



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

10080-NWWCE

جایگزینی مدل مدیریتی «مهندسی کیفیت آب» با «بهداشت آب» راه کاری برای مدیریت کارآمدتر در تأمین و توزیع آب آشامیدنی

مجید قنادی

مشاور معاونت برنامه ریزی و توسعه، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

Ghannadi48@gmail.com

خلاصه

کیفیت آب با سه مؤلفه‌ی صیانت از سلامت افراد و جامعه، مقبولیت و پذیرش عمومی و اثرگذاری بر دوام (پایداری) تأسیسات، در معرض قضاوت و داوری است. در دوران معاصر، استحصال بیش از سرعت بازیابی منابع آب، همراه با فقدان اعمال انضباطها و نظارت‌های کارآمد بر مدیریت آلاینده‌ها و حراست از آب‌ها، زوال کیفیت منابع آبی کشور را سرعت بخشیده و تغییرات ناخواسته‌ی آن را سبب شده است. این در حالی است که مطالبه‌ی اجتماعی از موضوع کیفیت آب، از مرز سالم بودن و اثرگذاری آن بر سلامت فراتر رفته و به حوزه‌های رضایتمندی اجتماعی و حفاظت از تأسیسات، تسری یافته است. در چنین شرایطی، واحدهای بهداشت آب در شرکت‌های آب و فاضلاب، با ساختار سنتی الهام گرفته از نهادهای بهداشتی که کیفیت آب را متوقف بر جوانب اثرگذاری آن بر سلامت می‌داند، قادر به پاسخگویی به مطالبه‌ی عمومی در موضوع کیفیت آب نخواهند بود و لازم است با در نظر داشتن افق آرمانی مطلوب و با نگاهی تحول‌گرایانه، مدل «مهندسی کیفیت آب» را جایگزین «بهداشت آب» سازند. در این مدل، مهندس کیفیت آب، با اشراف بر مبانی علمی که نمونه‌ای از آن در موضوع نیترا اشاره شده است و با رعایت الزام‌های مدیریت تطبیقی، از داده‌های خام آزمایشگاهی، شاخص‌های کارآمد مدیریتی، استخراج و با در نظر داشتن نظم‌های اقتصاد، ارزیابی خطر و نیازهای فنی و اجتماعی، بهترین و صحیح‌ترین استنتاج‌ها را ارائه می‌دهد و با اعمال نظر در تصمیم‌های مرتبط با طراحی فرآیندها و سازه‌های پالایش، ذخیره‌سازی و انتقال آب و انتخاب مواد و مصالح، ایده‌ی مهندسی کیفیت آب را محقق می‌سازد.

کلمات کلیدی: مدیریت آب آشامیدنی، مطالبات اجتماعی، نیازهای فنی، مهندسی کیفیت آب

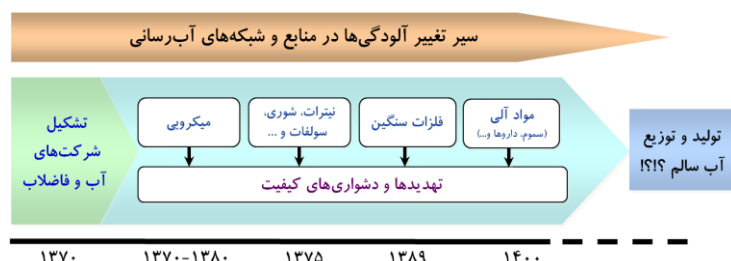
۱. مقدمه

بنا بر اعلام دفتر برنامه‌ریزی ملل متحد، در سال ۲۰۵۰ تقاضای جهانی آب در مقایسه با سال ۲۰۰۰، به تقریب دو برابر خواهد شد و به نظر نمی‌رسد چرخه‌ی طبیعی آب قادر باشد تمامی نیازهای آبی را در دهه‌های آینده برآورده سازد. این در حالی است که روند تقلیل کیفیت آب‌ها هم چنان استمرار دارد. حتی در مناطقی که آب کافی برای تأمین نیازها وجود دارد، بسیاری از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های زیرزمینی به شدت آلوده شده و یا خواهند شد [۱].

مطابق تعریف سازمان جهانی بهداشت «آب آشامیدنی» آبی است که برای مصرف انسانی و تمامی کاربری‌های خانگی مناسب باشد [۲]. در آینده برای برآورده ساختن مستمر چنین آبی با درجه‌ی بالایی از کیفیت که ویژگی‌های آن متناسب با کاربری‌های تعریف شده به‌ویژه آشامیدن باشد، افزون بر نیاز به تأسیسات کارآمدتر تصفیه، نگهداشت و توزیع آب، نیازمند مدیریت زاینده‌های گوناگون انسانی، کشاورزی و صنعتی تخلیه شده به منبع آب متناسب با توان خودپالایی آن است. در حقیقت تأمین سلامت آب مجموعه‌ای زنجیروار از حلقه‌های به هم پیوسته‌ی مدیریت حوزه‌ی آبریز، مدیریت زاینده‌های انسانی، صنعتی و کشاورزی، فرآیندها و تأسیسات تصفیه و سالم‌سازی، تأسیسات نگهداشت و توزیع و کنترل عملکرد صحیح آن‌ها است و پرواضح است که هرگونه کاستی در زیرساخت‌ها و عملکرد هر یک از حلقه‌های برشمرده، ضمن اعمال فشار مضاعف و ناخواسته بر سایر اجزا، نیل به هدف غایی تأمین مستمر آب آشامیدنی سالم را دشوار و گاه ناممکن می‌سازد. نگاه عمیق‌تر به موضوع کنترل کیفیت آب از حوزه‌ی آبریز تا دورترین

مصرف کنندگان شهری و روستایی، به وضوح می‌نمایند که کنترل کیفیت آب، افزون بر جنبه‌های فنی و تخصصی درون و برون سازمانی، رویکردی اجتماعی و یکی از معیارهای قضاوت مشترکان از عملکرد سازمان‌های متولی آب است. زیرا کیفیت، در معنای عام آن و فراتر از همه‌ی تعریف‌ها، احساسی است که در مواجهه با پدیده‌ها، در ما شکل می‌گیرد و میلی است که «بد» را پس می‌زند و «نیکو» را طلب می‌کند و پایه و اساس آن، بر مدار پذیرش و مقبولیت نهاده شده است. کیفیت، شاخصی برای سنجش میزان مسؤلیت پذیری اجتماعی است.

بر این سیاق شرکت‌های آب و فاضلاب برای انجام وظیفه‌ی خطیری که بر عهده دارند، علاوه بر نیاز به تجهیزات به هنگام شناسایی و تعیین مقدار آلاینده‌های آب، از ویژگی تعامل تخصصی درون و برون سازمانی و پاسخگویی اجتماعی نیز باید بهره‌مند بوده و آگاه باشند که تنگناها، دشواری‌ها و هدف‌های کنترل و بهبود کیفیت آب، متأثر از پیشرفت‌های علمی، دگرگونی‌ها و انتظارات اجتماعی، هیچ‌گاه مطلق نیستند. مشکلات همواره تغییر شکل می‌دهند و به تناسب عملکرد، هوشمندی و تلاش فردی و گروهی، در هر زمان، چهره‌ی آن‌ها تغییر می‌کند. تنگناهایی که روزی برای حل آن‌ها اقدام می‌کردیم، امروز حل شده و در مقابل مشکلات جدیدی پدیدار شده است [۳]. دشواری‌ها، در گذر زمان همواره در رده‌های بالاتر ظاهر می‌شوند و راه‌حل‌های برتری را نیز طلب می‌کنند. اگر در سه دهه‌ی پیش، مشکل عمده‌ی کیفیت آب آشامیدنی در ایران، پایین بودن شاخص مطلوبیت کلر باقی‌مانده و نتایج آزمون‌های میکروبی در شبکه‌های آب‌رسانی بود، امروز با بهبود شبکه‌های آب‌رسانی در قالب ایجاد شبکه‌های حلقوی، احداث مخازن ذخیره و حذف پمپاژ مستقیم آب به شبکه، در کنار توسعه‌ی تجهیزات و ایستگاه‌های کلرزنی، افزایش کنترل‌ها و سنجش‌های هوشمند، سال‌ها است که دغدغه‌ی سلامت میکروبی و شاخص‌های مرتبط با آن، مرتفع و به عنوان نقطه‌ی قوت و دستاورد بزرگ مدیریت آب و فاضلاب کشور محسوب می‌شود [۴]. در عین حال اگر در سه دهه‌ی پیش، مقدار افزایش یافته‌ی نیترات، تنها در معدودی از شهرها، عمده‌ترین مشکل کیفیت شیمیایی در شبکه‌های آب‌رسانی کشور به شمار می‌رفت، امروز، افزون بر مشکل دیرینه‌ی نیترات، ظهور و افزایش مقادیر آلاینده‌هایی همچون جامدات محلول، سولفات و برخی فلزات سنگین که شمار و گستره‌ی آن‌ها رو به فزونی است و مواردی معدودی همچون بر، فلوراید و مانند آن، مهم‌ترین چالش کیفیت آب در ایران به شمار می‌رود (شکل شماره ۱). بر طبق گزارش کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی، در یک برآورد کلی، سالانه بیش از ۲۵ هزار تن انواع سموم کشاورزی در ایران مصرف می‌شود و در هر هکتار از زمین‌های زراعی و باغ‌های کشور، به طور میانگین ۱۰ گرم سم به کار می‌رود که به حتم، بخشی از آن‌ها به منابع آب کشور راه می‌یابند.



شکل ۱- تصویر تجسمی از سیر تغییر آلاینده‌ها در منابع و شبکه‌های آب‌رسانی کشور [۵]

حاکمیت و استمرار چنین الگویی از تغییرات کیفیت آب در کشور، به خوبی می‌نمایند که با گذشت زمان، متأثر از ناسازگاری‌های اقلیمی و بروز و استمرار خشکسالی‌های پی در پی، همراه با فشار حداکثری بر منابع محدود آبی، سرعت زوال کیفیت آب‌های کشور بیش از گذشته است. مشاهده‌ی آلاینده‌های نوظهور در آب‌های کشور و عدم توانایی فنی و اجرایی بومی برای زدایش آن‌ها، در کنار ضعف در نهادهای قانونی و اجرایی برای کنترل و ممانعت از ورود آلاینده‌ها به آب، همگی بر پیچیدگی‌های کیفیت آب در ایران افزوده و مدیریت آن را با دشواری‌های جدی مواجه ساخته است. باید توجه داشت که کیفیت، یک محصول است و حصول و یا عدم حصول آن، معلول و تابعی از تصمیم‌های مدیریتی، انضباط‌های کارشناسی و زیرساخت‌های فنی و اجرایی است و تنها با بیان عبارتی‌هایی همچون «کیفیت خط قرمز ماست» که به دفعات بر زبان مسئولان جاری می‌شود، نمی‌توان به کیفیت دست یافت.

۲. الگوی مدیریت مهندسی کیفیت آب

تغییر در فرصت‌ها، تهدیدها، قوت‌ها، انتظارات و موقعیت‌ها، همگی ادامه‌ی بقا، رشد و توسعه را نیازمند تحول می‌سازد. این تغییرها در ارکان، نگرش‌ها و انتظارات از کیفیت آب، به حدی فاحش است که هویت نوینی را برای این بخش تعریف و الزام‌های آن را پیچیده‌تر ساخته است. ظهور رویکردها، ایده‌ها و شاخص‌های جدید در این رشته‌ی تخصصی، همراه با سختگیرانه‌تر شدن تدریجی استانداردها و ضابطه‌ها از یک سو و از دیگر سو تسری یافتن جنبه‌های نظارتی آن به تمامی اجزای تأسیسات و چرخه‌ی انسان ساخت آب، از موضوع‌های فراوری واحدهای کنترل کیفیت است که همگی، آن را نیازمند تحول می‌سازد و پرواضح است که پیشتیاز تحول، روزآمد بودن و پیش گامی است. تحول و توسعه یک موضوع بنیادی است که در آن، نگاه کهن از بین می‌رود و نگاه جدیدی جایگزین آن می‌شود. به تعبیر دیگر، در تحول، همیشه یک مرگ (تفکر و رویکرد گذشته) و یک تولد (تفکر و رویکرد جدید) نهفته است و در این مرگ و تولد هاست که ظرفیت‌ها، بنیان‌های فکری و توانایی‌های درونی به میدان عمل می‌آیند.

نگاهی به پیشینه‌ی تشکیل واحدهای کنترل کیفیت در شرکت‌های آب و فاضلاب به خوبی می‌نماید که خواستگاه این واحدها، با الگوبرداری از واحدهای منتظر در مراکز بهداشت استان‌ها و با نگاه به کیفیت آب از منظر تأثیرگذاری آن بر سلامت مصرف‌کننده بوده است. در چنین رویکردی که متأسفانه هنوز هم اغلب قریب به اتفاق شرکت‌های آب و فاضلاب متوقف بر آن هستند، شناسایی و تعیین مقدار عامل‌هایی از کیفیت همچون کلر باقی‌مانده، شاخص سلامت میکروبی و برخی عامل‌های شیمیایی که مستقیم بر سلامت اثرگذار هستند، از اولویت و اهمیت بیش‌تری برخوردارند و سایر عامل‌ها که اثرگذاری آن‌ها بر سلامت، هنوز به اثبات نرسیده است، یا در رده‌های چندم اهمیت جای می‌گیرند و یا از گردونه‌ی کنترل خارج می‌شوند. شرکت‌های آب و فاضلاب باید بدانند که میدان مسؤلیت و مطالبه‌ی جامعه از آنان در موضوع کیفیت، تنها منحصر به تأمین سلامت مصرف‌کننده در آشامیدن آب نبوده و نیست و ظرف آن بسیار گسترده‌تر از آن است که تنها پاسخگوی نهاد ناظر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و متوقف بر آن باشند. هم‌چنان که خدمات آب و فاضلاب با شش شاخص کمیت، کیفیت، استمرار، پوشش، قیمت و رضایتمندی در بوت‌های نقد قرار می‌گیرد، کیفیت آب نیز با سه مؤلفه‌ی صیانت از سلامت افراد و جامعه، مقبولیت و پذیرش عمومی و اثرگذاری بر دوام (پایداری) تأسیسات، در معرض قضاوت و داوری است. تنها در چنین رویکردی است که توجه به موضوع‌هایی همچون گوارایی آب، قلیائیت، دما، سختی و عامل‌هایی مانند آن، هم سنگ و هم وزن با عامل‌های اثرگذار بر سلامت، ارزش و اهمیت می‌یابند. با گذشت زمان، حساسیت‌های کیفیت آب، از مؤلفه‌ی سلامت، به مؤلفه‌های مقبولیت و حفاظت تأسیسات تسری و گسترش یافته است و بخشی از مطالبه‌ها، تقاضاها و نیازها برای مطالعه، تصفیه و جایگزینی منبع آب، بیش از آن که منبع از سلامت آب باشد، ناظر بر جوانب گوارایی و مقبولیت و یا اثرگذاری کیفیت آب بر تأسیسات است. موارد زیر نمونه‌هایی از آن است:

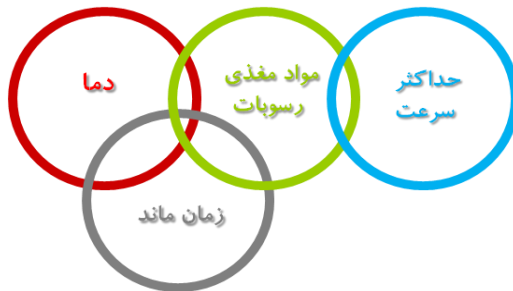
- در حالی که از منظر شاخص‌های رایج بهداشتی و سلامتی، در مناطقی از کشور بر کیفیت آب ایرادی وارد نیست، گرفتگی شدید لوله‌های آبرسانی، مشکل عمومی منطقه و مسؤولان و حتی مشترکان، به دلیل قطعی مکرر آب است (شکل شماره ۲).



شکل ۲ - تصویرهایی از گرفتگی لوله‌های اصلی آبرسانی متأثر از کیفیت آب

- در برخی مناطق شهری و روستایی کشور، مردم به استفاده از آب‌های خروجی از تأسیسات نمک‌زدایی خانگی با توجه عدم اطمینان از کیفیت آب و در مواردی، خرید آب قنات‌ها از تانکرهای عرضه‌کننده‌ی آن، با توجه سبکی و طبخ بهتر جای روی آورده‌اند.

- شماری از مصرف کنندگان، از تخریب، انسداد و فرسودگی زودرس تأسیسات و لوازم آب بر در منازل خود به ویژه لوله‌ها، ظروف و تأسیسات حاوی آب گرم، شکایت دارند و حال آن که کیفیت آب، از منظر شاخص‌های متعارف بهداشتی، مشکل چندانی ندارد.
- نیاز و مطالبه‌ی اجتماعی ایجاد می‌کند تا مدیریت کیفیت آب، بر تغییرات کیفیت در شبکه‌ی توزیع متمرکز شود و در آن، به اثر ناشی از ماند آب، نشت فلزات از لوله‌ها و بستری‌های حامل، رژیم هیدرولیکی و جنس مصالح مورد استفاده در تأسیسات آب‌رسانی توجه شود. در شبکه‌های توزیع، چهار عامل دما، مواد مغذی انباشته در رسوبات، سرعت جریان و زمان ماند، بر کیفیت آب در لوله‌های آب‌رسانی مؤثرند (شکل شماره‌ی ۳) و هم چنان که در آخرین رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۲۰۱۱) آمده است [۲]، باید مورد تدقیق و توجه قرار گیرند.



شکل ۳ - عامل‌های مؤثر بر کیفیت آب در لوله‌های آب‌رسانی

- دستگاه‌های مرتبط با منابع طبیعی و محیط زیست، باید آگاه باشند که رصد کیفیت آب، شاخصی برای سنجش تغییرات محیط زیست است. به عنوان نمونه، کاهش قلیانیت آب ورودی به دریاچه‌ها، شاخص ANC آب دریاچه را متأثر می‌سازد و متعاقب آن فلزات سنگینی که طی سال‌ها در رسوبات دریاچه انباشته شده‌اند، مجدد به درون بستر آب راه می‌یابند و در نهایت در توده‌ی زنده‌ی دریاچه و از جمله ماهیان انباشته و ضمن اثر بر تغییرات جمعیتی آنان، طبقات بالاتر هرم غذایی و از جمله انسان را متأثر می‌سازند [۶].
- همه این‌ها و مواردی و دیگری مانند آن که توضیح آن‌ها خارج از حوصله‌ی این نوشتار است، شاهدی هستند بر آن که موضوع کیفیت، تنها منحصر و محدود به بهداشت نیست و استنباط هم‌ترازی کیفیت با بهداشت، جفایی به این بخش است. ما باید موضوع کیفیت آب را فراتر از بهداشت و سلامت مصرف‌کننده بدانیم و با پذیرش این نکته که موضوع رصد اثرگذاری کیفیت آب بر حفظ سلامت مصرف‌کنندگان، تنها جزئی از حوزه‌ی کیفیت است؛ طرح "مهندسی کیفیت آب" را در اندازیم. این رویکرد، سلامت مصرف‌کننده، حفاظت و پایداری تأسیسات حامل آب و رضایتمندی مشتریان را هم‌زمان در بر دارد. در مهندسی کیفیت، مدیر و کارشناس کیفیت آب، علاوه بر سنجش و تعیین مقدار عامل‌های مرتبط با آن در آزمایشگاه، با بهره‌گیری از فنون علمی کارآمد، از داده‌های خام آزمایشگاهی، در بستری از تحلیل و تفسیر، شاخص‌های مدیریتی با قابلیت کاربرد در تصمیم‌گیری و طراحی سازه‌ها و فرآیندها استخراج می‌کند و با حضور مؤثر در نشست‌های پیشنهاد، نقد و بررسی و حتی طراحی فرآیندهای تصفیه، ایده‌ی مهندسی کنترل کیفیت آب را به عنایت مبدل می‌سازد. نگارنده بر این باور است که پیش‌نیاز و حتی لازمه‌ی موفقیت در نیل به تأمین سلامت در موضوع کیفیت آب، گام نهادن مدیران در عرصه‌ای است که به توانمندی جوانب زیبایی‌شناختی، مقبولیت عمومی و حفاظت از تأسیسات را برآورده سازد و این مهم، بدون اشراف، اعمال نظر و حضور در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مهندسی آب، اعم از طراحی فرآیندهای پالایش، ذخیره سازی، انتقال و انتخاب و خرید مواد و مصالح، دور ذهن می‌نماید. بدیهی است که لازمه‌ی موفقیت در این نیل به خواسته‌های گفته شده، در نخستین گام، نیازمند به روزآوری دانش و ارتقای آن است.

۳. ویژگی‌ها و نیازمندی‌های مدیریت مهندسی کیفیت آب

بر پایه‌ی آن چه گفته شد، مدیریت مهندسی کیفیت آب، در این دوران، نیازمند توجه و پاسخگویی در عرصه‌هایی است که به اختصار به آن‌ها اشاره می‌شود:

۱. هم چنان که پیش تر نیز گفته شد، با گذشت زمان، حساسیت های کیفیت آب، از مؤلفه های سلامت، به مؤلفه های مقبولیت و حفاظت تأسیسات گسترش یافته است و بخشی از تقاضاها برای تصفیه و جایگزینی منبع آب، ناظر بر جوانب مقبولیت و با اثرگذاری کیفیت بر پایداری تأسیسات است. در این بخش توجه به معیارهای رسوبگذاری، خوردگی، بو، رنگ، مواد مغذی، ماند آب در تأسیسات، سختی، قلیائیت و مانند آن، باید بیش تر و انضباط های کارشناسی برای نقد کیفیت بر مبنای آن ها، باید برقرار شود.

۲. ادبیات کیفیت آب، از تأکید صرف و ابزاری بر عددهای مندرج در استاندارد ملی، به تدریج به استخراج شاخص هایی متناسب با کاربری های متصور آب، باید تغییر و ارتقاء یابد. در بخش آب آشامیدنی، شاخص های کیفیت آب، باید متضمن شاخص هایی باشد که همزمان سه مؤلفه سلامت، مقبولیت و حفاظت لوازم و تأسیسات را تضمین و برآورده سازد. به نظر می رسد در حال حاضر، مدیریت کیفیت آب در ایران، با فقدان و یا کمبود شاخص های مدیریتی کیفیت (Benchmark) رو به رو است. ما هم اکنون، هر چند میلیون ها داده و عدد آزمایشگاهی در اختیار داریم، اما کم تر از آن ها در استخراج شاخص های مدیریتی استفاده می شود. متوقف شدن بر مقایسه ای اعداد تولید شده در آزمایشگاه، با ارقام مندرج در استاندارد ملی، اقدامی بسیار ابتدایی است که نه تنها زمینه را برای استفاده ای ابزاری از موضوع کیفیت آب در رویارویی های جنایی، سیاسی و... فراهم می سازد، بلکه در بعد تخصصی، در عمل استفاده از آن ها را در برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تخصیص آب، دشوار و حتی ناممکن می سازد [۷]. در یک قرن گذشته و به ویژه از دهه شصت میلادی به این سو، حساسیت های اجتماعی پیرامون کیفیت آب، سبب شد تا چگونگی تبدیل داده های فراوان و پیچیده ی کیفیت، به اطلاعات قابل فهم و قابل استفاده برای مدیران، طراحان و عموم مردم، به یکی از مهم ترین دغدغه های متخصصان کیفیت بدل شود. تلاش چند دهه ای متخصصان برای تبدیل اطلاعات به گونه ای ساده و قابل درک یکسان، به تولید یک و شاید چند عدد منجر شد. این اعداد با هدف ارتباط بخشیدن به حجم گسترده ی داده ها، طراحی شده اند و از آن ها به عنوان «شاخص» نام برده می شود. باید توجه داشت که تمامی سامانه های شاخصی، نیازمند شناسایی و تعیین مقدار (اندازه گیری) عامل های مشخصی از کیفیت آب هستند. از این سنجش ها، زیرشاخص های حاصل از دسته بندی و ارزش گذاری برای هر عامل به دست می آید که از تلفیق آن ها بر اساس اصول تعریف شده ی حاکم بر آن، شاخص نهایی به دست می آید.

در یک نگاه، عامل های کیفیت آب به دو دسته ی درونی (Objective) و بیرونی (Subjective) طبقه بندی می شوند. عامل های درونی، مواردی از کیفیت را شامل می شود که برای عموم جامعه قابل شناسایی نیست ولی برای متخصصان، از حیث اثرگذاری بر جوانب بهداشتی و یا کاربری های ویژه ی آب برای تولید فرآورده های کشاورزی و صنعتی مورد توجه است و از آن به عنوان نشانگرهای آماری (Statistical indices) نام برده می شود. عامل های بیرونی مشتمل بر عامل هایی است که توسط عموم مصرف کنندگان قابل تشخیص و پیامدهای آن به وضوح در کاربری های عمومی آب مشهود است و به عنوان جوانب زیبایی شناختی معرفی می شوند. رنگ، بو، طعم، سختی و عامل هایی مانند آن در این دسته قرار می گیرند [۸].

چگونگی تلفیق و وزن دهی داده های حاصل از اندازه گیری عامل های درونی و بیرونی کیفیت آب، موضوع بحث و ایده پردازی متخصصان کنترل کیفیت در دهه های گذشته بوده است که ثمره ی آن منجر به تولید شاخص هایی همچون: شاخص حساسی، شاخص مضرری، شاخص راهبری حداقلی (برای آب های بهداشتی و غیرآشامیدنی)، شاخص وزن دهی حساسی، شاخص وزن دهی مضرری، شاخص هارکینز، شاخص محاسباتی دلفی، شاخص کلمبیا، شاخص کانادا و مانند آن شده است. نکته ی قابل توجه آن که از زمان ارایه ی نخستین شاخص سنجش کیفیت شیمیایی که در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور هورتون ارائه شد، سیر تکاملی شاخص ها استمرار داشته و شاخص هایی ارائه شده است که از مرحله ی پژوهش و حوزه ی دانشگاهی فراتر رفته اند و در مرزهایی با کاربرد فراگیر ملی و با پشتوانه ی حقوقی وارد شده و در ارزیابی کیفیت شیمیایی آب مورد استفاده ی متخصصان و ذی نفعان حقیقی و حقوقی مرتبط با کیفیت آب است.

۳. در سال های اخیر که محدودیت منابع مالی، به عنوان عامل مهم و اثرگذار بر تصمیم های مدیریتی، برجسته تر شده است، افزون بر انضباط های کارشناسی، به موضوع اقتصاد مهندسی کیفیت نیز در تصمیم گیری ها و برنامه ها، باید توجه ویژه شود. بر مبنای یک مطالعه، در سال ۱۳۹۴ افزون بر ۳۱/۶ میلیون آزمون سنجش کیفیت مشتمل بر سنجش کلر باقی مانده، شناسایی شاخص سلامت میکروبی و تعیین مقدار عامل های شیمیایی آب با بهره گیری از ۷۹۵ واحد آزمایشگاهی متعلق به شرکت های آب و فاضلاب در شهرها و روستاهای کشور انجام شده است. با احتساب تعرفه های رایج آزمایشگاهی سال ۱۳۹۴، هزینه ی انجام این تعداد آزمون، ۸۹۲ میلیارد ریال بوده است. در این سال، بالغ بر ۷/۶۶ میلیارد مترمکعب آب آشامیدنی در شرکت های آب و فاضلاب تولید و در شهرها و روستاهای کشور توزیع شده است. به تعبیر دیگر، در سال

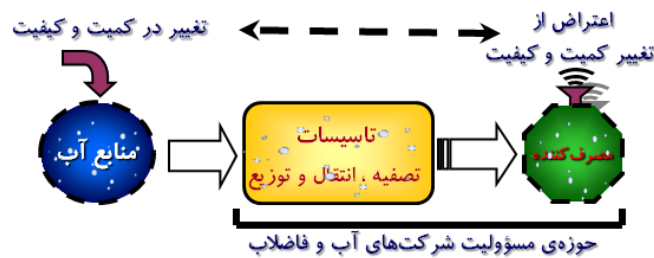
کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

۱۳۹۴ به ازای هر مترمکعب آب آشامیدنی، ۱۱۷ ریال صرف هزینه‌های کنترل کیفیت شده است. در این محاسبه، هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای احداث و تجهیز آزمایشگاه‌ها و کارکنان مرتبط با آن لحاظ نشده است [۹].

۴. هر چند در سال‌های اخیر با تقویت تجهیزات آزمایشگاهی و ایجاد زمینه‌ی رقابتی، مستند سازی، تفکر و اقدام برنامه‌ای تلاش شده است تا توان اثرگذاری بر تغییرات کیفیت آب فزونی یابد، اما نباید از یاد برد که کنترل، نظارت و اقدام پیشگیرانه بر عامل‌های اثرگذار بر کیفیت آب‌ها، مشتمل بر زاینده‌های صنعتی، رواناب‌های کشاورزی، سموم و مواد نفتی، آلاینده‌های هوا و فضولات حیوانی از یک سو و از دیگر سو ضرورت‌های محلی استحصال بیش از سرعت بازیابی که پیش‌روی آب‌های شور را در پی دارد، همراه با ساختار زمین‌شناسی برخی مناطق، از جمله عامل‌های اثرگذار بر کیفیت آب‌ها هستند که مدیریت آن‌ها اغلب خارج از حوزه‌ی مسؤولیت شرکت‌های آب و فاضلاب است (شکل شماره ۴). در چنین شرایطی، مشارکت بین بخشی برای پیشگیری از آلودگی‌های احتمالی و حفظ کیفیت آب در منابع تأمین، رویکرد نخستین است که با به روز ساختن فرآیندهای تصفیه و سالم سازی آب و کنترل و نظارت هوشمندانه بر روند تغییرات کیفیت آب از منابع تأمین تا مبادی مصرف، سلامت کیفیت آب توزیع شده تضمین می‌شود. در اجرای این راهبرد، به روز ساختن دانش و توان تخصصی مدیران و کارشناسان و ورود به عرصه‌ی ارزیابی خطر (Risk Assessment)، تدوین مستندهای علمی لازم، پیش‌بینی حرایم بهداشتی منابع آب در طرح‌های توسعه، بازنگری در فرآیندهای تصفیه‌ی آب، ایجاد و توسعه‌ی آزمایشگاه‌های ثابت و سیار با توان شناسایی و تعیین مقدار تمامی آلاینده‌های آب از برنامه‌های کاری این واحد باید باشد.



شکل ۴- تصویر تجسمی از جایگاه تغییرات کیفیت آب و حوزه‌ی فعالیت شرکت‌های آب و فاضلاب

۵. مدیران و کارشناسان مهندسی کیفیت باید بدانند که مستندات علمی بر پایه‌ی یافته‌های بشری، در طول زمان دستخوش تغییر، تحول و به روزآوری است و در دورانی که از موضوع کیفیت، به عنوان یک ابزار برای نیل به خواسته‌های دیگر نیز استفاده می‌شود، شایسته و لازم است تا با گردآوری و مطالعه‌ی همه‌ی آن‌ها (البته در حد مقدور)، با به کارگیری فنون تفسیر و تحلیل، بهترین و صحیح‌ترین آن‌ها را استنتاج و استخراج کند. به عنوان نمونه، در سال‌های گذشته، همزمان با افزایش مقادیر نیترات در آبخوان زیرزمینی برخی شهرهای کشور و طرح آن در رسانه‌های جمعی، مطالبی گفته و نوشته شد که برخی از آن‌ها، از مدار علمی خارج بود و شرکت‌های آب و فاضلاب را در موضع ضعف و کهنتری قرار داد. در ادامه، نگاه و تفسیر کارشناسی پیرامون نیترات، در مدار مهندسی کیفیت، صرفاً به عنوان نمونه‌ای از نوع نگاه و اشراف نظر بر موضوع (در حد بضاعت نگارنده) ارایه می‌شود. بدیهی است در سایر موضوع‌های مبتلابه نیز چنین استنباط‌هایی و حتی بهتر از آن را می‌توان عرضه داشت. در موضوع افزایش محتوای نیترات در آبخوان زیرزمینی، ابتدا باید توجه داشت که در تحلیل کیفیت شیمیایی آب، پیش از آن که عوارض بهداشتی و بیماری‌زایی نیترات مطرح باشد، شاخص بودن آن مورد توجه است. بر خلاف آب‌های سطحی، سرعت حرکت املاح شیمیایی آب در لایه‌های خاک، به همان سرعت جریان آب نیست و هر یک از املاح همراه آب، حسب ماهیت و وزن مولکولی، سرعت‌های متفاوتی دارند که در متون علمی از آن به نام «ضریب تاخیر» (Retardation Coefficient) تعبیر می‌شود. از آن جا که ضریب تاخیر نیترات، نزدیک به عدد یک (۰/۹۸) است، از آن به عنوان شاخصی برای تعیین و رهگیری راهیابی پساب‌های آلوده به آبخوان استفاده می‌شود [۱۰].

با استناد به جدول شماره‌ی ۳-۲ مندرج در صفحه‌ی ۵۷ کتاب Groundwater engineering تألیف A. I. Kashef از انتشارات McGraw Hill در سال ۱۹۸۷ (چاپ دوم) که در آن طبقه‌بندی مواد شیمیایی در آب‌های زیرزمینی در حالت طبیعی ارایه شده است؛ نیترات در گروه ترکیبات

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

ثانویه با دامنه‌ی مقادیر متعارف ۱۰-۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر قرار داد [۱۱]. به این معنا که هرگاه هیچ گونه پسابی به آبخوان زیرزمینی راه نیافته باشد، مقادیر نیترات آن حداکثر تا ۱۰ میلی گرم بر لیتر خواهد بود و مقادیر بیش تر آن، به منزله‌ی راهیابی پساب به درون آبخوان است. با استناد به مطالب مندرج در صفحه‌ی ۴۱۸ رهنمود سازمان جهانی بهداشت برای کیفیت آب آشامیدنی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱، نیترات به آسانی از طریق سبزی‌ها، گوشت و آب جذب می‌شود و بیش از ۹۰ درصد آن از طریق ادرار دفع می‌شود [۲]. در انسان ۲۵ درصد از نیترات جذب شده، وارد بزاق دهان شده و ۲۰ درصد آن تحت تاثیر باکتری‌های (فلور میکروبی) دهان به نیتريت احیا می‌شود. حتی در غیاب منابع ورود نیترات به بدن، تجزیه‌ی پروتئین‌ها در دستگاه گوارش نیز نیترات تولید می‌کند و از این طریق روزانه ۶۲ میلی گرم نیترات از راه ادرار از بدن دفع می‌شود. مطالعه‌ی F. Craun و همکاران در سال ۱۹۸۱ نشان می‌دهد که میانگین جذب روزانه‌ی نیترات در انسان از طریق آب و مواد غذایی، از ۴۳ تا ۱۳۱ میلی گرم بر لیتر متغیر است. مجموع نیترات جذب شده در بدن انسان با توجه به مقادیر دفع آن از طریق ادرار، بین ۳۹ تا ۲۶۸ میلی گرم در روز برآورد شده است. مقادیر بالاتر آن به میزان مصرف روزانه‌ی سبزی و سایر مواد غذایی غنی از نیترات وابسته است. در حالتی که محتوای نیترات آب کم تر از ۵۰ میلی گرم بر لیتر باشد، سبزی‌ها به‌ویژه کرفس، سیب‌زمینی، کاهو، اسفناج و سبزی‌های ریشه‌دار با اختصاص ۸۶ درصد از مجموع روزانه‌ی نیترات، به عنوان مهم‌ترین منبع ورود نیترات به بدن شناخته شده‌اند و فرآورده‌های گوشتی و آب آشامیدنی به ترتیب در مقام‌های دوم و سوم جای می‌گیرند. در صورتی که محتوای نیترات آب به بیش از ۵۰ میلی گرم بر لیتر افزایش یابد، آب آشامیدنی مهم‌ترین منبع نیترات به بدن خواهد بود [۱۲]. مطالعه‌ی D. Bouchard در سال ۱۹۹۲ موید آن است که در رژیم‌های غذایی با محتوای نیترات ۵۰ میلی گرم بر لیتر، بیش از ۷۰ درصد از جذب نیترات بدن مربوط به آب است [۱۳].

بر خلاف برخی اظهار نظرها که کم تر از منطق کارشناسی برخوردار بوده است، جذب و دفع نیترات از بدن به سهولت انجام می‌شود و نه تنها مشکل بهداشتی برای غالب افراد ایجاد نمی‌کند، بلکه بر اساس گزارش G. H. Norman و همکاران در سال ۲۰۰۹، نیترات عامل تنظیم فشار خون و بهبود دهنده‌ی کارکرد دستگاه قلب و عروق است و شماری از داروهای منتسب به دستگاه گردش خون نیز، حاوی مقادیر قابل توجهی نیترات هستند. تنها در افرادی که اسیدپتیه‌ی معده‌ی آن‌ها به دلیل مصرف داروهای ضد اسید که مانع از ترشح اسید معده می‌شوند، نوزادان با سن کم تر از ۳ ماه و افراد مبتلا به عفونت‌های معده‌ی -روده‌ای (Gastrointestinal Infection)، احیای میکروبی نیترات به نیتريت روی می‌دهد. در این حالت نیتريت با تبدیل آهن دو ظرفیتی به نوع سه ظرفیتی، هموگلوبین (Hb) خون را به متهموگلوبین (Mb) تبدیل می‌کند. حتی در این حالت نیز غلظت متهموگلوبین خون توسط دو آنزیم به نام‌های دیاپوراز و NADH Cytochrome (b5) reductase که از گلبول‌های قرمز ترشح شده و سبب احیای متهموگلوبین به هموگلوبین می‌شوند، در حد یک درصد غلظت هموگلوبین خون ثابت نگه داشته می‌شود. کمبود این دو آنزیم، به صورت اکتسابی و تحت عامل‌های گوناگون محیطی نیز، سبب ایجاد بیماری متهموگلوبینمی می‌شود [۱۴]. در این بیماری که نخستین بار توسط یک پزشک آمریکایی به نام دکتر D. Comly در دهه‌ی ۱۹۴۰ میلادی و در کودکانی که با شیر خشک تهیه شده از آب حاوی ۹۰ تا ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات تغذیه شده بودند، با نشانه‌های تیرگی رنگ پوست، تغییر رنگ لب‌ها از قرمز به قهوه‌ای شکلاتی، کاهش دمای بدن، مشکل در تنفس و گریه‌های زیاد و غیرطبیعی، به همراه نقص در وزن‌آوری نوزادان گزارش شد، فقدان و یا کمبود وراثتی آنزیم NADH Cytochrome (b5) reductase می‌تواند عامل ایجاد بیماری متهموگلوبینمی باشد. افزون بر آن، اشکال غیرطبیعی هموگلوبین که به هموگلوبین (HbM) و به صورت M_{HydePark}، M_{Iwate}، M_{boston} معروف هستند نیز عاملی برای ابتلای فرد به بیماری متهموگلوبینمی محسوب می‌شوند. مروری بر مستندات علمی نشان می‌دهد که در مقایسه با بزرگسالان، هموگلوبین خون اطفال، به‌ویژه نوزادان، به حداقل پنج دلیل، برای تبدیل به متهموگلوبین مستعدتر است و به همین سبب حد ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات که در رهنمود سازمان جهانی بهداشت آمده است، بر پایه‌ی ایجاد عارضه‌ی متهموگلوبین در نوزادان با سن کم تر از سه ماه که با شیر خشک تغذیه می‌شوند، استوار است. در این گروه سنی به دلیل عدم تکمیل سامانه‌ی آنزیمی بدن، بالاتر بودن pH معده و بالا بودن نسبت وزن آب جذب شده به وزن بدن، به عنوان گروه مستعد و آسیب‌پذیر شناخته شده‌اند. پر واضح است که در افراد بزرگسالی که مشکلات گوارشی نداشته و از داروهای که مانع از ترشح اسید معده می‌شوند، استفاده نمی‌کنند؛ متعاقب آشامیدن آب با محتوای نیترات بیش از ۵۰ میلی گرم بر لیتر، دچار عارضه‌ی متهموگلوبینمی نمی‌شوند. در عین حال در بزرگسالان، عارضه‌های نیترات و ابتلا به بیماری دیابت نوع یک، به تقریب یکسان و مشابه گزارش شده است. در بزرگسالان، نیترات می‌تواند با تشکیل ترکیبات N-Nitroso سبب ایجاد سرطان به‌ویژه سرطان تخمدان و طحال در زنان شود. مصرف برخی داروها نظیر آنتی‌بیوتیک‌های گروه سولفانامید، تماس طولانی با گاز اکسید نیتروژن که از آگروز اتومبیل‌ها، دود سیگار، سوختن چوب و مانند آن متصاعد می‌شود نیز عوارضی شبیه نیترات دارند.

بررسی مقادیر نیترات در استاندارد سایر کشورها نشان می‌دهد که به استثنای کشور تانزانیا، هیچ کشوری، مقادیر بیش تر از ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات را در استاندارد ملی خود لحاظ نکرده‌اند. حتی در سال ۱۹۹۹ در ایالات متحده، استاندارد ویژه‌ای برای آب شرب کودکان تدوین شد که



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کوز

بر مبنای آن، مقادیر نیترات و نیتريت در آب آشاميدنی کودکان تا سن ۱۲ سال ۴/۵ ميلي گرم بر حسب يون نیترات، تعيين شده است [۱۵]. شبهه‌ی ايجاد شده در گفت و گوهای رسانه‌ای پيرامون عبارت:

...however, it may be used if medical authorities are increasingly vigilant when the nitrate concentration is between 50 and 100 mg/liter, provided that the water is known and is confirmed to be microbial safe.

که در پاراگراف چهارم صفحه‌ی ۱۹۶C رهنمود سازمان جهانی بهداشت و عینا در صفحه‌ی ۱۵ کتابچه‌ی

"Nitrate and nitrite in drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality"

از انتشارات سازمان جهانی بهداشت [۱۶] آمده است، اظهار می‌دارد که: "در حالی که نیترات آب در مقادیر ۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، متولیان بهداشتی باید دقت نظر بیشتری بر سلامت میکروبی آب داشته باشند." این عبارت برخلاف آن چه در برخی اظهارنظرها آمده است، هیچ‌گاه به معنای آن نیست که سازمان جهانی بهداشت، آشامیدن آب‌های با محتوای ۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات را مجاز دانسته است، بلکه صرفاً هشدار می‌دهد که به دلیل این که مقادیر بالای نیترات، از پساب‌های آلوده به فضولات دامی و با انسانی نشأت می‌گیرد، همزمان با محتوای نیترات بالای آب، آلودگی میکروبی آن نیز محتمل است [۱۷].

نیترات، به یکی از سه روش تبادل یون، زدایش بیولوژیکی و جدا سازی غشایی از آب حذف می‌شود و به منظور برآورد و پیش‌بینی غلظت آن در آبخوان زیرزمینی مناطقی که فاقد شبکه‌ی جمع‌آوری فاضلاب هستند و فاضلاب آن‌ها از طریق چاه‌های جذبی دفع می‌شود، از رابطه‌ی زیر

$$C = \frac{1000 \times a \times A \times f}{0.365 \times A \times U + 10 \times I} \quad \text{می‌توان بهره جست: [۱۸ و ۱۹]}$$

در این رابطه:

C: غلظت نیترات در لایه‌ی آبدار زیرزمینی (برحسب میلی‌گرم بر لیتر N-NO₃)

a: سرانه‌ی سالانه‌ی نیتروژن دفع شده (برحسب کیلوگرم) (مقدار آن حدود ۵ کیلوگرم در سال است).

A: تراکم جمعیت در منطقه (برحسب نفر در هکتار)

f: ضریب رسیدن نیترات به لایه‌ی آبدار (این نسبت نشان دهنده‌ی شرایط توالیت‌ها و میزان حساسیت آبخوان است. مقدار آن در آبخوان‌های کم عمق هوازی، در محدوده‌ی ۰/۲ تا ۰/۶ است. در سفره‌های کارستیک و آهکی، به تقریب تمامی نیتروژن دفع شده، اکسید و به آبخوان راه می‌یابد).

U: سرانه‌ی تولید فاضلاب (برحسب لیتر بر روز)

I: ضریب نفوذپذیری خاک (برحسب میلی‌متر بر سال)

۶. مدیریت تطبیقی راه‌کاری برای تمامی جنبه‌های مدیریت آب در آینده و از جمله مدیریت کیفیت آب است. در این سبک از مدیریت، که بر عدم قطعیت استوار است، بر چهار اصل یادگیری در حین انجام کار، اجتناب از اشتباه‌های پرهزینه، تمرکز بر رویکردهای بلندمدت و هماهنگی گام به گام با محیط زیست، در برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری امور تأکید می‌شود. به یاد داشته باشیم که در طول قرن بیستم و در دهه‌ی نخست قرن بیست و یکم، به تدریج نگاه سخت‌افزاری به نگاه نرم‌افزاری تغییر یافته و تمرکز بر ابزار، جای خود را به تمرکز بر انسان داده است. در چنین منطقی، سودآوری فردی و سازمانی، جای خود را به منفعت جمعی و ملی و حتی جهانی داده است. بر این سیاق، موضوع کیفیت آب و کنترل، حفظ و بهبود آن و هم‌چنین نظارت، پاسخگویی و مسوولیت‌پذیری در قبال آن، تنها بر عهده‌ی یک سازمان خاص نیست؛ بلکه هم‌چنان که جریان زندگی در همه‌ی اشکال آن، به آب وابسته است و آب، عامل پیوند دهنده‌ی همه‌ی موجودات زنده است، حفظ و بهبود کیفیت آن نیز، بر مدار اجماع جمعی، مسوولیت‌پذیری و پاسخگویی همگانی سامان می‌یابد.

۴. نتیجه‌گیری

در کشور ما، بحران آب، به الزام به معنای بی‌آبی نیست؛ بحران واقعی، محدود شدن به آب‌های آلوده است [۲۰]. در چنین شرایطی که هم‌اکنون نیز در برخی مناطق به آن مبتلا هستیم و در آینده، موفقیت در مدیریت کنترل کیفیت و تضمین سلامت آب، بدون اعمال انضباط‌های سختگیرانه‌ی مهندسی و



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



نظارت هوشمندانه و مستمر بر تغییرات کیفیت آب، دانایی، توانایی و راستی، مبتنی بر پیشگیری، مدیریت اطلاعات، شفافیت، دانش، مهارت، مسوولیت پذیری و پاسخگویی همگانی ممکن نخواهد بود.

۵. مراجع

۱. امیدی، منصور و زرین پنجه، ناصر (ترجمه) (۱۳۹۳) «جهان در ۲۰۵۰»، چاپ دوم، انتشارات مهر ویستا.
2. World Health Organization (2011) "Guidelines for Drinking Water Quality", WHO, Geneva, 4th edition.
۳. قنادی، مجید (۱۳۸۵) «مدیریت و مدیران کنترل کیفیت (الزامها و فرصتها)»، مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهره‌برداری در بخش آب و فاضلاب، ۲-۳ اسفند ۱۳۸۵، تهران، جلد دوم.
۴. قنادی، مجید (۱۳۹۴) «بازتعریف و بازخوانی مدیریت آب و فاضلاب شهری، ضرورت امروز، نیاز فردا»، نشریه‌ی شهراب.
۵. دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی و راهبردی وزارت نیرو (۱۳۹۵) «وزارت نیرو در منظر مجلس دهم»، روابط عمومی شرکت توانیر.
6. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization & United Nations Environment Program (1997) "Water Quality Assessments", E & FN SPON, second edition.
۷. قنادی، مجید (۱۳۹۴) «شاخص گذاری کیفیت شیمیایی آب، نیاز دیروز، ضرورت امروز»، نشریه‌ی شهراب.
8. Abbasi T. & Abbasi S.A. (2012) "Water quality Indexes", Elsevier publications.
۹. قنادی، مجید؛ واقفی، کوشیار؛ منتظری، احمد؛ محبی، محمدرضا؛ حاتمی، زهرا و فرهادپور، ژاله (۱۳۹۵) «تحلیل و بررسی هزینه‌ی آزمون‌های سنجش کیفیت آب در شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۴»، مجموعه چکیده‌ی مقاله‌های اولین کنفرانس ملی اقتصاد آب، ۵-۶ مرداد ۱۳۹۵، تهران، انتشارات سنا، تابستان ۱۳۹۵.
10. Crites R. W. , Middlebrooks J. & Reed Sh. C.(2006) "Natural Wastewater Treatment Systems", Taylor & Francis Group, CRC Press
11. Kashef, A. I. (1987) "Groundwater engineering", McGraw-Hill, 2th edition.
12. Craun, G. F. , Greaderson, D. G. , gunderson, D. H. (1981) "Methemoglobin levels in young children consuming high Nitrate well water in the United State", International journal of Epidemiology , Oxford Press , 10:4:309-317.
13. Bouchard, D. C., Willams, M. K., Surampalli R. Y. (1992) "Nitrate Contamination of groundwater: Sources and potential health effects" Jr. AWWA, September.
14. Nathan S. B. (2009) "Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits", The American Journal of Clinical Nutrition.
15. Environmental Protection Agency (1999) " Children and Drinking Water Standards", Office of water, No. 815-k-99-001.
16. Craun, G. F. , Greaderson, D. G. , gunderson, D. H. (1981) "Methemoglobin levels in young children consuming high Nitrate well water in the United State", International journal of



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



Epidemiology , Oxford Press , 10:4:309-317.

۱۷. قنادی، مجید (۱۳۸۶) «آن چه باید پیرامون نیترات بدانیم»، نشریه‌ی شهراب.

18. Oliver S., Howard J. Ch. & Chorus I. (2006) "Protecting Groundwater for Health", WHO & IWA.
19. Division of Agriculture and Natural Resources (2003) "Groundwater Quality and Groundwater Pollution", Farm Water Quality Planning (FWQP) series, University of California, ANR Publication 8084.
20. World Water Council (2010) "A new water politics, World Water Council 2010-2012".