

# راهبرد بهبود استاندارد کیفیت آب شرب در کشورهای در حال توسعه

مجید احتشامی\*

میلاذ ابراهیمی\*\*

## چکیده

اهمیت سلامت و پاک بودن آب شرب به عنوان مهم‌ترین عامل اثرگذار بر سلامت انسان شناخته شده است. اصلی‌ترین مرجع تعیین‌کننده سلامت آب شرب در هر کشوری "استاندارد کیفیت آب شرب" است. با توجه به این مطلب که هر کشور دارای امکانات و منابع اقتصادی، تکنولوژیکی و از همه مهم‌تر خصوصیات منابع آب مخصوص به خود است، لزوم تهیه و تدوین استاندارد کیفیت آب شرب به صورت مجزا برای هر کشور امری ضروری به حساب می‌آید. مقاله حاضر دربردارنده راهکارهایی در جهت تدوین استاندارد کیفیت آب شرب در کشورهای در حال توسعه است. در این پژوهش راهبردهای مهم در طرح قواعد و پیشنهادات مهم در راستای تدوین یک استاندارد در کشورهای در حال توسعه و راهکارهای تدوین جداول پارامترها و غلظت‌ها، و همچنین نمونه‌گیری و نظارت بر نحوه اعمال استانداردها گنجانده شده است. در تحلیل حاضر پیشنهاد شده است محدوده غلظت آلاینده‌های مختلف آب شرب براساس مدیریت ریسک و مهندسی ارزش بر پایه استانداردهای جهانی به‌گونه‌ای تهیه شود که امنیت سلامتی مصرف‌کنندگان حفظ شود و امکان اجرایی شدن آن بر اساس تعداد و نوع عملکرد تصفیه‌خانه‌های آب موجود در کشور وجود داشته باشد. همچنین در پایان نیز تحلیلی مقایسه‌ای بر استاندارد آب شرب در ایران به عنوان کشوری در حال توسعه و مقایسه آن با استانداردهای ارائه شده از سوی سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت از محیط‌زیست سایر کشورها صورت گرفته است.

## واژگان کلیدی

استاندارد، کیفیت، آب شرب، پارامتر، غلظت، نمونه‌گیری

Email: Maehtesh@gmail.com

Email: milad\_ebrahimi@sina.kntu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۹

\* استادیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

\*\* کارشناس ارشد محیط زیست، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند

تاریخ ارسال: ۹۳/۶/۲۳

فصلنامه راهبرد / سال بیست و چهارم / شماره ۷۴ / بهار ۱۳۹۴ / صص ۱۵۴-۱۳۳

## جستار گشایی

ارتباط میان آب شرب و سلامت فردی به خوبی شناخته شده است. در نتیجه اهمیت این موضوع آشکار است که آب شرب تأمین شده باید از کیفیت بالایی برخوردار باشد. چارچوبی که می‌تواند تعیین‌کننده این کیفیت باشد، یک نمونه آب خوب یا سالم به‌عنوان استاندارد است. با این تعریف، مفهوم استاندارد به معنای "قاعده یا اصلی است که از جانب مراجع قانونی و رضایت عمومی به‌عنوان مبنای مقایسه قرارداد شده است" (WHO, 1996). بنابراین استاندارد مقتضی جهت کیفیت آب شرب، مرجعی است تضمین‌کننده که بر مبنای آن آب مصرفی برای سلامتی انسان مضر نخواهد بود. بر مبنای مطالب بیان شده، دو اظهار عقیده وجود دارد (WHO, 2001) و (Wright, 2004): اولاً هدف ابتدایی از استاندارد کیفیت آب شرب، حفاظت از سلامت عمومی است که این عقیده همواره صحیح است. دوم اینکه یک استاندارد دقیق، کامل، برتر از استانداردی است که بر مبنای تمامی جزییات قرار نگرفته باشد، اما این مطلب همواره صحیح نیست. به‌عنوان مثال در کشورهای در حال توسعه، استانداردی که شامل تمامی جزییات نباشد، ولی دقت اجرایی آن برای مواردی که در آن لحاظ شده است بالا باشد، به مراتب مفیدتر از استانداردی با جزییات دقیق ولی غیرقابل اجرا است. با توجه به ارجاعات متعدد پژوهشگران داخلی به استانداردها در تحقیقات بررسی کیفیت آب مناطق مختلف، به‌عنوان مثال بررسی کیفیت میکروبی آب شرب کاشان توسط مصطفائی و همکاران در سال ۷۹-۱۳۷۸ (مصطفائی، ۱۳۸۲)، بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب شرب شهر گناباد توسط کرامتی و همکاران (کرامتی، ۱۳۸۶) و بررسی کیفیت آب شرب بردسیر در سال ۱۳۸۹ توسط ملکوتیان و همکار (ملکوتیان، ۱۳۹۱)، به‌روز شدن استانداردها خود مبحث مهمی است که در ادامه به آن پرداخته شده است. براساس عقاید ذکر شده، مقاله حاضر در بردارنده پیشنهادهایی است که جهت طراحی استاندارد کیفیت آب شرب در کشورهای در حال توسعه می‌تواند مفید فایده باشد. شرایط و منابع در هر کشور فصل به فصل و منطقه به منطقه می‌تواند متغیر باشد. بنابراین استانداردی که در بردارنده این شرایط نباشد، مستعد نابودی است.

### ۱. قواعد هفت‌گانه استانداردسازی در کشورهای در حال توسعه

همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، جهت طراحی استاندارد کیفیت آب شرب در یک کشور در حال توسعه باید شیوه‌ای متفاوت از آنچه در یک کشور توسعه یافته با منابع غنی لحاظ شده است، در نظر گرفته شود. این شیوه باید قواعد زیر را شامل شود: واقع‌گرایانه، انعطاف‌پذیر، فراگیر و به روز باشد، در ضمن به صورت گام به گام اجرا شود، از لحاظ مقتضیات جغرافیایی پشتیبانی شود و مطابق با منافع تمامی بخش‌ها باشد.

### ۱-۱. واقع‌گرایی

امکانات و قوانین مقتضی جهت توسعه نظارت و کنترل بر روند تهیه استاندارد آب شرب در کشورهای مختلف، به طور گسترده‌ای متفاوت هستند. عموماً در کشورهای در حال توسعه منابع موجود چه در مقیاس کیفیت و چه در مقیاس کمیت به حد کافی نیست و این موضوع حقیقتی است که در پروسه آماده‌سازی استاندارد باید به آن توجه شود. استاندارد‌ی که تمامی جوانب کیفیت آب شرب، از کوچک‌ترین جوانب تا جوانب به‌شدت ویژه را در بر بگیرد، خوشایند است. این مسئله می‌تواند مایه سربلندی مامورین دولتی و تکنسین‌هایی باشد که در این زمینه مشارکت دارند. با این حال، در عمل مشاهده شده است که در چنین کشورهایی زمانی که استاندارد بیش از حد پیچیده، مفصل و سخت شده است، به ناچار منجر به عدم موفقیت شده است. یک استاندارد غیرواقعی می‌تواند عواقب زیانبارتری نسبت به عدم اعمال استاندارد به همراه داشته باشد. واقع‌گرایی به معنای آن است که در زمان مواجهه با وظیفه توسعه استاندارد کیفیت آب شرب، مسئولین بدون هیچ خوش‌بینی بیش از حدی، این تحلیل را انجام دهند که چه منابعی به سهولت در دسترس بوده و چه منابعی به راحتی قابل حصول است. آنها باید به دقت این مسئله را بسنجند که در چه ترازوی قراردارند و از چه پشتیبانی‌هایی برخوردار هستند. تنها در چنین شرایطی است که به واسطه یک شیوه معقولانه، استاندارد مفید و بر پایه حقایق قابل دسترسی خواهد بود (Benneer, 2003) و (American Public Health Association, 1999).

### ۱-۲. انعطاف‌پذیری

شرایط غالب بر کشورهای در حال توسعه، علی‌رغم نیاز به واقع‌گرایی، نیازمند انعطاف‌پذیری نیز هست. به عبارت دیگر، اگر یک استاندارد واقع‌گرایانه باشد، به ناچار انعطاف‌پذیر نیز خواهد بود. با این حال ملاحظاتی باید در نظر گرفته شود؛ زیرا اگرچه انعطاف‌پذیری یک روش هوشمندانه جهت حصول یک واقعیت به خصوص است، اما احتمال ریسک نیز وجود دارد. انعطاف‌پذیری می‌تواند تأخیر و یا خطاهایی را در اجرای استاندارد به همراه داشته باشد. همچنین می‌تواند به‌عنوان بهانه‌ای جهت ایستادگی در برابر قوانین مورد استفاده قرارگیرد. اگر یک استاندارد بیش از حد انعطاف‌پذیر باشد، ممکن است هیچ‌وقت مطابق انتظار اجرا نشود. بیان این مطلب مهم است که با متعادل کردن یک سری ضروریات مشخص و انعطاف‌پذیری هوشمندانه به همراه جایگاه‌هایی ثابت، می‌توان عدم تجاوز از مرزهای مشخص را تضمین نمود، که این امری بسیار حساس و تعیین‌کننده است. روش‌های مختلفی در ارتباط با یک استاندارد انعطاف‌پذیر وجود دارد (Benneer, 2003) و (American Public Health Association, 1999).

### ۱-۲-۱. انعطاف‌پذیری در زمان

پیش از اجرای یک استاندارد به صورت همه‌جانبه یا جزئی (به طور مثال یک ماده مشخص با محدودیت‌های خود) می‌توان مهلتی را در نظر گرفت.

### ۱-۲-۲. انعطاف‌پذیری در جنبه‌های مختلف آیین‌نامه

در صورتی که یک آیین‌نامه به صورت کامل جامعیت داشته باشد، ساده بوده و در عین حال تنها به اصول پایه‌ای پایبند باشد، به مراتب موفق‌تر خواهد بود در مقایسه با آیین‌نامه‌ای که بیش از حد فراگیر و ویژه باشد.

### ۱-۲-۳. انعطاف‌پذیری در پارامترهای انتخاب شده از جدول پارامترها و غلظت‌ها

اصلی‌ترین دستاویز هدایت‌کننده‌ای که می‌تواند جهت توسعه یک استاندارد مورد استفاده قرارگیرد، راهنمای کیفیت آب شرب تهیه شده از سوی سازمان بهداشت جهان (WHO) است. این دستاویز ارائه‌دهنده جداولی متشکل با بیش از ۱۵۰ پارامتر به همراه مقادیر پیشنهادی برای هریک است. در صورتی که یک کشور در تهیه استاندارد کیفیت آب شرب خود تمامی این پارامترها را در نظر بگیرد، هزینه‌های عمومی و همچنین مسئولیت‌ها افزایش فراوانی خواهند داشت. بهترین انتخاب به همراه کاهش پارامترها می‌تواند انعطاف‌پذیری لازم را به استاندارد بدهد.

### ۱-۲-۴. انعطاف‌پذیری در محدود کردن پارامترها

این قاعده مشهودترین و معمول‌ترین اقدام در راستای میسرشدن استانداردی انعطاف‌پذیر است. با توجه به وضعیت فرهنگی، منابع انسانی، صنعتی و اقتصادی، ارزیابی خطرهای احتمالی و منافع مالی، محدودیت در غلظت یک ماده مشخص در آب به صورت محدود یا گسترده می‌تواند انعطاف‌پذیری لازم را مهیا کند.

### ۱-۲-۵. انعطاف‌پذیری با تناوب بازبینی

بازبینی تضمین‌کننده کیفیت کافی آب است. بازبینی سختگیرانه از انعطاف‌پذیری کم‌تری نسبت به بازبینی متعادل برخوردار است (American Public Health & Benneer, 2003 Association, 1999).

### ۱-۲-۶. انعطاف‌پذیری با مجموعه محدودیت‌های متفاوت

اکثر کشورها جدولی متشکل از پارامترها و غلظت‌هایی تنها با یک محدودیت تهیه می‌کنند که معمولاً به جداول حدمجاز بیشینه<sup>۱</sup> معروف هستند. این شیوه دارای انعطاف‌پذیری ذاتی است که بستگی به ارزشی خواهد داشت که برای این محدودیت اختیار شده است، به‌طوری که بالاتر رفتن ارزش اختیار شده، انعطاف‌پذیری نیز بیشتر خواهد شد. کشورهای دیگر، استراتژی دیگری را اتخاذ می‌کنند که انعطاف‌پذیری بیشتری را فراهم می‌کند. این استراتژی ارائه‌دهنده دو محدودیت یا ارزش برای هر پارامتر معین است. یکی به عنوان غلظت ایده‌آل یا هدف و دیگری به عنوان حدمجاز بیشینه (American Public Health Association & Benneer, 2003) (1999).

### ۱-۲-۷. انعطاف‌پذیری در منابع (شهری و روستایی)

واقعیت این است که مناطق مختلف در یک کشور، از سطح منابع متفاوتی برخوردار هستند. به‌علاوه تقریباً در تمامی کشورهای در حال توسعه، طبقات اجتماعی جهان اول و سوم با هم همزیستی می‌کنند. در پایتخت و مراکز شهری تقریباً تمامی کشورها تکنولوژی، منابع انسانی و اقتصادی مدرن و در نتیجه برنامه صحیح کنترل بر کیفیت آب شرب وجود دارد. اکثر تأسیسات و سازمان‌های مربوط به سیستم منابع آب جوامع متوسط و کوچک نسبت به شهرهای بزرگ همسایه دارای کمبود هستند (American Public Health Association, و Benneer, 2003) (1999).

### ۱-۲-۸. انعطاف‌پذیری از طریق ترکیب کردن موارد قبلی

بدیهی است که امکان انعطاف‌پذیری از طریق ترکیب کردن دو یا چند مورد از مواردی که در بالا شرح داده شد، امکان‌پذیر است

(American Public Health & Association, 1999 Benneer, 2003).

### ۱-۳. جامعیت

دلیل شکست در اجرای استاندارد کیفیت آب شرب در کشورهای در حال توسعه این است که در بعضی موقعیت‌ها، استاندارد بیش از حد پیچیده است، این ویژگی تمامیت نامیده می‌شود. تفاوت میان جامعیت و تمامیت در این است که در تمامیت هیچ مطلبی کنار گذاشته نمی‌شود، ولی در جامعیت تمام مطالب مهم مطلب اصلی، پوشش داده می‌شود. یک استاندارد جامع باید

تمامی موارد زیر را پوشش دهد (American Public Health Association 1999 & Benneer, 2003).

مقدمه، شروط عمومی، تعاریف، چارچوب سازمانی، جدول پارامترها و غلظت‌ها، فراوانی نمونه‌برداری، روش‌های تأیید شده تجزیه و تحلیل، بررسی و نمونه‌گیری‌های بهداشتی، شرایط و نیازمندی‌های عمومی، تکنیک‌های پیشنهادی، تخلفات و مجازات‌های مربوطه، اطلاعات و گزارش‌ها، برنامه‌های نظارتی.

#### ۱-۴. تکامل گام به گام

پیاده‌سازی یک استاندارد و یا تجدیدنظر بر استاندارد موجود، نیازمند سرمایه‌گذاری در منابع جدید است. یک روش عاقلانه جهت دستیابی به اهداف برنامه توسعه استاندارد این است که برنامه و استاندارد به صورت مرحله به مرحله اجرا شود. روش عملی و سودمندانه آن است که در ابتدا یک استاندارد معتدل را اعمال کرده و درحین کامل شدن، مرحله به مرحله توسعه استاندارد، در نهایت به یک استاندارد جامع رسید. به عنوان مثال، در یک کشور در حال توسعه، در نظر گرفتن تمامی آلودگی‌هایی که امکان حضور در آب را دارند، در ابتدای کار بسیار مشکل است. بنابراین در این مرحله استاندارد باید تنها آلودگی‌هایی که به طور مداوم و با غلظت تقریباً معینی در آب وجود داشته و بیشترین تأثیر را بر سلامتی انسان می‌گذارند دربرگیرند و آلودگی‌های دیگر که تأثیر به مراتب کم‌تری بر سلامت انسان دارند، در مراحل بعدی توسعه استاندارد در نظر گرفته شوند.

#### ۱-۵. به روز بودن

یک استاندارد نمی‌تواند ثابت و پایدار باقی بماند. امروزه علوم فنی و عمومی پیوسته در حال تغییر است. بنابراین واجب است که استاندارد همگام با تغییرات زیست‌محیطی و پیشرفت علوم مختلف به روز شود.

#### ۱-۶. پشتیبانی

ممکن است یک کشور بهترین استاندارد را در اختیار داشته باشد، اما تا زمانی که نیروهای اجتماعی حمایت مقتضی را از آن به عمل نیاورند، به هیچ عنوان کارایی نخواهد داشت.

#### ۱-۷. مشارکت همگانی

یکی از عوامل مؤثر بر موفقیت در اجرا و رعایت این است که تمامی بخش‌های اجرایی مرتبط با آب شرب، آماده اجرای آن باشند. این مشارکت همگانی موجب پشتیبانی از استاندارد خواهد شد (American Public Health Association, 1999 و Benneer, 2003).

## ۲. پارامترها و غلظت‌ها

پارامترها به تنهایی در استاندارد آب شرب مطرح نیستند بلکه وابسته به غلظت‌شان است؛ به طوری که یک پارامتر یا ماده مشخص در یک غلظت معین عادی یا حتی دلخواه تلقی شده و در غلظتی دیگر آلودگی به حساب می‌آید. جدول یکی از مهم‌ترین ابزارهای توسعه استاندارد است. حدود مشخص شده برای پارامترها و غلظت‌هایشان تنها تابع معادلات تکنیکی کیفیت آب نیستند، بلکه مسائل اقتصادی نیز در تعیین آنها دخیل هستند. اقداماتی که در راستای تهیه جدول انجام می‌شود، در ادامه گفته خواهد شد (سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران بخش آب و فاضلاب، استانداردهای مربوط به غلظت آلاینده‌های موجود در آب شرب، ۱۳۸۸).

### ۱-۲. انتخاب پارامترها

همان‌طور که مشخص است، هزاران ماده درون آب شناسایی شده است که کنترل بر روی تمامی این مواد در برنامه استاندارد غیرممکن است. بنابراین استاندارد باید بر روی مجموعه مشخصی از آنها متمرکز شود تا از طریق موارد زیر پروسه تهیه این مجموعه میسر شود.

#### ۱-۱-۲. دسته‌بندی مواد موجود در آب

مواد موجود در آب براساس مشخصات شیمیایی و یا سایر مشخصات وابسته به موارد استفاده آنها یا ویژگی‌های فیزیکی، دسته‌بندی می‌شوند. یکی از روش‌های طبقه‌بندی که از سوی سازمان بهداشت جهانی توصیه شده به این شرح است: مواد میکروبی، مواد شیمیایی (معدنی، آلی، آفت‌کش‌ها، ضد عفونی‌کننده‌ها)، مواد رادیولوژیکی.

#### ۲-۱-۲. منفردسازی برجسته‌ترین مواد

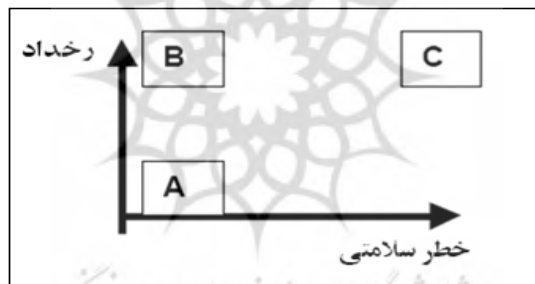
این مرحله اولین مرحله انتخاب پارامترها است. اولین گروهی که باید در نظر گرفته شود، آلاینده‌های میکروبی هستند که بیشترین تأثیر را بر سلامت انسان می‌گذارند. جهت کاهش ریسک بیماری‌های آبی در هر کشوری، اولین اولویت تهیه و اجرای استاندارد بر مبنای آلاینده‌های میکروبی است. به دلیل حجم وسیع میکروب‌ها امکان بررسی یک به یک آنها وجود ندارد، بنابراین یک یا دو شاخص در نظر گرفته می‌شود. این شاخص‌ها دارای خصوصیاتی هستند که حضور آنها نشانگر حضور میکروب‌ها و غیبت آنها شاهدهی بر عاری بودن آب از هر نوع میکروب است. سازمان بهداشت جهانی این شاخص‌ها را به شرح زیر تفسیر می‌کند: Thermo Tolerant Coli form Bacteria - که در هر 100 mg/L آب شرب نباید وجود داشته باشد و Total Coli form Bacteria - که در هر 100 mg/L آب شرب نباید وجود داشته باشد.

گروه دوم، مواد معدنی هستند که معمولاً در آب‌های ناخالص و تصفیه شده یافت می‌شود. این مواد دارای گروه وسیعی نیستند و شاخص‌های شناسایی آنها عبارتند از: آرسنیک، برم، کرم، فلور، سرب، جیوه و نیترات‌ها. گروه سوم مواد آلی است که به دو دلیل باید این مواد را در مجموعه پارامترهای جدول قرارداد: نخست، اکثر مواد آلی سرطان‌زا هستند. البته با توجه به غلظت‌هایی که در آب شرب یافت می‌شود، مدت زمان طولانی لازم است تا اثر سوء خود را بر انسان بگذارند. دوم اینکه، برخلاف مواد معدنی، مواد آلی دارای گروه وسیعی هستند. بهترین راه‌حل جهت بررسی این مواد، تقسیم کردن گروه وسیع مواد آلی به چندین زیرگروه است که عبارتند از: مواد آلی وابسته به سلامتی انسان، آفت‌کش‌ها، مواد ضد عفونی‌کننده.

### ۲-۱-۳. تهیه منحنی رخدادهای خطر سلامتی

جهت تمرکز بیشتر در انتخاب پارامترهای موجود در جدول استاندارد، از این منحنی استفاده می‌شود. یک محور اختصاص به نرخ رخداد هر پارامتر در آب دارد و محور دیگر اختصاص به ریسک سلامتی ناشی از مصرف پارامتر خواهد داشت.

#### منحنی ۱- منحنی رخدادهای خطر سلامتی



مواد با رخداد و خطر سلامتی پایین در جایگاه A قرار می‌گیرند.

مواد با رخداد بالا و خطر سلامتی کم در جایگاه B قرار می‌گیرند.

مواد با رخداد و خطر سلامتی بالا در جایگاه C قرار می‌گیرند.

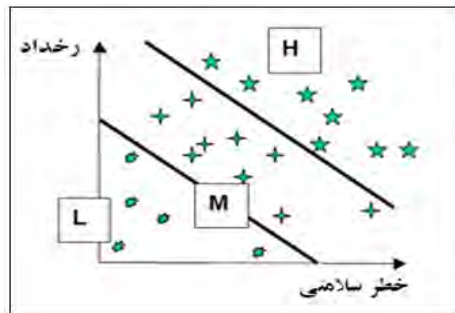
سازمان بهداشت جهانی، آژانس حفاظت از محیط‌زیست آمریکا و بسیاری از مراکز معتبر دیگر در جهان، اطلاعات جامعی را در ارتباط با تأثیر هر پارامتر بر سلامتی انسان تهیه کرده و در دسترس عموم قرار داده‌اند که از طریق این مراجع می‌توان پتانسیل خطر سلامتی هر پارامتر را به دست آورد. در رابطه با پتانسیل رخداد آلاینده‌های مختلف، این مسئله وابسته به نحوه تصفیه آب قبل از توزیع و به طور آشکارا وابسته به کیفیت آب خام است. بنابراین باید نوع و غلظت این آلاینده‌ها در منابع آب بررسی شود. این اطلاعات را می‌توان با تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود در ارتباط با آب شرب و خام بدست آورد.



## ۲-۱-۴. گزینش پارامترها از طریق "ترسیم خط"

زمانی که خطر سلامتی و پتانسیل رخداد هر پارامتر مشخص شد، نمودار ترسیم شده و پارامترها توزیع می‌شوند. در نتیجه، ۳ منطقه مشخص خواهد شد که عبارتند از: مناطق با اولویت‌های کم، متوسط و زیاد.

### منحنی ۲- منحنی توزیع پارامترها بر مبنای اولویت



برحسب منابع هر کشور، استاندارد دارای پارامترهای کم یا زیادی خواهد بود که گزینش آنها برحسب موقعیت‌شان در نمودار امکان‌پذیر است. واضح است که استاندارد در ابتدا تنها بر مبنای آلاینده‌هایی تنظیم خواهد شد که با غلظت معین و رخداد مداوم در آب شرب وجود داشته و بیشترین تأثیر را بر سلامتی انسان می‌گذارند. این پارامترها در محدوده H قرار می‌گیرند.

### ۲-۲. تعیین محدوده غلظت پارامترهای انتخاب شده

دومین مرحله تهیه جدول، تعیین محدوده غلظت‌هاست. ممکن است کشورها دو روش را اتخاذ کنند: جدولی با یک محدوده غلظت و یا جدولی با دو یا چند محدوده غلظت. همان‌طور که در ابتدا بیان شد، دو قاعده بسیار مهم در تعیین محدوده غلظت‌ها واقع‌گرایی و انعطاف‌پذیری است. در کشورهایی که دو محدوده غلظت پارامترها اتخاذ می‌شود، یکی از محدوده‌ها اشاره به ارزش ایده‌آلی دارد که آب باید داشته باشد. درحقیقت این ارزش ایده‌آل، هدفی است که صنعت آب کشور باید با گذشت زمان و توسعه فناوری‌ها به آن دست یابد. این محدوده به نام غلظت مطلوب نامیده می‌شود. محدوده دوم بیشترین غلظتی است که هر پارامتر در آن غلظت، تأثیر مضر بر سلامت انسان نخواهد گذاشت. این محدوده به نام حداکثر غلظت آلاینده نامیده می‌شود. اطلاعاتی که در پروسه نمودار رخداد خطر سلامتی و انتخاب پارامترها مورد استفاده قرار گرفتند، در تعیین محدوده غلظت‌ها نیز مفید فایده خواهند بود. درحقیقت این اطلاعات مقدمه‌ای بر آماده‌سازی ارزیابی ریسک است. ارزیابی ریسک توصیف‌کننده پتانسیل تأثیرات مضر بر سلامتی انسان است که در پروسه مدیریت ریسک مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی

ریسک شامل چهار مرحله است: ۱. شناسایی خطر: شامل ارزیابی داده‌ای از پارامترهایی است که پتانسیل ایجاد بیماری در انسان را دارند. ۲. ارزیابی مقدار-تأثیر: شامل تحلیل ارتباط میان میزان تأثیرات سمی یک پارامتر و در معرض قرارگرفتن آن است. ۳. ارزیابی در معرض قرارگیری: شامل ارزیابی میزان حضور، غلظت و فراوانی یک ماده در آب است. ۴. توصیف ریسک: شامل یکپارچه کردن داده‌ها و آنالیزهای سه مرحله قبلی و بررسی احتمال دریافت آثار سوء و سمی ناشی از هر ماده توسط انسان است (EPA, 2004) و (WHO, 1996).

در نهایت مدیریت ریسک پروسه‌ای است که منجر به داده‌هایی در جهت اقدامات بازدارنده در برابر عوامل تهدیدکننده سلامت انسان خواهد شد و در نهایت محدوده غلظت پارامترهای موجود در آب، در جهت حفاظت از سلامت عمومی تعیین خواهد شد. از دیدگاه سلامت عمومی، محدوده تغییرات ریسک از  $10^{-6}$  تا  $10^{-3}$  خواهد بود. بعضی پارامترها اجازه حضور با ریسک پایین‌تر و پاره‌ای اجازه حضور با ریسکی بالاتر را خواهند داشت. اینجاست که برمبنای مسائلی چون تأسیسات فنی تصفیه آب، منابع اقتصادی و امکانات آزمایشگاهی و برمبنای انعطاف‌پذیری‌های لازم، محدوده غلظت هر پارامتر مشخص می‌شود.

در ارتباط با نگاره شماره (۱) این‌گونه می‌توان بیان نمود: غلظت‌های به دست آمده از آنالیز ارزش ریسک در ارتباط با هر یک از پارامترهای کیفیت آب به عنوان حداکثر غلظت آلاینده<sup>۲</sup> در نظر گرفته می‌شود. این بدان معناست که حضور هر یک از پارامترهای کیفی با غلظتی بیش از مقدار تعیین شده، منجر به بروز اختلال در چرخه سلامتی زیست‌محیطی شده و به طور خاص سلامت عمومی جامعه را مورد تهدید قرار می‌دهد.

#### نگاره شماره (۱) - تک محدوده‌ای پارامترها و غلظت‌ها

پارامتر	ارزیابی ریسک	غلظت مرتبط با میزان ریسک‌پذیری پارامتر
A	$10^{-5}$	C1
B	$10^{-3}$	C2
C	$10^{-4}$	C3
D	$10^{-4}$	C4

(WHO, 1995 و WHO, 1997)

در نگاره شماره (۲) دو غلظت مختلف برای هر یک از پارامترهای کیفی آب محاسبه شده است. غلظت اول همان است که پیشین به آن اشاره شد و غلظت دوم که ماحصل آنالیز ریسک براساس شاخص‌های توسعه‌یافتگی و پیشرفت‌های صنعتی هر کشور در زمینه‌های مرتبط با توسعه پایدار است، به عنوان حداکثر غلظت هدف<sup>۳</sup> در نظر گرفته می‌شود. این بدان معناست که

2. Maximum Contaminant Level (MCL)

3. Maximum Contaminant Level Goal (MCLG)

مقادیر غلظت تعیین شده به واسطه آنالیز فوق منجر به تأمین یک حاشیه امنیت در زمینه سلامت عمومی جامعه خواهد شد. غلظت‌های به دست آمده از این روش به صورت اجباری در سیستم مدیریت کیفی آب هر منطقه اعمال نشده و به مرور زمان و با پیشرفت‌های حاصله در ارتباط با توسعه پایدار هر منطقه اعمال می‌شوند.

### نگاره شماره (۲) - جدول دو محدوده‌ای پارامترها و غلظت‌ها

پارامتر	ارزیابی ریسک بر مبنای محدوده ایده‌آل	غلظت مرتبط با ارزیابی ریسک (غلظت ایده‌آل)	ارزیابی ریسک بر مبنای حداکثر غلظت قابل قبول	غلظت مرتبط با ارزیابی ریسک (حداکثر غلظت قابل قبول)
A	۱۰ <sup>-۶</sup>	C1	۱۰ <sup>-۴</sup>	C5
B	۱۰ <sup>-۵</sup>	C2	۱۰ <sup>-۳</sup>	C6
C	۱۰ <sup>-۵</sup>	C3	۱۰ <sup>-۴</sup>	C7
D	۱۰ <sup>-۶</sup>	C4	۱۰ <sup>-۳</sup>	C8

(WHO, 1995 & 1997)

### ۲-۲-۵. فراوانی نمونه‌گیری و نظارت‌های بهداشتی

نمونه‌گیری و نظارت‌های بهداشتی اقداماتی است در جهت بررسی و مراقبت از مهم‌ترین مراکز سیستم آب مانند تأسیسات تصفیه، مخازن، لوله‌های اصلی، اتصالات مهم و غیره. این نمونه‌گیری و نظارت‌ها در هر کشوری بستگی به مواردی مانند کمیت منابع آب، نحوه تصفیه، ریسک آلاینده‌ها در نقاط مختلف سیستم و مقدار جمعیت مصرف‌کننده آب دارد (WHO, 1996) و (WHO, 1997). به مانند تعیین حدود غلظت‌ها، مسائل اقتصادی و منابع تأسیساتی و تکنولوژیکی، عوامل تعیین‌کننده‌ای در فراوانی نمونه‌گیری و نظارت هستند. پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی جهت تعداد نمونه‌گیری و همچنین فاصله زمانی بین نمونه‌گیری‌ها در راستای آنالیزهای میکروبی برحسب میزان جمعیت مصرف‌کننده آب در نگاره‌های شماره (۳) و (۴) نشان داده شده است. فراوانی نمونه‌گیری در راستای آنالیز پارامترهای مختلف برحسب دبی مصرفی، در نگاره شماره (۵) آمده است.

### نگاره شماره (۳) - تعداد نمونه‌گیری‌ها برحسب جمعیت مصرف‌کننده بر مبنای

#### استاندارد سازمان جهانی بهداشت

حداقل تعداد نمونه‌گیری ماهانه	جمعیت مصرف‌کننده آب
یک نمونه	< ۵۰۰۰
یک نمونه به ازای هر ۵۰۰۰ نفر	۵۰۰۰ - ۱۰۰۰۰۰
ده نمونه به اضافه یک نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر	> ۱۰۰۰۰۰

(EPA, 2004 و Jim Wright, 2004)

نگاره شماره (۴) - فاصله زمانی بین نمونه‌گیری‌ها بر حسب جمعیت مصرف‌کننده

حداقل تعداد نمونه‌گیری‌های ماهانه	حداکثر فواصل زمانی نمونه‌گیری
< ۵۰۰۰	یک ماه
۱۰۰۰۰-۲۰۰۰۰	یک ماه
۲۰۰۰۰-۴۵۰۰۰	دو هفته
۴۵۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	چهار روز
۱۰۰۰۰۰-۳۰۰۰۰۰	دو روز
> ۳۰۰۰۰۰	یک روز

(EPA, 2004 و Jim Wright, 2004)

نگاره شماره (۵) - فراوانی نمونه‌گیری پارامترها بر حسب دبی مصرفی

فراوانی نمونه‌گیری (تعداد نمونه‌گیری‌های سالانه)				پارامتر
دبی آب مصرفی (مترمکعب در روز)				
کمتر از ۵۰ لیتر بر ثانیه	بین ۵۰ تا ۱۰۰ لیتر بر ثانیه	بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ لیتر بر ثانیه	بیشتر از ۴۰۰ لیتر بر ثانیه	
کمتر از ۴۰۰۰ مترمکعب در روز	بین ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰ مترمکعب در روز	بین ۸۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ مترمکعب در روز	بیشتر از ۴۰۰۰۰ مترمکعب در روز	
۱	۱	۱	۱	رسوبات کلر
۲	۲	۲	۱۸	رنگ
۱۲	۲۶	۲۶	۲۳۶	هدایت الکتریکی
۱۲	۲۶	۲۶	۲۳۶	pH
۵۲	۵۲	۵۲	۴۷۲	کدورت
۲	۲	۲	۱۸	آلومینیوم
-	-	-	-	آرسنیک
۲	۲	۲	۱۸	کادمیم
۲	۲	۲	۱۸	کلراید
-	-	-	-	کروم
۲	۲	۲	۱۸	مس
۲	۲	۲	۱۸	سختی کل
۲	۲	۲	۱۸	آهن
۲	۲	۲	۱۸	سرب
۲	۲	۲	۱۸	منگنز
-	-	-	-	جیوه
۲	۲	۲	۱۸	نیترات
۲	۲	۲	۱۸	سولفات

(EPA, 2005 و American Public Health Association, 1999)

#### ۴. بررسی موردی استاندارد کیفیت آب شرب در ایران و آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی

در این بخش ابتدا استاندارد آب آشامیدنی استان آذربایجان شرقی به عنوان یکی از استان‌های با استاندارد مجزا از استاندارد ملی آورده شده و سپس استاندارد ملی کیفیت آب شرب ایران بررسی خواهد شد. لازم به ذکر است که اغلب شرکت‌های آب منطقه‌ای استان‌های کشور از استاندارد ملی کیفیت آب شرب و یا استانداردهای جهانی تبعیت می‌کنند (این بررسی، تحلیلی مقایسه‌ای بر استاندارد کیفیت آب شرب در ایران به عنوان کشوری در حال توسعه است).

##### ۴-۱. ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی

مشخصات فیزیکی آب آشامیدنی باید با مشخصات داده شده در نگاره شماره (۶) مطابقت داشته باشد. در نگاره شماره (۷) حداکثر مقدار مجاز مواد شیمیایی معدنی سمی منعکس شده است که می‌تواند از جهت درج در پارامترهای کیفی موجود در استاندارد حائز اهمیت باشد. باقی‌مانده سموم دفع آفات در آب آشامیدنی هر منطقه باید براساس سموم مجازی که از طرف سازمان حفظ نباتات توصیه شده و یا در منطقه به مصرف می‌رسد، جستجو شود و مقدار آن نباید از حد استاندارد ملی و یا آنچه که از طرف سازمان بهداشت جهانی تعیین می‌شود، تجاوز کند (شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی، ۱۳۷۹). حداکثر مقدار مجاز مواد شیمیایی کانی موجود در آب آشامیدنی در نگاره شماره (۸) آمده است.

##### نگاره شماره (۶) - مشخصات فیزیکی آب آشامیدنی

ردیف	ویژگی	حد مطلوب	مقدار مجاز	واحد اندازه‌گیری
۱	کدورت	کمتر یا مساوی ۱	حداکثر ۵	NTU
۲	رنگ	کمتر یا مساوی ۱	حداکثر ۲۰	پلاتین کبالت برای رنگ حقیقی آب (۱) T.C.U
۳	بو	صفر	حداکثر ۲ واحد در ۱۲ درجه سلسیوس حداکثر ۳ واحد در ۲۵ درجه سلسیوس	رقم آستانه بو (۲) (TCN)
۴	pH	۷-۸/۵	۶/۵-۹/۰	-
۵	طعم	-	باید مقبولیت مردمی داشته باشد و مورد اعتراض واقع نشود.	-
۶	روغن	-	به صورت شناور مشاهده نشود	-

نگاره شماره (۷) - حداکثر مقدار مجاز مواد شیمیایی معدنی سمی

ردیف	نوع ترکیب	بر حسب	حداکثر مقدار مجاز بر حسب میلی گرم در لیتر
۱	آرسنیک	As	۰/۰۵
۲	سرب	Pb	۰/۰۵
۳	کروم	Cr	۰/۰۵
۴	سلنیوم	Se	۰/۰۱
۵	کادمیوم	Cd	۰/۰۵
۶	آنتیموان	Sb	۰/۰۵
۷	جیوه کل	Hg	۰/۰۰۱
۸	مولیبدن	Mo	۰/۰۷
۹	سیانور	CN	۰/۰۷
۱۰	وانادیوم	V	۰/۱

نگاره شماره (۸) - مواد شیمیایی کانی و مقدار pH موجود در آب آشامیدنی

ردیف	نوع ترکیب	حداکثر مجاز بر حسب میلی گرم در لیتر
۱	کل مواد جامد محلول (TDS/12)	۱۵۰۰(۲)
۲	سختی کل بر حسب CaCo3	۵۰۰(۳)
۳	کلرور بر حسب Cl	۴۰۰
۴	سولفات بر حسب So4	۴۰۰
۵	هیدروژن سولفور هیدروژن سولفور H2S	۰/۰۵۰
۶	آهن بر حسب Fe	۰/۳
۷	منگنز بر حسب Mn	۰/۵
۸	آلومنیوم بر حسب Al	۰/۲
۹	روی بر حسب Zn	۳
۱۰	مس بر حسب Cu	۱
۱۱	نیترات بر حسب No3	(۵۰)(۴)
۱۲	نیتریت بر حسب No2	(۳)(۴)
۱۳	کلسیم بر حسب Ca	۲۵۰
۱۴	منیزیم بر حسب Mg	۵۰
۱۵	آمونیاک بر حسب NH3	۱/۵
۱۶	سدیم بر حسب Na	۲۰۰ (۵)
مقدار pH		
۶/۵-۸	بزرگتر از ۸ تا ۹	
۰/۲	۰/۴	مقدار مجاز کلر آزاد باقیمانده پس از نیم ساعت تماس متناسب با pH بر حسب میلی گرم در لیتر

نظر به اینکه بین یون منیزیم و سولفات از نظر تغییر طعم و امکان اختلال در جهاز هاضمه رابطه وجود دارد، از این رو در شرایطی که مقدار منیزیم از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند، مقدار سولفات نباید بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. مقدار توصیه شده کلر آزاد باقی‌مانده پس از نیم ساعت زمان تماس در شرایط عادی ۰/۵ تا ۰/۸ در انتهای شبکه برحسب میلی‌گرم در لیتر با توجه به pH و در شرایط اضطراری، همه‌گیری بیماری‌های رودهای و بلایای طبیعی یک میلی‌گرم در لیتر است. پایش روزمره کیفیت آب آشامیدنی در نقطه مصرف مستلزم اندازه‌گیری مقدار کلر آزاد باقیمانده میزان pH کدورت و دما نیز هست. نگاره شماره (۹) حداقل و حداکثر غلظت فلوراید در آب آشامیدنی را نشان می‌دهد. استاندارد تعداد نمونه‌برداری میکروبی در نگاره شماره (۱۰) نشان داده شده است.

#### نگاره شماره (۹) - حداقل و حداکثر غلظت فلوراید در آب آشامیدنی

میانگین سالیانه حداکثر هوای روزانه (درجه سلسیوس)	حداقل مقدار مجاز فلوراید mg/l	حد متوسط مقدار فلوراید mg/l	حداکثر مقدار مجاز فلوراید mg/l
۱۰-۱۲	۱/۱	۱/۲	۲/۴
۱۲-۱۴/۶	۱	۱/۱	۲/۲
۱۴/۶-۱۷/۷	۰/۹	۱	۲
۱۷/۷-۲۱/۵	۰/۸	۰/۹	۱/۸
۲۱/۵-۲۶/۳	۰/۷	۰/۸	۱/۶
۲۶/۳-۳۲/۵	۰/۶	۰/۷	۱/۴

یادآوری: میانگین دما براساس میانگین حداکثرهای دمای منطقه در ۵ سال متوالی است.

#### نگاره شماره (۱۰) - حداقل تعداد نمونه‌برداری از آب شبکه برای انجام آزمون باکتری

##### شاخص کلیفرم و اش‌ریشیاکلی گرم‌پای

جمعیت	حداقل تعداد نمونه‌برداری در هر ماه
کمتر از ۵۰۰۰ نفر	۱ نمونه
۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ نفر	۲ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰ نفر
بیش از ۱۰۰۰۰۰ نفر	۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر به علاوه ۱

#### ۴-۲. تواتر نمونه‌برداری شیمیایی (آنیون‌ها و کاتیون‌های متداول در آب)

در ابتدای شرایط تواتر نمونه‌برداری از منابع آب به صورت فصلی است، ولی همان‌گونه که طی برنامه پایش کیفی منابع آب اعلام شد، با تحلیل روند تغییرات عوامل کیفی آب طی یک دوره پنج‌ساله تواتر نمونه‌برداری را می‌توان تغییر داد.

#### ۳-۴. تواتر نمونه برداری فلزات سنگین

ضروری است حداقل سالی یکبار نمونه برداری از کلیه منابع آب به منظور بررسی، شناسایی و تعیین مقدار فلزات سنگین انجام گیرد (در صورتی که آزمایشگاه شرکت فاقد تجهیزات لازم باشد، از امکانات سایر بخش‌ها اعم از دولتی و خصوصی می‌توان استفاده کرد). در صورتی که برخی از فلزات سنگین در محدوده استاندارد ملی و یا بیشتر از آن باشد، لازم است نمونه برداری فلزات سنگین یاد شده، همانند سایر آزمون‌های شیمیایی (بند ۴) با تواتر سه ماهه انجام شود. نگاره شماره (۱۱) محدوده پارامترها و غلظت‌های استاندارد ایران، سازمان بهداشت جهانی و سایر کشورها را نشان می‌دهد. سایر موارد که در بندهای پنج‌گانه فوق ذکر نشده است، همچون مواد آلی و سموم شیمیایی، برحسب مورد و شرایط منطقه و با نظر مدیر کنترل کیفی نسبت به نمونه‌گیری و انجام آزمون‌های مربوط به آن اقدام خواهد شد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶ و سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۱).

#### نتیجه‌گیری

جهت یافتن راهبردی در بهبود استاندارد آب شرب کشورهای در حال توسعه و در جمع‌بندی مطالب اشاره شده باید جذب نیروهای مجرب کاردان و کارشناس در سطح کشور به منظور تدوین، پیگیری و اجرای برنامه‌های بهبود استاندارد را مدنظر قرارداد. ارائه آموزش‌های موردنیاز در سطوح مختلف نیز بسیار مؤثر است. به منظور جلب مشارکت برون‌بخشی در اجرای برنامه‌های بهبود استاندارد، بحث ارزیابی ریسک، ایجاد اعتماد در دستگاه‌های نظارتی و جامعه مخاطب، کمک مؤثری در سرعت بخشیدن به این امر می‌کند. با استفاده از همکاری‌های متقابل، بسیاری از موانع موجود به سرعت برطرف شده و تسهیل در انجام بهبود استاندارد به وجود می‌آید. در این راستا اقداماتی نظیر تعیین برنامه‌های بازدید و نمونه برداری مستمر از منابع آب شرب، ارائه خدمات آزمایشگاهی مناسب، برگزاری کارگاه‌های آموزشی در خصوص مهندسی ریسک و ارزش، جذب نیروهای مجرب و کارآموده، برگزاری جلسات فنی و تخصصی، بهره‌مندی از تجهیزات و دستگاه‌های مناسب آزمایشگاهی برای انجام آزمایشات آب شرب و برقراری سامانه گزارش‌دهی مناسب و ثبت اطلاعات، بسیار حائز اهمیت است.

با توجه به نگاره شماره (۱۱) حدود استاندارد تدوین شده در ایران در ارتباط با پارامترهای pH، کدورت، برخی فلزات سنگین نظیر کادمیم، سرب، جیوه و همچنین آنیون‌هایی نظیر سولفات، کلراید و نیترات به علت ماهیت منابع آب این کشور و با در نظر داشتن اصول واقع‌گرایی و جامعیت که پیش‌تر به آن اشاره شد، از مقادیر متناظر استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) و آژانس محافظت محیط‌زیست امریکا (EPA) بالاتر است. از سوی دیگر با



توجه به کمبود منابع آب شرب با کیفیت برتر و کمبود امکانات پیشرفته تصفیه آب در کشورهای ایران، هند و پاکستان و با در نظر داشتن رویکرد فنی و اقتصادی مقادیر MCL مربوط به این عناصر در استاندارد آب شرب این کشورها به نسبت مقادیر مشابه در استانداردهای WHO و EPA بالاتر بوده و کم‌تر سختگیرانه است، این امر مؤید انعطاف‌پذیری و تدوین دقیق آن است. جهت بهبود حدود مقادیر حداکثر عناصر آلاینده آب شرب که پیش‌تر به آن اشاره شد، در راستای افزایش کیفیت استاندارد و آب شرب در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، هند و پاکستان یکی از راهبردهای مؤثر، بهبود فناوری‌های تصفیه آب و تلاش در جهت حفظ و ارتقای کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی است. ماهیت کانی‌های موجود در پهنه‌های خاکی ایران، فاضلاب‌های حاصل از صنایع فلزکاری، تولید بلور و سرامیک، دباغی و خصوصاً پالایشگاه‌های نفت و وجود چاه‌های جذبی برای دفع فاضلاب باعث بالاتر بودن مقادیر برخی ترکیبات نظیر آمونیاک، آرسنیک، سولفات، کلراید، نیترات و... می‌شود که با وجود حساسیت کم‌تر استاندارد فعلی ایران نسبت به آنها در مقایسه با WHO و EPA به علت مخاطرات زیادی که برای سلامتی انسان دارند، باید در برنامه بهبود استاندارد جدی گرفته شود.

حفاظت از منابع آب در برابر آلودگی، حراست از منابع و تأسیسات آب آشامیدنی در برابر آلودگی‌های عمدی و خرابکاری‌ها و بیوتروریسم، توسعه و ارتقا و به‌کارگیری فناوری‌های مناسب در سیستم تصفیه آب از اهداف اصلی برنامه بهبود استاندارد است. تدوین و بازنگری استانداردها و الزامات کیفیت آب آشامیدنی برپایه مدیریت خطر، پیشگیری مؤثر از بروز خطرات بهداشتی ناشی از تأسیسات و متعلقات سیستم تأمین آب و مواد شیمیایی مورد استفاده (نظیر کلر) و همچنین ارتقای شاخص دسترسی به آب آشامیدنی سالم در مناطق شهری و روستایی، از دیگر اهداف برنامه بهبود استاندارد آب است. همان‌طور که از نگاره‌های شماره (۱) و (۲) نتیجه‌گیری می‌شود، ارزیابی ریسک مربوط به حداکثر غلظت قابل قبول پارامترهای کیفیت آب شرب، بیشتر از ارزیابی ریسک مرتبط با غلظت، ایده‌آل است و این به این معنی است که در معرض قرارگیری و تأثیر حداکثر غلظت قابل قبول می‌تواند در تعیین حدود استاندارد و سختگیرانه بودن آن اثرگذار باشد. از سوی دیگر با توجه به نگاره‌های شماره (۳) و (۴) در خصوص تعداد و فواصل زمانی نمونه‌گیری می‌توان گفت که با افزایش جمعیت مصرف‌کننده آب، فواصل زمانی نمونه‌برداری کاهش یافته و تعداد آن افزایش می‌یابد و دلیل آن نیز افزایش دبی آب مصرفی و افزایش میزان غلظت برخی پارامترها در حجم‌های بالاتر است که

این امر نیز به خوبی در نگاره شماره (۵) نمایش داده شده است و از آن می‌توان در بهبود مستمر استاندارد آب شرب با گذشت زمان بهره جست.

لازم به ذکر است که براساس گزارش مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سند راهبرد ملی بهبود کیفیت آب شرب که توسط هیئت محترم وزیران به تصویب رسیده برای اجرا به سازمان‌های مجری ابلاغ شده است. هیات وزیران در جلسه مورخ ۹۰/۷/۲۰ بنابه پیشنهاد وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به استناد اصل یکصدوسی و هشتم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، سند راهبرد ملی بهبود کیفیت آب شرب را با ۱۳ هدف و ۴۵ راهبرد تصویب کرد. وزارتخانه‌های نیرو، بهداشت و درمان و آموزش پزشکی، جهاد کشاورزی، سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان ملی استاندارد ایران موظف شدند با همکاری سایر وزارتخانه‌ها و سازمان‌های ذی‌ربط ظرف مدت سه ماه پس از ابلاغ این تصویب‌نامه، برنامه اجرایی و عملیاتی سازمان متبوع را در چارچوب راهبردهای سند یادشده به صورت بسته‌های اجرایی تدوین و طبق ماده ۲۱۷ قانون برنامه پنج‌ساله توسعه جمهوری اسلامی ایران، اجرا کنند (وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۹۰).

نگاره شماره (۱۱) - مقایسه محدوده غلظت ارائه شده برای پارامترهای مختلف آب

آشامیدنی از سوی مراجع قانون‌گذار

پارامتر	واحد	سازمان جهانی بهداشت (WHO)	آژانس حفاظت محیط‌زیست امریکا (EPA)	استاندارد ملی آب آشامیدنی ایران	استاندارد ملی آب آشامیدنی هند (IS:10500)	استاندارد آب آشامیدنی پاکستان (NSDWQ)
pH	-	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۹/۲	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵
کدورت	NTU	۰/۵-۱	۰/۵-۱	۲/۵	۵	۵
کادمیم	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
آرسنیک	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
سرب	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
جیوه	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
سیانید	میلی‌گرم در لیتر	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
سلنیوم	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
بور	میلی‌گرم در لیتر	۰/۵	۰/۵	۰/۱	۱	۰/۳
باریم	میلی‌گرم در لیتر	۲	۲	۰/۷	-	۰/۷
منگنز	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۵	۰/۱	۰/۵
آهن	میلی‌گرم در لیتر	۰/۳	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۳

۵	۵	۵	۵	۵	میلی گرم در لیتر	روی
۲	۰/۰۵	۱/۵	۱/۳	۲	میلی گرم در لیتر	مس
۲۵۰	۲۰۰	۴۰۰	۲۵۰	۲۵۰	میلی گرم در لیتر	سولفات
۲۵۰	۲۵۰	۶۰۰	۲۵۰	۲۵۰	میلی گرم در لیتر	کلراید
-	-	۱/۵	۰	۰	میلی گرم در لیتر	آمونیاک
۵۰	۴۵	۴۵	۱۰	۱۰	میلی گرم در لیتر	نیتрат
۳	-	۴	۱	۱	میلی گرم در لیتر	نیتريت
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱	میلی گرم در لیتر	کروم
۱۵	۵ (واحد هین)	۱۵	۱۵	۱۵	TCU	رنگ
۳	بی‌عیب	۳	۳	۳	آستانه بو	بو

(منبع: سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران، ۱۳۸۸ و WHO, 2013 & US.EPA, 2005  
NSDWQ, 2008 & IS10500, 1993)

## فرجام

یک برنامه‌ریزی صحیح در تدوین استاندارد، دارای چهار ویژگی اساسی است که باید هدف را مشخص کند، استراتژی رسیدن به هدف را مشخص نماید، امکانات و ابزار موردنیاز در استاندارد را پیش‌بینی کند و سرانجام باید تمهیدهای لازم به منظور آگاه‌سازی از موضوع حرکت در مسیر صحیح را پیش‌بینی نماید. در برنامه‌ریزی ارائه شده، هدف تأمین آب شرب سالم بهداشتی و تضمین سلامت آن براساس آخرین رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) است. در نگاره‌های شماره (۱) تا (۱۱)، لیست پارامترها و موارد کنترلی جهت درج در استاندارد مربوط به آب شرب آورده شده است. برای پیشبرد اهداف بهداشتی استاندارد آب شرب نباید به این موضوع تنها از دیدگاه بهداشتی نگاه کرد، زیرا بسیاری از معضلات ریشه در نیروی انسانی، اداری، آموزشی و... دارد. در این میان ارتقای سطح فرهنگ و ارائه آموزش‌های لازم در سطوح مختلف از مدیریت عالی تا سایر افراد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این امر تا آنجا پیش می‌رود که در موضوع تدوین استانداردها، از نظر کارشناسان استفاده شده و افکار بهداشتی مربوط به آب شرب نهادینه شده است و باید به صورت زیربنایی اجرا و پیگیری شود. شناسایی اولویت‌ها و اقدامات کنترل کیفی را نیز باید از همین مرحله آغاز کرد. در این میان تأمین اعتبار مالی و انسانی از اهمیت خاصی برخوردار است.

جهت طراحی استاندارد کیفیت آب شرب در یک کشور در حال توسعه باید شیوه‌ای متفاوت با آنچه در یک کشور توسعه‌یافته و با منابع غنی است، در نظر گرفته شود. شرایط و منابع در هر کشور فصل به فصل و منطقه به منطقه می‌تواند متغیر باشد. بنابراین استاندارد

که دربردارنده این شرایط نباشد مستعد عدم اجرا است. ۲. سایر موارد که در بندهای پنج‌گانه فوق ذکر نشده است (همچون مواد آلی و سموم شیمیایی)، برحسب شرایط منطقه و با نظر مدیر کنترل کیفی نسبت به نمونه‌گیری و انجام آزمون‌های مربوطه اقدام خواهد شد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶ و سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۱). ۳. در راستای بررسی موردی استاندارد ایران، با مقایسه جدول پارامترها و غلظت‌ها در ایران، سازمان بهداشت جهانی، آژانس محافظت از محیط‌زیست امریکا، استاندارد ملی آب آشامیدنی هند (IS10500, 1993) و استاندارد ملی آب آشامیدنی پاکستان (NSDWQ, 2008)، در پژوهش حاضر می‌توان به نتایجی اجمالی ذیل رسید: ۱-۳. باتوجه به اینکه ایران کشوری در حال توسعه است، انتظار می‌رود محدوده غلظت‌های انتخاب شده برای پارامترهای مختلف باوجود رعایت استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، از انعطاف‌پذیری لازم نیز برخوردار باشد. همچنین باتوجه به منابع و امکانات مالی و تکنولوژیکی موجود در ایران، انتظار می‌رود استاندارد ارائه شده از واقع‌گرایی لازم بهره‌مند بوده و در مقایسه با استاندارد سایر کشورها از سهولت بیشتری نیز برخوردار باشد. ۲-۳. باید توجه کرد به اینکه پارامترها به تنهایی در استاندارد آب شرب مطرح نیستند، بلکه وابسته به غلظت‌شان هستند؛ به طوری که یک پارامتر یا ماده مشخص در یک غلظت معین عادی یا حتی دلخواه تلقی شده و در غلظتی دیگر آلودگی به حساب می‌آید. ۳-۳. پس از بررسی داده‌های نگاره شماره (۱۱) به مواردی برمی‌خوریم که استاندارد پیشنهادی ایران به‌عنوان کشوری در حال توسعه به مراتب سختگیرانه‌تر از پیشنهادی است که سازمان بهداشت جهانی ارائه کرده و این موضوع می‌تواند به خودی خود سرآغاز یک بررسی موردی باشد. از طرف دیگر، مواردی نیز وجود دارند که به هیچ عنوان استاندارد پیشنهاد شده از سوی سازمان بهداشت جهانی را متقاعد نمی‌کنند که این موضوع نیز جای تحقیق و بررسی دارد. از موارد قابل اشاره، استاندارد غلظت مجاز آرسنیک است که در سازمان جهانی بهداشت پنج برابر کم‌تر از ایران است. همچنین باید به استاندارد غلظت نیترات اشاره کرد که آن چهارونیم برابر استاندارد جهانی است. استاندارد ارائه شده از طرف آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی، عموماً از استاندارد ملی آب آشامیدنی ملی تبعیت می‌کند. با جمع‌بندی مطالب ارائه شده این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که براساس پتانسیل‌های موجود در ایران، به عنوان کشوری در حال توسعه و با در نظرگیری حفاظت از سلامت عمومی جامعه به عنوانی وظیفه اصلی ارگان‌های قانون‌گذار، محدوده غلظت آلاینده‌های مختلف آب شرب باید براساس مدیریت ریسک و مهندسی ارزش برپایه استانداردهای جهانی به‌گونه‌ای تهیه شود که با حفظ امنیت سلامتی مصرف‌کنندگان آب شرب، پتانسیل اجرایی شدن و دستیابی براساس تعداد و نوع عملکرد

تصفیه‌خانه‌های آب موجود در کشور باشد. از سوی دیگر، براساس نگاره‌های ارائه شده در ارتباط با میزان و فواصل زمانی نمونه‌گیری از خروجی تصفیه‌خانه‌های آب موجود در کشور، باید نظارت دقیقی بر نحوه عملکرد تصفیه‌خانه‌های موجود صورت گرفته به طوری که هماهنگ با قوانین عمل‌گرای بین‌المللی نیز باشند. توجه به شرایط گوناگون اقلیمی موجود در کشور، وجود استانداردهای مختلف و انعطاف‌پذیر با معیارهای متفاوت در استانهای کشور، می‌تواند به نظارت و پیگیری جدی‌تر و موفق‌تر اجرای این استانداردها برای مراجع ذیربط منجر شود.

### منابع فارسی

- سازمان برنامه و بودجه (۱۳۷۱)، نشریه شماره ۱۱۶-۳، *استاندارد کیفیت آب آشامیدنی*.
- سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (۱۳۸۸)، بخش آب و فاضلاب، *استانداردهای مربوط به غلظت آلاینده‌های موجود در آب شرب*.
- شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی (۱۳۷۹)، *استاندارد آب آشامیدنی*.
- کرامتی حسن، امیرحسین محوی و لیلیا عبدالنژاد (۱۳۸۶)، بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی، آب شرب شهر گناباد در فصول بهار و تابستان سال ۱۳۸۶، *مجله علمی پژوهشی افق دانش*، ۱۳ (۳): ۲۵-۳۲.
- مصطفایی غلامرضا، ربانی داورخواه و لیلیا ایرانشاهی (۱۳۷۸)، کیفیت میکروبی آب شرب شهر کاشان در سال ۱۳۷۸-۷۹، *مجله علمی پژوهشی فیض*، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، ۱۷ (۱): ۱۳-۱۹.
- ملکوتیان محمد و جمشید مؤمنی (۱۳۹۱)، بررسی کیفیت آب شرب بردسیر در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۹ (گزارش کوتاه)، *مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان*، ۱۱ (۴): ۴۰۳-۴۱۰.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۷۶)، *استاندارد شماره ۱۰۵۳*.
- وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی (۱۳۹۰)، شورای عالی سلامت و امنیت غذایی، *راهبرد ملی بهبود کیفیت آب شرب*، ویرایش اول.

### منابع لاتین

- American Public Health Association (1999), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.
- Environmental Protection Agency (2013), *Integrated Risk Information System*.
- NSDWQ (2008), Government of Pakistan, Pakistan Environmental Protection Agency (Ministry of Environment), *National Standards for Drinking Water Quality*.
- IS 10500, Indian Standard Specification For Drinking Water, 1992. (Reaffirmed 1993).
- International Organization for Standardization (2013), *Water Quality Series*. WHO & US.EPA.
- Jim Wright, Stephen Gundry and Ronan Conroy (January 2004), Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use, *Tropical Medicine and International Health*, volume 9 no 1 pp 106-117.

Lori S. Benneer, Sheila M. Olmstead (2003), "The Impacts of the "Right to Know": Information Disclosure and the Violation of Drinking Water Standards, *Journal of Economic Literature Classifications*: L51, Q53, Q58, D80.

United States Environmental Protection Agency (2004), *Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories*.

United States Environmental Protection Agency (August 2005), *National Water Quality Inventory*, EPA 816-R 00-013.

World Health Organization (2013), *Surveillance of Drinking Water Quality*.

World Health Organization (1996), WHO Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. 2: Health Criteria and other Supporting Information, *Geneva: WHO*.

World Health Organization (1997), WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 3: Surveillance and Control of Community Supplies. *Geneva: WHO*.

World Health Organization (2001), WHO Water Quality: Guidelines, Standards and Health, WHO Water Series. *Geneva: WHO*.

