب هرگز یا به ندرت از مقادیر استاندارد با تفاوت بسیار کم تجاوز می‌کنند. کیفیت آب مناسب برای شرب می‌باشد و اغلب مورد تأیید و قبول است.	عالی	۹۶-۱۰۰
کیفیت پارامترهای آب به ندرت از مقادیر استاندارد با تفاوت کم تجاوز می‌کنند. کیفیت در اغلب موارد مورد قبول است و ممکن است به ندرت مورد تأیید نباشد. مصرف بلند مدت آن باید با توجه به پارامترهای رد شده صورت گیرد.	خوب	۹۰-۹۶
کیفیت پارامترهای آب گاهی از مقادیر استاندارد تجاوز می‌نماید و گاهی مناسب نوشیدن نیست. بررسی مصرف و آثار منفی آن باید با توجه به پارامتر رد شده و میزان فاصله با استاندارد صورت گیرد و ممکن است با عوارض جانبی در کوتاه مدت یا بلند مدت همراه باشد.	متوسط	۸۰-۹۰
گروهی از پارامترهای آب اغلب از مقادیر استاندارد تجاوز می‌نماید. کیفیت آب در اغلب اوقات مناسب نوشیدن نیست و با عوارض جانبی در کوتاه مدت یا بلند مدت همراه است.	بد	۷۰-۸۰
کیفیت پارامترهای آب به طور معمول خارج از حد استاندارد بوده و مناسب شرب نمی‌باشد.	خیلی بد	۰-۷۰

(۱۰۰ - ۹۶ عالی)

در این دسته قرار می‌گیرد و یا این‌که به طور کلی هیچ پارامتری از استاندارد فراتر نرود. برای نمونه به بررسی دو نمونه آب اشاره گردیده است.

این حالت در صورتی است که حداکثر یکی از پارامترها با فاصله ناچیزی در تعداد بسیار زیاد نمونه‌برداری (یعنی بسیار بیشتر از چهار نوبت) از حد استاندارد تجاوز کند. که در این صورت F_2 و F_3 تقریباً برابر صفر می‌شود و پارامتر مربوط به توجه به وزن

جدول ۶ - نمونه آب ۱

پارامتر	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت سوم	نوبت چهارم	استاندارد	متوسط
نیترات mg/l	۳۰	۴۳	۳۶	۳۵	۴۵	۳۶
TDS mg/l	۱۴۰۰	۱۳۰۰	۱۲۵۰	۱۴۵۰	۱۵۰۰	۱۳۵۰
THM NTU	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۳۵
کدورت mg/l	۴	۴	۲	۳	۵	۳/۲۵
رنگ TCU	۵	۱۲	۶	۹	۱۵	۸
سرب mg/l	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳۲۵
جیوه mg/l	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲
کروم ۶ mg/l	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲۵
آرسنیک mg/l	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱۷

$$CCME, D, Domestic WQI = 100 - \sqrt{\frac{0+0+0}{8}} = 100 \quad F_2 = \frac{0}{8} = 0 \quad F_1 = \frac{0}{8} = 0$$

$$BC WQI = 0 \quad ex = 0 \quad F_3 = 0 \quad nse = \frac{0}{36} = 0$$

ندرت از مقادیر استاندارد با تفاوت بسیار کم تجاوز می‌کنند
کیفیت آب مناسب برای شرب می‌باشد و اغلب مورد تایید است.

نظر کارشناسان برای تعیین کیفیت آب از دید آن‌ها پرسیده
شد که به شرح زیر می‌باشد: کیفیت پارامترهای آب هرگز یا به

جدول ۷ - نمونه آب ۲

پارامتر	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت سوم	نوبت چهارم	استاندارد	متوسط
نیترات mg/l	۳۰	۶۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۴۵	۴۰
TDS mg/l	۱۳۰۰	۱۲۵۰	۱۲۰۰	۱۲۵۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰
THM NTU	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۵
کدورت mg/l	۲	۳	۴	۳	۵	۳
رنگ TCU	۱۲	۱۰	۱۳	۹	۱۵	۱۱
سرب mg/l	۰/۰۳	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴
جیوه mg/l	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹
کروم ۶ mg/l	۰/۰۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۵	۰/۰۳
آرسنیک mg/l	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲

BC WQI

$$F_1 = \frac{2}{9} \times 100 = 22.2$$

$$F_2 = \frac{3}{36} = 8.33$$

$$F_3 = 50$$

$$\alpha_2 = \frac{0.0015 - 0.001}{0.001} \times 100 = 50$$

$$\alpha_3 = \frac{0.0015 - 0.001}{0.001} \times 100 = 50$$

$$\alpha_1 = \frac{67.5 - 45}{45} \times 100 = 50$$

$$BCWQI = \sqrt{(22.2)^2 + (8.33)^2 + \left(\frac{60}{3}\right)^2} = \sqrt{123.43 + 30.8 + 277.8} = 28.98$$

نسبتاً خوب: در این دسته شاخص بین ۴۳-۱۸ است و اغلب کاربردهای آن با اندکی تصفیه یا اصلاح است شرایط کمی با شرایط طبیعی تفاوت دارد.

CCME

$$F_1 = 22.2 \quad F_2 = 8.33 \quad ex_1 = 0.5 \quad ex_2 = 0.5 \quad ex_3 = 0.5$$

$$nse = \frac{0.5 + 0.5 + 0.5}{36} = 0.04$$

$$F_3 = \frac{0.04}{0.04 \times 0.01 + 0.01} = 4$$

$$CCME = WQI = 100 - \sqrt{\frac{(22.2)^2 + (8.33)^2 + (4)^2}{3}} = 100 - \sqrt{\frac{492.8 + 69.4 + 16}{3}} = 86.12$$

$$WQI = 100 - \sqrt{\frac{(26.3)^2 + (7.6)^2 + (2.6)^2}{3}} = 84.12$$

نظر کارشناسان برای تعیین کیفیت آب از دید آن‌ها پرسیده شد که به شرح زیر می باشد:

کیفیت پارامترهای آب گاهی از مقادیر استاندارد تجاوز می نماید و گاهی مناسب نوشیدن نیست. بررسی مصرف و آثار منفی آن باید با توجه به پارامتر رد شده و میزان فاصله با استاندارد صورت گیرد و ممکن است با عوارض جانبی در کوتاه مدت یا بلند مدت همراه باشد.

در این دسته شاخص بین ۹۴/۹-۸۰ قرار می گیرد یعنی ارزیابی مقادیر کیفیت آب به ندرت از مقادیر رهنمودی و استاندارد با یک تفاوت کم تجاوز می کند.

DWQI در دسته خوب قرار می گیرد. (۸۸-۸۰) کیفیت آب با مقدار کوچکی اختلال است شرایط به ندرت از حالت مطلوب دور است.

Domestic WQI:

$$F_1 = (0.167 + 0.069) \times 100 = 26.3$$

$$F_2 = \frac{1 \times 0.167 + 2 \times 0.069}{4} \times 100 = 7.6$$

$$ea_1 = 0.5 \quad ex_2 = 0.5$$

$$nse = \frac{0.69 \times 0.5 + 0.069(0.5 + 0.5)}{4} = 0.026$$

$$F_3 = 2.6$$

منابع

۱. سازمان بهداشت جهانی، ۱۳۷۵، «رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی»، توصیفه‌ها، ترجمه رامین نبی‌زاده، داد مهر فائزی، انتشارات مؤسسه علمی و فرهنگی نص.
۲. سازمان بهداشت جهانی، ۱۳۷۶، «روش تحقیق در سیستم‌های بهداشتی»، ترجمه اسفندیار ستوده مرام، محمود دژکام، مرتضی زعیم، انتشارات وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، معاونت پژوهشی، جلد دوم.
3. wqm.igsb.uiowa.edu/wqi/NSF/WQI_NS.
4. www.indiana.edu/~bradwood/eagles/wqi.
5. www.llbc.leg.bc.ca/public/PubDocs/bcdocs/wq_brochures_index-br.
6. www.ccme.ca/ourwork/water.html.
7. www.env.gov.nl.ca/env/Env/waterres/Surfacewater/DWQI/DWQI.asp.