



ISSN 2588-3941

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶

انجمن آب و فاضلاب ایران

پیشگفتار

مقالات علمی

- ۱
۳ بررسی و مقایسه استانداردهای کیفی آب شرب ایران و استانداردهای معتبر جهانی
علی ترابیان و شروین شاهوی
- ۱۴ بررسی پساب ماشینهای لباسشویی و پیشنهاد یک سامانه مناسب برای تصفیه آن
محمد حسین صرافزاده، نرگس شیروبی و امید توکلی
- ۲۴ حذف بیولوژیکی نیترات از آب آشامیدنی در سیستم هیبریدی بیوراکتور انوکسیک-بیوراکتور غشایی
فاطمه یادگاری، الهام عبدالله زاده شرقی و مهرداد عدل
- ۳۴ کنترل فشارهای منفی ناشی از ضربه قوچ در خطوط انتقال آب با ترکیب تانک ضربه‌گیر و شیر هوا
(مطالعه موردی: شهرستان مهران، استان ایلام)
اسرین بهرامی، جعفر مامی‌زاده، علیرضا حسینی و حمیدرضا لطفی‌زاده
- ۴۱ استفاده از بررسی فنی و مالی و روش AHP برای یافتن بهترین روش گندزدایی بر پایه کلر
ابراهیم ابوطالبی شکور و حسین جمشیدی
- ۴۸ کاربرد و توسعه مدل‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی میزان شکست لوله‌های شبکه توزیع آب شهری-
مورد مطالعاتی ناحیه یک منطقه یک تهران
سونیا قاسم‌نژاد و همایون مطیعی
- ۵۹ بحران ۴۰۰۰ بیمار در شهر پردیس
احمد مشیری و مهرشاد صمدی

مطالب عمومی

- ۶۲ مصاحبه
فراخوان ایده‌کاوی
- ۷۰ فناوری برتر
- ۷۱ معرفی کتاب
- ۷۵ پایان‌نامه برتر
- ۷۶ گزارش فعالیت‌های انجمن
- ۷۸

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶

این نشریه طبق نامه شماره ۱۲۹۰۱۸/۳ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی-ترویجی دریافت نموده است.

صاحب امتیاز

انجمن آب و فاضلاب ایران

مدیر مسئول

دکتر مسعود تابش

سر دبیر

دکتر حمیدرضا صفوی

اعضای

هیئت تحریریه

دکتر بیژن بینا: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

دکتر مسعود تابش: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر علی ترابیان: استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

دکتر افشین تكدستان: دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

دکتر سید حسین سجادی فر: استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهریار و مشاور معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر محمد حسین صراف زاده: دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران و رئیس کرسی یونسکو در بازیافت آب

دکتر حمیدرضا صفوی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر ناصر طالب بیدختی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

دکتر علی اکبر عظیمی: استادیار بازنشسته دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

مهندس مجید قنادی: کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط و مشاور معاون مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر سیمین ناصری: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر سارا نظیف: استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر منوچهر وثوقی: استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف



شرکت آب و فاضلاب استان تهران

این شماره با حمایت مادی و معنوی شرکت آب و فاضلاب استان تهران به چاپ رسیده است.

شورای سیاستگزاری

صنعت آب و فاضلاب

مهندس علی اصغر قانع: معاونت فنی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
مهندس محمد پرورش: مدیر عامل و رئیس هیئت مدیره شرکت آب و فاضلاب استان تهران
مهدی بابایی: معاون برنامه ریزی و منابع انسانی شرکت آب و فاضلاب استان تهران

مهندس افشین شقاقی: مدیر دفتر پژوهش و بهبود بهره وری شرکت آب و فاضلاب استان تهران
مهندس محمد شیرینی: رئیس گروه پژوهش شرکت آب و فاضلاب استان تهران
بختیار احمدی: کارشناس پژوهش شرکت آب و فاضلاب استان تهران

**مشاورین
هیئت تحریریه**

کارشناس اجرایی

طراح و صفحه آرا

ناشر

ترتیب انتشار

شمارگان

آدرس:

تلفن:

فکس:

ایمیل:

ناهید اختری

نیاز مهدی اصفهانی

انجمن آب و فاضلاب ایران

فصلنامه

۱۰۰۰ نسخه

تهران، خیابان طالقانی، بین قدس و وصال، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

info@jwwse.ir

پیشگفتار

مقالات علمی

- ۱
- ۳ بررسی و مقایسه استانداردهای کیفی آب شرب ایران و استانداردهای معتبر جهانی
علی ترابیان و شروین شاهوی
- ۱۴ بررسی پساب ماشین‌های لباس‌شویی و پیشنهاد یک سامانه مناسب برای تصفیه آن
محمد حسین صراف‌زاده، نرگس شیروی و امید توکلی
- ۲۴ حذف بیولوژیکی نیترات از آب آشامیدنی در سیستم هیبریدی بیوراکتور انوکسیک-بیوراکتور غشایی
فایزه یادگاری، الهام عبدالله زاده شرقی و مهرداد عدل
- ۳۴ کنترل فشارهای منفی ناشی از ضربه قوچ در خطوط انتقال آب با ترکیب تانک ضربه‌گیر و شیر هوا
(مطالعه موردی: شهرستان مهران، استان ایلام)
اسرین بهرامی، جعفر مامی‌زاده، علیرضا حسینی و حمیدرضا لطفی‌زاده
- ۴۱ استفاده از بررسی فنی و مالی و روش AHP برای یافتن بهترین روش گندزدایی بر پایه کلر
ابراهیم ابوطالبی شکور و حسین جمشیدی
- ۴۸ کاربرد و توسعه مدل‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی میزان شکست لوله‌های شبکه توزیع آب شهری -
مورد مطالعاتی ناحیه یک منطقه یک تهران
سونیا قاسم‌نژاد و همایون مطیعی
- ۵۹ بحران ۴۰۰۰ بیمار در شهر پردیس
احمد مشیری و مهرشاد صمدی

مطالب عمومی

- ۶۲ مصاحبه
- ۷۰ فراخوان ایده کاوی
- ۷۱ فناوری برتر
- ۷۵ معرفی کتاب
- ۷۶ پایان نامه برتر
- ۷۸ گزارش فعالیت‌های انجمن



دکتر سارا نظیف

در قرن حاضر با افزایش روزافزون نیازهای آبی در بخش‌های مختلف، یکی از دغدغه‌های جدی مسئولان فراهم‌سازی نیازهای آبی به صورت مطمئن و پایدار در طول زمان و مکان‌های مختلف و با کیفیت مطلوب است. بدون شک بدون دسترسی به این مهم، توسعه شهرها و صنعت و ارتقای سطح رفاه و سلامت جامعه مقدور نخواهد بود. برای نیل به این مقصود چالش‌های مهمی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به محدودیت منابع آب و عدم توزیع مکانی و زمانی متناسب آن‌ها با نیاز اشاره کرد. اخیراً نیز تغییرات اقلیمی و آلودگی منابع آب با فاضلاب‌های مختلف بر این محدودیت‌ها دامن زده است.

در سال‌های اخیر با فرارسیدن به فصل گرما و افزایش مصرف، همواره شاهد هشدارهای مسئولان و تصمیم‌سازان در مورد کمبود منابع تامین آب و دغدغه‌های آن‌ها در ارتباط با تامین نیازهای آبی در زمان مناسب هستیم. سرانه آب تجدیدپذیر در کشور براساس استانداردهای بین‌المللی از آستانه بحران نیز فراتر رفته و به همه هشدار می‌دهد که دوران سختی به جهت تامین نیازهای آبی در پیش است و بحران کم‌آبی در کشور جدی است. در شهرهایی مانند تهران همواره تلاش شده است با توسعه منابع تامین آب با رویکردهای انتقال بین‌حوضه‌ای مرهمی بر این بحران دیده شود ولی همچنان شاهد این هستیم که در بازه‌ای بسیار کوتاه همچنان مشکل کم‌آبی به صورت جدی مطرح است. اینجاست که این سوال جدی مطرح می‌شود که چه باید کرد؟ آیا همچنان باید به دنبال بهره‌برداری بیشتر از منابع آب بود؟ آیا راه‌حل، حفر چاه‌های ژرف‌تر و استخراج منابع آب زیرزمینی فسیلی است؟ آیا انتقال آب دریاها به فواصل دور و شیرین‌سازی راه‌کار اصلی است؟ آیا راه‌کارهای دیگری می‌توان برای این بحران جدی و فراگیر در نظر گرفت؟

نگاهی به تجربیات کشورهای موفق در مواجهه با این امر نشان می‌دهد که رمز موفقیت در مقابله با این بحران قرن بیست

و یک در همراهی و همدلی تامین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان نهفته است. اگر مصرف‌کنندگان به نحوی مصرف خود را مدیریت نکنند، هیچ‌گاه راهکاری اصولی و پایدار برای مدیریت بحران آب فراهم نخواهد شد. از یک سو افزایش راندمان سامانه‌های تامین، انتقال و توزیع آب، برنامه‌ریزی صحیح بهره‌برداری از منابع آب و طرح‌های توسعه و جمع‌آوری و تصفیه مناسب فاضلاب‌ها و از سوی دیگر مصرف بهینه آب تامین شده با استفاده از راهکارهای اصولی بدون لطمه به سلامت و بهداشت جامعه از گام‌های اصلی است که در این راستا می‌توان برداشت. همچنین در سال‌های اخیر بازیافت و استفاده چندباره از منابع آب به عنوان یک راهکار جدی برای مواجهه با بحران آب مورد توجه قرار گرفته است. با این رویکرد می‌توان برداشت از منابع آب را کاهش داده و به حفظ پایداری آن‌ها کمک نموده و از سویی به کاهش ورود آلاینده‌های مختلف به منابع آب کمک کرد.

به نظر می‌رسد راه‌حل مشکل بحران آب در کشور در دست تک‌تک ما است و نیاز است تا با نگاهی مجدد به فرآیند تامین، انتقال، توزیع و مصرف آب، چالش‌های اصلی در این حوزه را شناسایی نموده و با استفاده از روش‌ها و فناوری‌های به روز، راهکارهای لازم را متناسب با شرایط اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی مناطق مختلف برگزید. در این راستا انجام فعالیت‌های پژوهشی بنیادی، توسعه‌ای و کاربردی در کنار حمایت سازمان‌های مرتبط یک ضرورت انکارناپذیر است.

دکتر سارا نظیف

عضو هیئت علمی دانشگاه تهران و

عضو هیئت تحریریه

Studying Iranian Drinking Water Quality Guidelines Compared to the Authentic World Standards

Ali Torabian^{1*} and Shervin Shahavi²

1- Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- Post Doctoral Researcher, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

* Corresponding Author, Email: atorabi@ut.ac.ir

Received: 31/5/2017

Revised: 16/10/2017

Accepted: 16/10/2017

Abstract

Referring the World Health Organization definition, a safe drinking water should not threat the consumer health over the lifetime of consumption. The objective of the present study is to study the present guidelines in order to improve the Iran drinking water guidelines. To obtain this, the present drinking water guidelines in Iran (Standards No. 1011 and 1053) and some well-known guideline (WHO, US EPA and the European Communities) were studied. The Iran guidelines were compared to the other ones and the different points and values were presented as tables. It was understood that the present drinking water guidelines of Iran do not cover areas such as the water quality indicators based on their resources and also lack some suggestions about in-network monitoring plans. It is recommended that Iran guidelines should be revised in two categories: The primary standard including the pollutants threatening the consumers' health and the secondary standards which should be prepared by the local water authorities.

Keywords: Drinking water, Drinking water standards, Water quality indicators, World Health Organization, Iran drinking water standards.

بررسی و مقایسه استانداردهای کیفی آب شرب ایران و استانداردهای معتبر جهانی

علی ترابیان^{۱*} و شروین شاهوی^۲

۱- استاد و عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- پژوهشگر پسا دکترا، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: atorabi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۰

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۴

چکیده

طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی، آب آشامیدنی سالم در طی مصرف نباید خطری را متوجه سلامت مصرف‌کنندگان کند. هدف تحقیق حاضر بررسی راهنماهای موجود در زمینه استانداردهای کیفی آب آشامیدنی به منظور ارتقاء استانداردهای کشوری، می‌باشد. برای نیل به این هدف ضمن بررسی استانداردهای فعلی کشور در زمینه کیفیت آب آشامیدنی یعنی استاندارد ۱۰۵۳ و استاندارد ۱۰۱۱ موسسه استاندارد، چند استاندارد معتبر بین‌المللی شامل استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و اتحادیه اروپا مورد مطالعه قرار گرفتند. استانداردهای موجود در کشور با این استانداردهای بین‌المللی مقایسه شده و مغایرت‌ها در قالب جداول ارائه شده‌اند. ضمن این مقایسه مشخص شد که استانداردهای حال حاضر کشور فاقد مواردی مانند نوع نشان‌گرهای کیفی موجود در آب به تفکیک منابع آب و همچنین پیشنهادهای برای پایش درون شبکه می‌باشند. پیشنهاد می‌شود استاندارد تدوین شده در کشور در قالب دو مجموعه استانداردهای اولیه الزام‌آور شامل آلاینده‌های تهدیدکننده سلامت عمومی و همچنین استانداردهای ثانویه بر عهده شرکت‌های آب منطقه‌ای تدوین شوند.

کلمات کلیدی: آب آشامیدنی، استانداردهای آب شرب، نشان‌گرهای کیفی آب، سازمان بهداشت جهانی، استانداردهای کیفی آب ایران

شناخت از آلاینده‌ها و افزایش روزافزون ترکیبات شیمیایی در محیط‌زیست از یک طرف و توسعه دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری و افزایش دقت روزافزون آن‌ها سبب شده که استانداردهای محیط‌زیستی، به‌خصوص استانداردهای آب آشامیدنی در جهان به‌طور مرتب تغییر و ارتقاء پیدا کند. در دهه‌های گذشته نگرانی‌ها درباره بیماری‌های میکروبی مانند حصبه، وبا و تیفوئید بود، ولی امروزه نگرانی‌ها به سمت بیماری‌های صعب‌العلاج و نوظهور تغییر نموده و به‌همین دلیل پارامترهای شیمیایی در استانداردها به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرده است. تدوین چارچوبی برای تامین سلامت آب و به‌کار بردن طرح‌های جامع برای اطمینان حاصل کردن از سلامت آب شرب و محافظت از سلامت عمومی نیازمند توجه خاصی است. عدم اطمینان از تامین سلامت آب شرب، جامعه را در معرض خطر شیوع بیماری‌های عفونی قرار می‌دهد (WHO, 2011).

هدف اصلی راهنماهای کیفیت آب شرب محافظت از سلامت عمومی می‌باشد. آب آشامیدنی سالم، طبق تعاریف موجود در این راهنماها، هیچ خطری را در طی زمان مصرف ایجاد نمی‌کند. از اهداف دیگر راهنماها، توسعه و اجرای استراتژی‌های مدیریت ریسک است که سلامت آب آشامیدنی را از طریق کنترل مواد خطرناک موجود در آب، تامین می‌کند. این استراتژی‌ها ممکن است شامل استانداردهای ملی یا منطقه‌ای بر اساس منابع علمی باشد. راهنماها، حداقل‌های مورد نیاز برای محافظت مطمئن از سلامت مصرف‌کنندگان را شرح داده و مقادیر عددی برای محتویات آب و یا نشان‌گرهای کیفی آب را استخراج می‌کنند (WHO, 2011).

طبیعت و شکل استانداردهای آب شرب ممکن است در بین مناطق و یا کشورهای مختلف، متفاوت باشد. در توسعه و کاربرد استانداردها الزامی است که قوانین فعلی و یا برنامه‌ریزی شده مرتبط با آب و سلامت مورد نظر قرار بگیرند. معمولاً در تدوین استانداردهای آب شرب مطمئن، راهنماها محدوده‌ای از اطلاعات شامل جنبه‌های میکروبی، شیمیایی، رادیواکتیویته و موارد قابل قبول را ارائه می‌کنند که هرکدام به طور خلاصه در ادامه بحث می‌شوند (WHO, 2011).

۱-۱- جنبه‌های میکروبی

عموماً، محافظت میکروبی از منابع آب شرب براساس مفهوم «موانع متعدد» از حوضه آبریز تا مصرف‌کننده برای ممانعت از آلوده شدن آب شرب و یا کاهش آلودگی‌ها تا حدی که برای سلامتی مضر نباشند، است. در این زمینه استراتژی مورد قبول اولویت دادن به ممانعت یا کاهش ورود پاتوژن‌ها به داخل منابع آب و کاهش اتکا به فرایندهای تصفیه برای حذف آن‌ها می‌باشد. در حالت کلی، بزرگ‌ترین ریسک‌های میکروبی مربوط به مصرف آب آلوده شده به مدفوع‌های انسانی و حیوانی هستند که می‌توانند منبعی از باکتری‌های پاتوژنی، ویروس‌ها و پروتوزوا باشد.

۱-۱-۱- جنبه‌های شیمیایی

نگرانی‌های مرتبط با مواد شیمیایی آب شرب مربوط به توانایی مواد شیمیایی برای ایجاد تأثیرات سوء بر سلامتی در بازه‌های زمانی طولانی می‌باشد. تعداد کمی از مواد شیمیایی موجود در آب وجود دارند که با یک بار در معرض قرار گرفتن مشکلات سلامتی ایجاد می‌کنند، مگر آن‌که آلودگی زیادی در منبع آب شرب اتفاق بیفتد.

۱-۲-۲- جنبه‌های رادیواکتیویته

خطرات سلامتی مرتبط با حضور رادیواتم‌هایی که به‌طور طبیعی در آب شرب وجود دارند باید مدنظر قرار بگیرد گرچه در مواقع عادی مقدار این مواد بسیار کم است. مقادیر موجود در راهنماها برای فعالیت اشعه بتا یا آلفا (به‌وسیله غربال‌گری آب) تنظیم شده‌اند و نه برای تک‌تک رادیواتم‌ها.

۱-۳-۳- موارد مورد پذیرش: طعم، بو و شکل

اجزای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب ممکن است طعم، بو و یا شکل ظاهری آن را تحت تأثیر قرار دهند و مصرف‌کنندگان کیفیت و مقبولیت آب را بر اساس این معیارها می‌سنجند.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- معرفی استانداردهای ایران و استانداردهای

بین‌المللی

استاندارد ۱۰۵۳ سازمان موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی

ایران، شامل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، در سال ۱۳۸۸ مورد تجدیدنظر پنجم قرار گرفته و عمدتاً بر اساس مقررات WHO در سال ۲۰۰۸ مورد تدوین قرار گرفته است (Iran National Standard No. 1053). همچنین اصلاحیه‌ای برای این استاندارد در سال ۱۳۹۱ تحت عنوان ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی در شرایط اضطراری تدوین شده است (استاندارد ۱۰۵۳-الف). استاندارد ۱۰۱۱ سازمان موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شامل ویژگی‌های میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی، در سال ۱۳۸۶ مورد تجدیدنظر ششم قرار گرفته و عمدتاً بر اساس استانداردهای پیشین ایران و مقررات WHO در سال ۲۰۰۴ مورد تدوین قرار گرفته است. در جدول ۱ خلاصه‌ای از روند تاریخی و تکمیل استاندارد آب شرب ایران ارائه شده است.

استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (تدوین شده در سال ۲۰۱۲) برای آب شرب در دو دسته قرار می‌گیرند: استانداردهای اولیه و استانداردهای ثانویه. استانداردهای اولیه بر اساس ملاحظات سلامت بوده و الزام‌آور هستند. از جمله مواردی که در این ویرایش ارائه شده است می‌توان به غلظت‌های آلاینده‌های آب آشامیدنی حاوی موارد مضر غیرسرطان‌زا در دوره‌های مصرف متفاوت (۱ روزه و ۱۰ روزه برای کودک ۱۰ ساله و طول عمر برای فرد بالغ) که باعث اثرات سوء نمی‌شوند، اشاره کرد. همچنین مواد شیمیایی بر اساس اثرات سوء احتمالی به گروه‌های سرطان‌زای مختلف تقسیم‌بندی شده‌اند.

جدول ۱- روند تکاملی استاندارد آب شرب ایران

سال	تغییر صورت گرفته
۱۳۴۵	اولین استاندارد ایران: ترجمه استاندارد آب بهداشت جهانی توسط وزارت بهداشت، شامل جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی
۱۳۵۱	چاپ دوم
۱۳۶۳	چاپ سوم شامل: پارامترهای فیزیکی (رنگ، بو، کدورت، pH)، پارامترهای شیمیایی (مواد شیمیایی، سمی، آفت‌کش‌ها و ...)، میزان کلر باقی‌مانده و آزمون کلیفرم
۱۳۷۶	چاپ چهارم
۱۳۸۸	چاپ پنجم شامل: پارامترهای فیزیکی، پارامترهای شیمیایی (مواد معدنی سمی و غیرسمی، مواد آلی، آفت‌کش‌ها و ...)، مواد رادیواکتیو

در این راهنما برای استانداردهای اولیه حدی به نام «حداکثر سطح آلودگی»^۱، تعریف می‌شود که معرف بالاترین غلظت مجاز یک آلاینده در آب شرب موجود در سیستم‌های آب شهری می‌باشد (Hassinger and Watson, 1998; EPA, 2012) و همچنین حدی به نام «حداکثر سطح آلودگی هدف»^۲ که مقداری است غیرالزام‌آور که در آن مقدار، هیچ‌گونه تاثیر منفی برای انسان پیش نمی‌آید (EPA, 2012). استانداردهای ثانویه، شامل آلاینده‌هایی می‌شوند که باعث خوردگی، رنگ، بو و مزه ناخوشایند می‌شوند. استانداردهای ثانویه الزام‌آور نیستند بلکه راهنماهایی برای متصدیان تصفیه‌خانه‌های آب و مقامات ایالتی هستند تا بهترین کیفیت ممکن آب را تولید نمایند. مقامات محلی معمولاً نقش مهمی در مدیریت منابع آب شرب بازی می‌کنند که این موارد می‌تواند شامل بازرسی حوضه آبریز و فعالیت‌هایی باشد که در این حوضه‌ها انجام شده و می‌توانند بر روی کیفیت منابع آب تاثیر بگذارند (Hassinger and Watson, 1998).

استاندارد سازمان بهداشت جهانی، که به‌عنوان راهنما بیشترین استفاده را برای کیفیت آب دارد، طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها شامل مواد شیمیایی آلی و غیرآلی، مواد جانبی گندزداها، نشان‌گرهای شیمیایی و مواد رادیواکتیو را شامل شده و منابع آب شرب و مدیریت‌های ریسک مرتبط با آن را در برمی‌گیرد (Shatat and Rifaf, 2012). این استاندارد در سال ۲۰۱۱ مورد بازنگری چهارم قرار گرفته است و جایگزین راهنماهای پیشین شده است (WHO, 2011).

استاندارد کیفی آب شرب اتحادیه اروپا که در سال ۲۰۱۵ مورد ویرایش قرار گرفته است با هدف محافظت از سلامت انسان در برابر اثرات سوء آلاینده‌های موجود در آب (استفاده شده برای شرب یا تولید غذا) و همچنین دربردارنده راهنماهایی مربوط به مانیتورینگ و نمونه‌برداری می‌باشد و برای اعضای اتحادیه اروپا تدوین شده است (Council Directive 98/83/EC, 2015).

۲-۲- موارد جدید در رابطه با جنبه‌های میکروبی و شیمیایی استانداردها

گرچه در تدوین استاندارد ۱۰۱۱ ایران، اشرشیا کلی به‌عنوان میکروارگانیزم نشان‌گر، برای آلودگی مدفوعی انتخاب شده است، مطالعات اخیر نشان می‌دهند که بیماری‌های دستگاه

گوارش بیشتر مرتبط با حضور باکتری‌های انتروکوک‌ها هستند تا اشرشیاکولی. اخیراً دولت بریتانیا قوانین جدیدی برای متولیان صنعت آب وضع نموده است که آن‌ها را ملزم می‌کند ارزیابی‌های ریسک را بر روی تصفیه‌خانه‌های آب انجام داده و نظارت دائمی برای کریپتوسپوریدیوم وضع کنند (WHO, 2011).

بررسی تاریخی اخیر شیوع بیماری‌های ناشی از آب در انگلستان و ایالات متحده نقش پاتوژن‌های مقاوم در برابر کلرزنی را به وضوح نشان می‌دهد. به طور خاص، بسیاری از بیماری‌های انگلی در منابع آبی رخ داده است که آزمون کلیفرم را با موفقیت پشت سر گذاشته‌اند. مطالعات زیادی به این موضوع اشاره کرده‌اند که بیماری‌های گوارشی به مقدار زیادی در جمعیتی یافت شده است که از آب شرب مطابقی با استانداردهای کلیفرم استفاده کرده‌اند. همچنین ارتباطات مقطعی بین رخ دادن بیماری‌های انگلی یا گوارشی و کدورت آب شرب نیز یافت شده است (WHO, 2011; Barrel et al., 2000).

همان‌طور که ذکر شد، پارامترهای میکروبیولوژیکی منابع آب پارامترهای کلیفرم‌ها و اشرشیا کلی هستند. علاوه بر این اگر منابع، از آب‌های سطحی جریان یافته و یا تاثیر پذیرفته باشند، کلوستریدیوم پرفرنزس^۳ (شامل اسپورها) هم باید شمرده شوند. استاندارد جدید در رابطه با این گونه‌ها به ترتیبی است که باید مقدارشان در ۲۰ میلی‌لیتر از آب (به جای ۱۰۰ میلی‌لیتر) صفر باشد. قوانین جدید انگلستان از تصفیه‌خانه‌ها می‌خواهد که نظارت (مانیتورینگ) دائمی برای اوسسیست‌های انگلی^۴ داشته باشند.

Shahriari et al. (2015) در مطالعه‌ای کارایی کلوستریدیوم پرفرنزس در مقایسه با کلیفرم مدفوعی و اشرشیاکلی، برای ارزیابی آلودگی میکروبی آب را مورد سنجش قرار دادند. در این مطالعه، ۶۰ نمونه آب خام در طی خرداد تا آذر سال ۱۳۹۱ از منابع تأمین آب استان اصفهان با رعایت شرایط استاندارد برداشت و آنالیز شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بالاترین درصد شناسایی، به ترتیب به کلوستریدیوم پرفرنزس (۵/۳۶ درصد)، استرپتوکوک مدفوعی (۶/۳۴ درصد)، کلیفرم مدفوعی (۸/۲۸ درصد) و اشرشیاکلی (۲۵ درصد) مربوط بود (Focazio et al., 2008).

در حال حاضر در ایران و اکثر نقاط جهان، آزمایش کلیفرم به عنوان نشانگر اصلی سلامت آب مطرح می‌باشد. با این وجود،

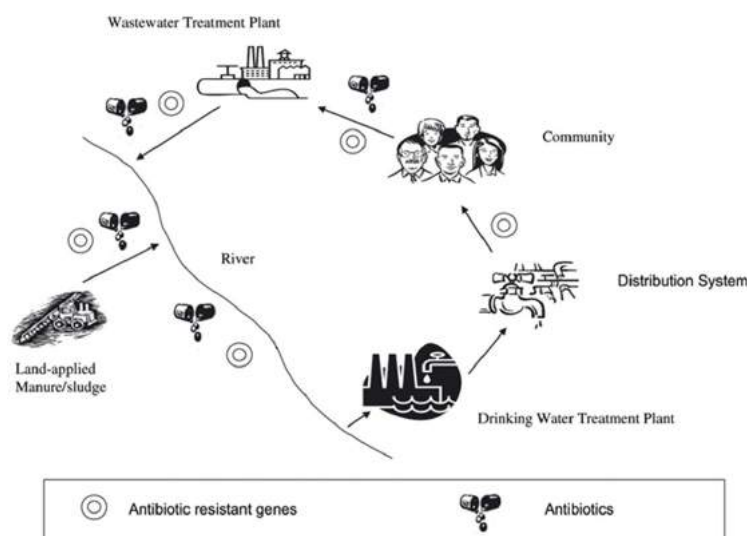
نگرانی مهم در رابطه با کیفیت میکروبی آب شرب افزایش واضح پاتوژن‌های آبی مانند کریپتوسپوریدیوم است که در برابر کلرزنی مقاوم بوده و حتی در مواقعی که کیفیت میکروبی آب قابل قبول می‌باشد، می‌تواند باعث بروز بیماری شود. اخیراً مطرح کردن انتروکوک‌ها به عنوان نشانگر اصلی برای آب شرب در حال بحث است (WHO, 2011; Barrel et al., 2000).

مطالعات نشان داده است که طیف گسترده‌ای از ترکیبات آلی طبیعی و دست‌ساز مانند مواد دارویی، استروئیدها، سرفکتانت‌ها، عطرها و بقیه مواد شیمیایی در فاضلاب شهری و صنایع کشاورزی و دامداری یافت می‌شوند. در مطالعه‌ای در ایالات متحده، امکان وجود این ترکیبات بر روی ۲۵ منبع آب زیرزمینی و ۴۹ منبع آب سطحی بررسی شد. از بین ۱۰۰ ماده شیمیایی موردنظر، ۶۳ مورد در حداقل یکی از نمونه‌های آبی پیدا شد (شکل ۱). میانگین وجود ۴ ترکیب در هر محل آزمایش نشان می‌دهد که مواد شیمیایی مورد نظر به صورت ترکیبی در محیط اتفاق می‌افتد. این مطالعه نشان‌دهنده وجود این مواد در منابع آب شرب و نیاز به مطالعه و تحقیق در مورد تدوین استانداردها و پایش (مانیتورینگ) آن‌ها در تصفیه‌خانه‌ها است (Focazio et al., 2008). در مورد ریزآلاینده‌ها^۵ از آنجایی که وجود و مقادیر آن‌ها به تازگی در منابع آب اثبات شده است تنها پیشنهاداتی از طرف سازمان‌های مربوطه در مورد مقادیر آنها ذکر شده و مقادیر مدونی در استانداردها ندارند، برای مثال تنها مقدار داروی دیکلوفناک در استاندارد اتحادیه اروپا ۱ ppb / ۰/۰۱ ذکر شده است.

۲-۳- طرح‌های ایمنی آب

موثرترین روش برای اطمینان داشتن دائمی از سلامت منبع آب شرب کاربرد مدیریت ریسکی است که شامل تمامی موارد تأمین آب از حوضه آبریز تا مصرف‌کننده باشد. در این رابطه محافظت میکروبی و شیمیایی از منابع آب اولین مانع برای تأمین کیفیت آب شرب می‌باشد. موانع بعدی مراحل تصفیه آب (شامل گندزدایی) و بازبینی و محافظت از شبکه‌های توزیع آب است (WHO, 2011).

کیفیت آب در حالت کلی از فاکتورهای طبیعی و انسانی تاثیر می‌پذیرد. فاکتورهای طبیعی مهم عبارتند از: حیوانات وحشی، آب و هوا، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی. موارد انسانی شامل منابع نقطه‌ای (مانند تخلیه فاضلاب) و منابع غیرنقطه‌ای (مانند رواناب سطحی) هستند. همچنین با در نظر گرفتن این که منبع آب سطحی یا زیرزمینی می‌باشد،



شکل ۱- چرخه آب و انتقال ریز آلاینده‌ها به منابع آب شرب

در مورد شبکه توزیع مثال‌های این پارامترها شامل موارد زیر می‌باشند (WHO, 2011):

باقی‌مانده کلر: منعکس‌کننده سریع مشکلاتی است که در رابطه با پارامترهای میکروبی هستند. کم شدن ناگهانی باقی‌مانده کلر نشان‌دهنده ورود آلودگی‌ها و یا مصرف اکسیژن به دلیل رشد باکتری‌ها است. پتانسیل کاهش اکسیژن همچنین نشان‌دهنده موثر بودن ماده گندزدا می‌باشد. باکتری‌های هاتروتروفیک: نشان‌دهنده افزایش احتمالی میکروبی، فعالیت بیوفیلم و یا افزایش زمان ماند است.

۳- روش کار

در این قسمت مقادیر فعلی ترکیبات در استانداردهای آب شرب ایران با استانداردهایی که در بخش ۲-۱ توضیح داده شده‌اند مقایسه شده‌اند. این ترکیبات طبق تعریف سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا در دو قالب استانداردهای اولیه و ثانویه و در قالب دو جدول ارائه شده است. در مواردی که مقادیر با هم برابر بودند آورده نشده، اما در مواردی که بین استاندارد ایران یا یکی از استانداردهای ذکر شده تفاوتی وجود داشته است، مقادیر با یکدیگر مقایسه شده و در رنگ قرمز آورده شده‌اند.

۳-۱- مقایسه استانداردهای فعلی ایران با استانداردهای بین‌المللی

در این قسمت مقادیر فعلی ترکیبات در استانداردهای آب شرب ایران با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، اتحادیه

سناریوهایی که ممکن است باعث آلودگی آب شوند، بایستی شناسایی و مدیریت شوند. در مواقعی که چند منبع آب در دسترس باشند، امکان تنوع در انتخاب منبعی که آلودگی و مشکلات کمتری داشته باشد، وجود دارد. مدیریت منابع آب و فعالیت‌های بشری آلوده‌کننده در حوضه آبریز بر روی کیفیت منابع آب پایین‌دست و همچنین سفره‌های آب زیرزمینی موثر هستند. همچنین این مسئله بر روی مراحل تصفیه لازم برای تامین بهداشتی آب اثرگذار بوده و ارجح بر ارتقاء مراحل و روش‌های تصفیه آب است. برنامه‌های مدیریت منابع آب باید به‌گونه‌ای وضع شوند که بهترین منبع ممکن برای آب شرب را معرفی کنند (WHO, 2011).

تصفیه آب باید به‌گونه‌ای انجام شود که از رشد میکروبی، خوردگی لوله و تشکیل رسوب جلوگیری کند. آب با کیفیت خوب در شبکه توزیع به طراحی و عملکرد سیستم بستگی دارد. برای مثال ثابت شده است که کلرآمین در کنترل برخی گونه‌های باکتریایی و رسوبات در خطوط لوله موثر می‌باشد. پایش بر تامین آب شرب شامل یک سری فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده و منظم، برای اطمینان حاصل کردن از دستیابی به اهداف مرتبط با سلامت و مدیریت صحیح سیستم است. پارامترهایی که برای این بازدیدها انتخاب می‌شوند باید منعکس‌کننده موثر بودن آن‌ها باشد. برای مثال برای منابع آب این موارد شامل کدورت، رشد جلبک‌ها، رنگ، تغییرات آب و هوایی محل و موارد محافظتی محل مانند فنس‌ها است و در مورد تصفیه می‌تواند شامل غلظت ماده گندزدا، pH و کارکرد غشاهای باشد.

جدول ۲- مقایسه مقادیر ترکیبات استاندارد ایران و استانداردهای بین المللی (واحد ها بر حسب میلی گرم بر لیتر)

ترکیبات	ایران	EU (2015)	WHO (2011)	US EPA (2012)
کدورت	حداکثر مطلوب: ۱ NTU حداکثر مجاز: ۵ NTU	قابل پذیرش برای مصرف کنندگان	حداکثر مطلوب: ۰/۵ NTU حداکثر مجاز: ۵ NTU	کوچک تر از ۵ NTU
سختی کل	حداکثر مطلوب: ۲۰۰ حداکثر مجاز: ۵۰۰		حداکثر مطلوب: ۱۰۰-۲۰۰ حداکثر مجاز: ۳۰۰	-
آزبست	۷ MFL		بدون نیاز به عدد راهنما	۷ MFL
سرب	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۵
کروم	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱
سلنیوم	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵
کادمیوم	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
آنتیموان	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۶
جیوه	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲
بر	۰/۵	۱	۲/۴	-
نیکل	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۷	-
باریم	۰/۷		۰/۷	۲
سدیم	۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۲۰
نیترات	حداکثر مطلوب: - حداکثر مجاز: ۵۰	۵۰	۵۰	۱۰
نیتريت	حداکثر مطلوب: - حداکثر مجاز: ۳	۰/۵	۳	۱
تترا کلرید کربن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۰۴		۰/۰۰۴	۰/۰۰۵
دی کلرومتان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۰۰۵
۱ و ۲-دی کلرواتان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۵
۱ و ۲-دی کلرواتن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۵		۰/۰۵	۰/۰۰۵
تری کلرو اتن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۲
تترا کلرو اتن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۴	-
بنزن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵
بروموفورم	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۱		۰/۱	۰/۰۸
تولون	حداکثر مطلوب: ۰/۰۲۴ حداکثر مجاز: ۰/۷		۰/۷	۱
زایلن ها	حداکثر مطلوب: ۰/۰۲ حداکثر مجاز: ۰/۵		۰/۵	۱۰
اتیل بنزن	حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۲ حداکثر مجاز: ۰/۳		۰/۳	۰/۷
استیرن	حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۴ حداکثر مجاز: ۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۱
مونو کلرو بنزن	حداکثر مطلوب:		۰/۳	۰/۱

جدول ۲- مقایسه مقادیر ترکیبات استاندارد ایران و استانداردهای بین المللی (واحدها بر حسب میلی گرم بر لیتر)

ترکیبات	ایران	EU (2015)	WHO (2011)	US EPA (2012)
	۰/۰۱ حداکثر مجاز			
اپی کلروهیدرین	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	کمتر از معادل پلیمر اپی کلرو هیدرین شامل ۰/۰۱ درصد مونومر با دوز ۲۰ میلی گرم بر لیتر
۱ و ۲ و ۴- تری کلرو بنزن	حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۵ حداکثر مجاز		۰/۰۲	۰/۰۷
اکریل آمید	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	کمتر از معادل پلیمر پلی آکریل آمید شامل ۰/۰۵ مونومر با دوز ۱ میلی گرم بر لیتر
وینیل کلراید	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲
آلاکلر	۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۰۰۲
آترازین	۰/۰۰۲		۰/۱	۰/۰۰۳
کربوفوران	۰/۰۰۷		۰/۰۰۷	۰/۰۴
کلردان	۰/۲		۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲
۱ و ۲- دی برم و ۳- کلرو پروپان	۰/۰۰۱		۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲
۱ و ۲ دی کلرو پروپان	۰/۰۴		۰/۰۴	۰/۰۰۵
اندیرین	۰/۰۰۰۶		۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۲
لیندان	۰/۰۰۲		۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲
متوکسی کلر	۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۰۴
پنتا کلروفلنل	۰/۰۰۹		۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
دی کلرو فنوکسیک استیک اسید	۰/۰۳		۰/۰۳	۰/۰۷
سیمازین	۰/۰۰۲		۰/۰۰۲	۰/۰۰۴
دی برومو کلرو متان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۱		۰/۱	۰/۰۸
برومو دی کلرو متان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۶		۰/۰۶	۰/۰۸
مونو کلر آمین	حداکثر مطلوب: ۰/۳ حداکثر مجاز: ۳		۳	-
دی کلرو استیک اسید	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۵		۰/۰۵	۰/۰۶
کلر	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۵		۵	۴
کلریت	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۷		۰/۷	۱
رادیوم ۲۲۶	۱		۱ pCi/l : ۲۲۶	۵ pCi/l : ۲۲۶
اورانیوم	۰/۰۱۵		۰/۰۳	۰/۰۳
رادون	۱۰۰ Bq/m ³		۱۰۰ Bq/m ³	۳۰۰-۴۰۰ pCi/l

اروپا در سال ۲۰۱۵ و سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا در سال ۲۰۱۲ آورده شده است (استاندارد ۱۰۵۳؛ WHO, 2011; Council Directive 98/83/EC 2015; EPA, 2012).

۳-۲- پارامترهای ثانویه کیفیت آب

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد دسته‌ای از ترکیبات در استانداردها برای سلامت عمومی مضر نبوده و شامل مواردی

مانند تغییر طعم، بو و رنگ آب و یا بروز عوارضی مانند تغییر رنگ دندان و پوست می‌شوند و در تدوین آن‌ها باید شرایط خاص هر منطقه نیز مورد توجه قرار بگیرد. این ترکیبات بر اساس استانداردهای EPA در سال ۲۰۱۲ انتخاب شده‌اند و مقایسه بین مقادیر آنها در استاندارد ایران و WHO سال ۲۰۱۱ در جدول ۳ ارائه شده‌اند (استاندارد ۱۰۵۳؛ WHO, 2011; Barrel at al., 2000).

جدول ۳- مقایسه مقادیر ثانویه استانداردها

ترکیبات ثانویه	۱۰۵۳ ایران - ۱۰۵۳a ایران (میلی‌گرم بر لیتر)	WHO (2011) (میلی‌گرم بر لیتر)
آلومینیوم	حداکثر مطلوب: ۰/۱	حداکثر مطلوب: ۰/۱
	حداکثر مجاز: ۰/۲ - ۰/۱	حداکثر مجاز: ۰/۲ - ۰/۱
کلراید	حداکثر مطلوب: ۲۵۰	حداکثر مطلوب: ۲۰۰
	حداکثر مجاز: ۴۰۰	حداکثر مجاز: ۲۵۰-۲۰۰
رنگ	حداکثر TCU ۱۵	حداکثر TCU ۱۵
مس	حداکثر مطلوب: ۱	حداکثر مطلوب: ۲
	حداکثر مجاز: ۲	حداکثر مجاز: ۵
خوردگی	-	غیر خورنده
فلوراید	۰/۵	۰/۵
	۱/۵	۱/۵
آهن	حداکثر مطلوب: ۰/۳	حداکثر مطلوب: ۰/۳
منگنز	حداکثر مطلوب: ۰/۱	حداکثر مطلوب: ۰/۱
	حداکثر مجاز: ۰/۴	حداکثر مجاز: ۰/۲
بو	حداکثر: ۲ در ۱۲ درجه سانتیگراد و ۳ در ۲۵ درجه سانتیگراد	-
pH	حداکثر مطلوب: ۶/۵-۸/۵	حداکثر مطلوب: ۶/۵-۸/۵
	حداکثر مجاز: ۶/۵-۹	حداکثر مجاز: ۸-۸/۵
نقره	-	حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۵
	-	حداکثر مجاز: ۰/۱
سولفات	حداکثر مطلوب: ۲۵۰	حداکثر مطلوب: ۲۵۰
	حداکثر مجاز: ۴۰۰	حداکثر مجاز: ۵۰۰
TDS	حداکثر مطلوب: ۱۰۰۰	حداکثر مطلوب: ۶۰۰
	حداکثر مجاز: ۱۵۰۰	حداکثر مجاز: ۱۰۰۰
روی	۳	حداکثر مطلوب: ۳

۳-۳- ترکیبات با مقادیر تغییر یافته و بررسی علل مقادیر جدید

در بررسی مقادیر ترکیبات ثانویه در استاندارد ایران و WHO (2011)، همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در برخی موارد مغایرت‌هایی به چشم می‌خورد که در زیر دلایل این تغییرات براساس توضیحات سازمان بهداشت جهانی آورده می‌شود.

کلراید: غلظت‌های بالای کلراید باعث طعم شوری در آب می‌شود. آستانه مزه برای یون کلراید به کاتیون مربوطه بستگی دارد و برای سدیم، پتاسیم و کلسیم کلراید در محدوده ۳۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. مزه در غلظت‌های بیشتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور فزاینده‌ای بیشتر قابل تشخیص است. همچنین غلظت‌های بالای کلراید خوردگی فلزات را در شبکه توزیع افزایش می‌دهد.

مس: مس موجود در شبکه‌های توزیع آب ناشی از عمل خوردگی آب درون لوله‌های مسی در ساختمان‌ها می‌باشد و بنابراین غلظت آن متناسب با زمانی است که آب در تماس با لوله‌ها می‌باشد. در غلظت‌های بالاتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر، اجسام شسته شده ممکن است رنگ بگیرند. در غلظت‌های بالاتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر، مس باعث به‌وجود آمدن رنگ و طعم تلخ ناخوشایندی در آب می‌شود. غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر برای مس از نقطه نظر سلامتی مناسب است.

خوردگی (در استاندارد ایران وجود ندارد): pH آب ورودی به سیستم توزیع باید در حدی باشد که خوردگی لوله‌ها را به کمترین میزان ممکن برساند. همچنین مدیریت خاصیت بازی و کلسیم به کنترل خوردگی آب کمک می‌کند. عدم کنترل خوردگی باعث آلودگی آب شرب و تأثیرات سوء بر روی طعم و ظاهر آب می‌شود.

منگنز: در غلظت‌های بیشتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر، در منابع آب باعث ایجاد طعم ناخوشایند می‌شود. وجود منگنز در آب شرب باعث تجمع رسوبات در سیستم توزیع می‌شود. از نظر مصرف‌کنندگان، غلظت‌های کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر قابل قبول است. در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر، منگنز باعث ایجاد پوشش بر روی لوله‌ها می‌شود که به‌صورت رسوبات سیاه پوسته‌پوسته می‌شوند. مقدار ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر که بر

اساس ضوابط بهداشتی است بیش از حد آستانه قابل قبول ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. غلظت‌های بالا در آب شرب باعث عوارض عصبی در انسان می‌شود.

بو و مزه: آب باید بدون بو و مزه‌ای باشد که برای اکثر مصرف‌کنندگان غیرقابل قبول و ناخوشایند است.

pH: توجه دقیق به کنترل pH در تمامی مراحل تصفیه آب برای اطمینان از شفافیت و ضدعفونی بودن آن الزامی است. برای ضدعفونی کردن موثر با کلر، مقدار pH بایستی ترجیحاً کمتر از ۸ باشد. با این حال، pH برابر با ۷ یا کمتر اغلب خورنده است. مقدار مطلوب pH براساس ترکیب آب و طبیعت مواد سازنده استفاده شده در سیستم توزیع متفاوت می‌باشد، اما معمولاً در محدوده ۶/۵ تا ۸/۵ است.

نقره (در استاندارد ایران وجود ندارد): مقادیر پایین نقره در آب شرب (معمولاً کمتر از ۵ میکروگرم بر لیتر) در ارتباط با بیماری آرگیریا خطری را متوجه سلامت انسان نمی‌کند. مقادیر بالاتر (تا ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) در برخی مورد بدون خطر برای سلامتی گزارش شده است.

سولفات: حضور سولفات در آب آشامیدنی می‌تواند باعث ایجاد طعم قابل تشخیص و در مقادیر بسیار بالا (۱۲۰۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث اثرات ملین در مصرف‌کنندگان بشود. حد آستانه برای طعم از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برای سولفات سدیم تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای سولفات کلسیم متغیر است. در مقادیر بالاتر از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به خاطر تأثیرات گوارشی بایستی کنترل شود.

TDS: آبی با حد مجموع جامدات محلول (TDS) کمتر از ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مجموعاً مناسب است. آب شرب با مقدار TDS بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور فزاینده‌ای، ناخوشایند می‌شود. وجود مقادیر بالایی از TDS به‌دلیل رسوب (جرم‌گرفتگی) در لوله‌های آب، گرم‌کننده‌ها، بویلرها و وسایل خانگی برای مصرف‌کنندگان نیز نامطلوب است.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از مقایسه استانداردهای کیفی آب در ایران و استانداردهای بین‌المللی اولاً مشخص شد که استاندارد ایران فاقد مقادیر راهنما برای برخی ترکیبات بوده و ثانیاً مقادیر برخی از ترکیبات در استانداردهای جدید بین‌المللی تغییر یافته است. پیشنهاد

می‌شود در تدوین استانداردهای جدید در کشور، مواردی که در استانداردهای قبلی ذکر نشده اضافه شده و موارد مغایرت‌دار اصلاح شوند. همچنین این نکته قابل ذکر است که در این تحقیق مقادیر مغایرت مقادیر آلاینده‌ها در استاندارد ایران و استانداردهای بین‌المللی ذکر شده‌اند (جدول ۲ و ۳) اما تعیین مقادیر جدید و تبیین آن‌ها در استانداردهای ایران ملزم به تشکیل کمیته‌های مخصوص در سازمان استاندارد ایران دارد. استاندارد ۱۰۵۳-الف تحت عنوان اصلاحیه استاندارد ۱۰۵۳ حاوی مقادیری مانند ($\text{TDS } 2000 = \text{mg/l}$) و یا (سختی کل بدون محدودیت) هستند که قطعاً توصیه شده توسط هیچ‌کدام از سازمان‌های تدوین استاندارد بین‌المللی نبوده و در هر شرایطی، چه اضطراری و چه غیراضطرار، باعث نامطلوب شدن کیفیت آب شرب می‌شود.

اگر نشان‌گرهای کیفی به تفکیک وجود و رخداد آن‌ها در منابع آب ذکر شوند پایش و تدوین برنامه‌های محافظتی برای جلوگیری از رخداد آن‌ها موثرتر است. همچنین در تدوین یا استانداردهای میکروبی پیشنهاد می‌شود نوع انترکوکسی (و سایر گونه‌های مقاوم در برابر کلرزی) هم به استاندارد فعلی اضافه شده تا محافظت میکروبیولوژیکی مطمئن‌تری از منابع صورت گیرد.

در مقایسه استاندارد ایران با استاندارد EPA مشخص شد که اکثر مقادیر با یکدیگر متفاوت بوده و در مورد استاندارد آمریکا در برخی موارد این مقادیر بالاتر هستند. دلیل این مسئله آن است که استانداردهای آمریکا در مقایسه با سایر استانداردها کاربرد اجرایی بیشتری داشته و براساس داده‌های آزمایشگاهی و مطالعات ارزیابی ریسک تدوین شده‌اند. همچنین پیشنهاد می‌شود با الگوگیری از تقسیم آلاینده‌ها به دو دسته اولیه و ثانویه (برحسب نوع تأثیراتشان بر روی سلامت) از روی استاندارد EPA در کشور ایران نیز آلاینده‌های تهدیدکننده سلامت عمومی توسط موسسه استاندارد و سایر ترکیبات بر عهده شرکت‌های آب منطقه‌ای وضع شوند.

مورد دیگری که در تامین آب شرب با کیفیت مطلوب پیشنهاد می‌شود، اقدام به تدوین برنامه‌های محافظتی از حوضه آبریز تامین‌کننده آب، مراحل تصفیه در تصفیه‌خانه‌ها و شبکه انتقال و توزیع آب است. همچنین نظارت و پایش دائم در تمامی این مراحل از سوی نهادهای مسئول مانند وزارت بهداشت توصیه می‌شود تا بتوان حتی‌الامکان از آلوده شدن آب

شرب قبل از وقوع آن پیشگیری نمود.

همان‌طور که ذکر شد ریزآلاینده‌های نوظهوری مانند مواد دارویی، آرایشی، استروئیدها، سرفکتانت‌ها که در فاضلاب‌های خانگی و صنعتی یافت می‌شوند، و اکثر تصفیه‌خانه‌های متداول فاضلاب امکان حذف کامل آن‌ها را ندارند، از طریق چرخه آب به منابع آبی بازگشته و امکان آلوده شدن آن‌ها را افزایش می‌دهند. پیشنهاد می‌شود این دسته از آلاینده‌ها نیز در استانداردهای جدید ذکر شده و همچنین در منابع آبی و تصفیه‌خانه‌ها مورد بررسی و نظارت قرار بگیرند تا از اثرات سوء آن‌ها بر روی سلامت عمومی جلوگیری شود.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- MCL: Maximum Contaminant Level
- 2- MCLG: Maximum Contaminant Level Goal
- 3- Clostridium perfringens
- 4- Cryptosporidial oocysts
- 5- Emerging contaminants
- 6- Monitoring

۶- مراجع

- کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، (۱۳۸۶)، میکروبیولوژی آب آشامیدنی (*ICS:13.60.20*)، استاندارد ۱۰۱۱، چاپ ششم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.
- کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، (۱۳۸۸)، مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (*ICS:13.60.20*)، استاندارد ۱۰۵۳، چاپ پنجم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.
- کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، (۱۳۹۰)، مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (*ICS:13.60.20*)، استاندارد ۱۰۵۳-الف، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.
- Barrell, R., Hunter, P.R., and Nichols, G., (2000), "Microbiological standards for water and their relationship to health risk", *Communicable Disease and Public Health*, 3(1), 8-13
- Council Directive 98/83/EC, (2015), *Quality of water intended for human consumption*, The Council of the European Union, No. L 0083, EU.
- EPA, (2012), *2012 Edition of the drinking water standards and health advisors*, United States Environmental Protection Agency, EPA 822-S-12-001, USA.
- Focazio, M., Kolpin, D.K., Barnes, K., Furlong, E., Meyer, M., Zaugg, A., Barber, L., and Thurman, M., (2008), "A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the

- United States-II) Untreated drinking water sources", *Science of the Total Environment*, STOTEN- 10484.
- Hassinger, E., and Watson, J., (1998), "Drinking water standards", *Arizona Water Series*, 5, AZ1009.
- Shahriari, A., Neek Aeen, M. and Hasan Zadeh, A., (2015), "Evaluation of clostridium perfringens in determination of waetr feacal pollution in comparison to indicator bacteria", *Journal of Health Research in Society*, 35(1), 1-4.
- Shatat, M. and Rifaf, S., (2012), "Water desalination technologies utilizing conventional and renewable energy sources", *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 9(1), 1-19.
- WHO, (2011), *Guidelines for drinking-water quality*, 4th Edition, World Health Organization, ISBN 978 92 4 154815, Malta, <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es304955g>.

Investigating and Proposing a Proper Treatment System for Washing Machine Wastewater

Mohammad Hossein Sarrafzadeh^{1*}, Narges Shirouei² and Omid Tavakoli³

1- Unesco Chair on Water Reuse and Associate Professor, School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- MSc., School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran and Head of the Strategic Technologies Center, Iran Vice President on Scientific Affaire, Tehran, Iran.

* Corresponding Author, Email: sarrafzdh@ut.ac.ir

Received: 5/6/2017
Revised: 21/10/2017
Accepted: 22/10/2017

Abstract

Purification and recycling of greywater, as an unconventional source, is considered among appropriate solutions for the increasing demand of fresh water and for dealing with water crisis. In this study, physico-chemical treatment system (coagulation, flocculation and sedimentation) was used for treating and recycling of washing machine greywater. At the beginning, to determine the appropriate type and concentration of coagulants, jar test was performed using four coagulants including, aluminum sulfate, Iron (II) sulfate, Iron (III) sulfate and Iron (III) chloride in the concentration range of 5 to 135 mg/L (as aluminum or iron concentration). Jar test results showed that aluminum sulfate with lowest dose in comparison with other coagulants (348.7 mg/L as aluminum sulfate concentration) had the best efficiency in turbidity removal (98.5 percent). To evaluate the efficiency of treatment system, parameters such as pH, total dissolved solids, total suspended solids, electrical conductivity, turbidity, nitrate, nitrite, ammonia, phosphate, anionic surfactant, and chemical oxygen demand (COD) were measured for both untreated and treated wastewater. Removal of turbidity, suspended solids, nitrite, nitrate, phosphate, anionic surfactant, and chemical oxygen demand (COD), respectively, reached acceptable levels of 98.4, 95, 83.5, 75, 91.3, 67 and 69 percent. Also, coagulation reduced pH only by 21 percent. It should be noted that in this study, removal of ammonia, electrical conductivity and TDS was negligible.

Keywords: Aluminum sulfate, Chemical coagulation, Grey water, Washing machine

بررسی پساب ماشین‌های لباس‌شویی و پیشنهاد یک سامانه مناسب برای تصفیه آن

محمد حسین صراف‌زاده^{۱*}، نرگس شیروئی^۲ و امید توکلی^۳

۱- رئیس کرسی بازیافت آب و دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار، دانشکده مهندسی شیمی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: sarrafzdh@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۰
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۳۰

چکیده

تصفیه و بازیافت آب خاکستری به عنوان یک منبع غیرمتعارف آب، پاسخی مناسب برای افزایش روزافزون تقاضای آب تازه و مقابله با بحران کمبود آب است. در پژوهش پیش رو از سیستم تصفیه فیزیکی-شیمیایی (انعقاد و لخته‌سازی و ته‌نشینی) برای تصفیه و بازیافت آب خاکستری ماشین لباس‌شویی استفاده شده است. در ابتدا، آزمایش جارست برای تعیین نوع و مقدار مناسب منعقدکننده‌ها با استفاده از چهار منعقدکننده آلومینیوم سولفات، آهن (II) سولفات، آهن (III) سولفات و آهن (III) کلرید و در محدوده غلظتی ۵-۱۳۵ میلی‌گرم بر لیتر منعقدکننده (برحسب غلظت آلومینیوم یا آهن) انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش جارست نشان می‌دهد که آلومینیوم سولفات با کمترین مقدار مصرف نسبت به بقیه منعقدکننده‌ها (۳۴۸/۷ میلی‌گرم بر لیتر برحسب غلظت آلومینیوم سولفات) بهترین راندمان را از نظر حذف کدورت (۹۸/۵ درصد) دارد. برای بررسی کارایی سیستم تصفیه، پارامترهای آلاینده از قبیل pH، کل مواد جامد محلول، کل مواد جامد معلق، هدایت الکتریکی، کدورت، نیترات، نیتريت، آمونیاک، فسفات، سورفکتانت آنیونی و نیاز اکسیژن شیمیایی برای آب تصفیه نشده و آب تصفیه‌شده اندازه‌گیری شد. حذف کدورت، مواد جامد معلق، نیتريت، نیترات، فسفات، سورفکتانت آنیونی و نیاز اکسیژن شیمیایی به ترتیب به میزان قابل قبول ۹۸/۴، ۹۵، ۸۳/۵، ۷۵، ۹۱/۳، ۶۷ و ۶۹ درصد رسید. همچنین انعقاد باعث کاهش تنها ۲۱ درصدی pH می‌شود. لازم به ذکر است که میزان حذف آمونیاک، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در این پژوهش بسیار ناچیز بود.

کلمات کلیدی: آب خاکستری، ماشین لباس‌شویی، انعقاد شیمیایی، آلومینیوم سولفات.

ویژگی‌های کیفی آب خاکستری به منبع آب خاکستری، تعداد افراد خانواده، توزیع سن افراد خانواده، شیوه زندگی، الگوی مصرف آب، استانداردهای زندگی، عادات فرهنگی و اجتماعی افراد خانواده، نوع و مقدار مصرف مواد شیمیایی (نظیر صابون، خمیردندان، شامپو و شوینده) و مدت زمانی که آب خاکستری قبل از استفاده شدن ذخیره می‌شود، بستگی دارد. پساب حمام حاوی شامپو، صابون و چربی‌های پوست و ... می‌باشد، پساب ماشین لباسشویی دارای قلیائیت، کدورت و دمای بالا و حاوی غلظت بالای مواد شیمیایی ناشی از پودرهای شست و شو (مانند سدیم، فسفر، نیتروژن و سورفکتانت‌ها)، کف، سفیدکننده‌ها، چربی و گریس، رنگ‌ها، حلال‌ها و فیبرهای غیر تجزیه‌پذیر پوشاک است. همچنین پساب سینک آشپزخانه حاوی ذرات مواد غذایی، مواد روغنی و چربی و شوینده‌ها می‌باشد. پساب حاصل از ماشین ظرفشویی حاوی چربی و گریس، ذرات مواد غذایی، کف، مواد آلی و دارای کدورت، قلیائیت و دمای بالا است (Ghaitidak and Kunwar, 2013). در بین کلیه منابع آب‌های خاکستری، آب خاکستری ماشین لباسشویی به دلیل در دسترس بودن و ساده بودن امکان استفاده مجدد از آن (برای استفاده مجدد از آب خاکستری ماشین لباسشویی برخلاف منابع دیگر نیاز به تغییر لوله‌کشی خانه نیست) و داشتن نیتروژن و فسفر (برای رشد گیاهان مفید هستند بنابراین نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند) موردتوجه قرار گرفته است. با توجه به بار آلی پایین و اغلب تک‌آلاینده بودن آب‌های خاکستری، می‌توان انتظار داشت که تصفیه جداگانه آنها ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر باشد. پژوهشگران زیادی تصفیه آب‌های خاکستری را با روش‌های عمدتاً مبتنی بر انعقاد و لخته‌سازی بررسی کرده‌اند. از روش انعقاد با سولفات آلومینیوم و کربن فعال دانه‌ای برای تصفیه پساب ماشین لباسشویی استفاده شده است (Sostar-Turk et al., 2005). Pidou et al. (2008) مطالعاتی بر روی آب خاکستری دوش حمام خوابگاه دانشجویان دانشگاه کرانفیلد انگلستان انجام دادند که در آن با استفاده از جارتست، منعقد کننده‌های مختلف با چندین غلظت مورد بررسی قرار گرفتند. آب خاکستری آشپزخانه و ماشین لباسشویی در پژوهش دیگری مورد تصفیه قرار گرفت و نتایج حاکی از ساده‌تر شدن فرایند تصفیه در مقایسه با فاضلاب بود (Kariuki et al., 2011). هدف اصلی این تحقیق بررسی تصفیه آب خاکستری ماشین

امروزه بسیاری از کشورهای جهان به دلایلی ازجمله رشد روزافزون جمعیت، توسعه صنایع، تغییرات آب و هوا و همچنین محدودیت منابع آبی در دسترس، با بحران آب مواجه هستند. به‌منظور مقابله با بحران کمبود آب، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، مدیریت آب‌های خاکستری روز به روز اهمیت بیشتری می‌یابد. آب خاکستری به دلیل حجم بالا و بار آلی کم، پتانسیل خوبی برای بازیافت دارد. به عبارتی، آب خاکستری در نهایت تا ۷۰ درصد از کل آب مصرفی در خانه را شامل می‌شود درحالی‌که فقط ۳۰ درصد از کسر مواد آلی و ۹ تا ۲۰ درصد از کسر مواد مغذی را شامل می‌شود (Morel, 2012). آب خاکستری به‌صورت فاضلاب خانگی ناشی از لباسشویی، ظرفشویی، روشویی و حمام به‌جز فاضلاب توالت تعریف می‌شود. استفاده مجدد از آب‌های خاکستری برای مصارفی همچون فلاش تانک‌ها، آبیاری فضای سبز، شست‌وشوی ماشین و ... هم باعث صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود و هم بار حجمی ورودی به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب را کاهش می‌دهد (Morel and Diener, 2006). آب خاکستری معمولاً به فاضلاب تولیدی از روشویی، حمام، ماشین لباسشویی و آشپزخانه‌ها اطلاق می‌شود که در مبدأ از فاضلاب دستشویی و توالت تفکیک شده باشد. در واقع به کلیه فاضلاب تولید شده در خانه به‌جز فاضلاب توالت آب خاکستری می‌گویند. از نظر مقداری، حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد از کل فاضلاب تولید شده در خانه را آب خاکستری تشکیل می‌دهد (Bani-Melhem et al., 2015;). در شکل ۱ نحوه توزیع آب خاکستری بین منابع مختلف آن مشاهده می‌شود.



شکل ۱- نحوه توزیع آب خاکستری بین منابع مختلف آن (Ghaitidak and Kunwar, 2013).

۲-۳- آزمایش‌های انجام‌شده

۲-۳-۱- اندازه‌گیری پارامترهای مهم آب

در این پژوهش چند پارامتر مهم قبل از انجام هرگونه فرایند بر روی آب‌های خاکستری و بعد از آن، بر روی آب تصفیه‌شده، مورد سنجش قرار گرفته است که سنجش این پارامترها منجر به شناسایی خواص اصلی آب‌های خاکستری و ارائه روش مناسب جهت انجام هرگونه فرایند تصفیه و همچنین ارزیابی عملکرد سامانه تصفیه می‌شود. این پارامترها عبارتند از: نیاز اکسیژن شیمیایی^۱ (COD)، درجه اسیدی یا بازی بودن (pH)، کل مواد جامد معلق^۲ (TSS)، کل مواد جامد محلول^۳ (TDS)، هدایت الکتریکی^۴ (EC)، کدورت^۵، نیترات^۶، نیتريت^۷، آمونیاک^۸، فسفات^۹ و سورفکتانت آنیونی^{۱۰}. لازم به ذکر است که کلیه تحلیل‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد انجام شده است (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2016).

۲-۳-۲- جار تست

بیشتر ذرات معلق در فاضلاب دارای بار منفی هستند. در انعقاد شیمیایی مواد منعقدکننده مناسب به آب اضافه می‌شود. این مواد بار الکتریکی ذرات معلق را خنثی می‌کند و بر اثر آن امکان چسبیدن ذرات به یکدیگر و در نتیجه ایجاد ذرات بزرگ‌تر، سنگین‌تر و قابل رسوب که فلوک نامیده می‌شود فراهم می‌شود. نمک‌های آلومینیوم یا آهن رایج‌ترین مواد منعقدکننده در سیستم‌های تصفیه هستند، زیرا مؤثر در تصفیه، دارای قیمت پایین و در دسترس هستند و همچنین برای ذخیره‌سازی و به کار بردن مناسب هستند. برای تعیین نوع و مقدار مناسب منعقدکننده‌ها از آزمایش جار تست استفاده می‌شود. در این آزمایش از ۶ ظرف شیشه‌ای و یک دستگاه همزن که به‌طور هم‌زمان محتویات همه ظرف‌ها را به هم می‌زند استفاده می‌شود. یک لیتر از نمونه‌ای که کدورت آن از قبل تعیین شده است، به هریک از ظرف‌ها اضافه می‌شود. ابتدا هم‌زن روی دور تند ۲۰۰ دور بر دقیقه تنظیم می‌شود. سپس برای هر منعقدکننده، یک محدوده مشخص از آن به‌طور هم‌زمان به ظروف اضافه شده و به مدت یک دقیقه روی دور ۲۰۰ قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی هم‌زن روی دور کند ۲۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شده و در نهایت به مدت ۳۰ ثانیه به محلول‌ها اجازه داده می‌شود که ته‌نشین

لباس‌شویی جهت استفاده مجدد برای مصارف غیرشرب از جمله فلاش‌تانک‌ها، آبیاری، شست‌وشوی ماشین و ... است که البته همراه با دستاوردهای زیر می‌تواند باشد:

- کاهش استفاده از آب شرب برای مصارفی که به آب با کیفیت بالا نیاز ندارند.

- تأمین آب موردنیاز مصارف غیرشرب

- کاهش حجم فاضلاب تولیدی

- کاهش زمین مورد نیاز جهت ساخت تصفیه‌خانه

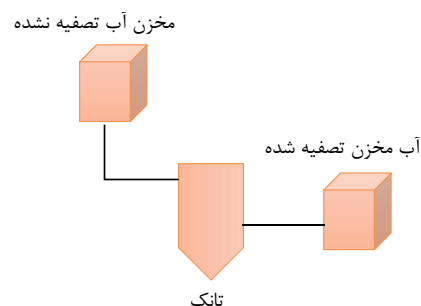
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد استفاده شده شامل منعقدکننده‌های معدنی برای انجام آزمایش‌های جار تست (آلومینیوم سولفات ۱۸ آب، فریک کلرید ۶ آب، فرو سولفات ۷ آب و فریک سولفات ۹ آب) و مواد مورد نیاز جهت انجام آنالیزهای لازم (اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی) است.

۲-۲- ساخت سامانه آزمایشگاهی

شمای کلی از سیستم استفاده شده جهت تصفیه آب ماشین لباس‌شویی، در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، این سیستم شامل (۱) مخزن آب تصفیه‌نشده، (۲) تانک (جهت انجام انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی) و (۳) مخزن آب تصفیه‌شده می‌باشد. تانک در قسمت انتهایی پایین آن برای جلوگیری از اختلاط جریان خروجی با لجن تولیدی با شیب ۴۵ درجه ساخته شده است. تمامی لجن تولیدی در قسمت شیب‌دار پایین جمع شده و از طریق شیر که در این قسمت تعبیه شده است، خارج می‌شود.



شکل ۲- شمای کلی فرایند تصفیه بکار گرفته شده در سامانه آزمایشگاهی

شده و کدورت لایه رویی اندازه‌گیری می‌شود (EPA, 2000).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تحلیل ویژگی‌های آب خاکستری تصفیه نشده

برای انجام تحلیلهای لازم، از خروجی ماشین لباسشویی خانگی نمونه‌گیری صورت گرفته و نمونه‌ها به سرعت به آزمایشگاه منتقل و پارامترهای آلاینده مختلف آن اندازه‌گیری شد. علاوه بر پارامترهای کیفی، حجم آب مصرفی ماشین نیز اندازه‌گیری شد. نتایج تحلیل کمی و کیفی آب در جدول ۱ (برای دو سری آزمایش) و جدول ۲ (برای سه سری آزمایش) نشان داده شده است. یک سیکل شست‌وشوی ماشین لباسشویی شامل ۳ مرحله است. در مرحله اول که شستن^{۱۱} است، ماشین لباس‌ها را با پودر می‌شوید. در مرحله بعدی که مرحله آب کشی^{۱۲} است، لباس‌ها را آب کشی کرده و در مرحله آخر که مرحله خشک کردن^{۱۳} است لباس‌ها را خشک می‌کند. حجم آب مصرفی هر مرحله در جدول ۱ مشخص شده است. برای تشخیص این‌که آب کدام مرحله برای بازیافت مناسب است، به‌طور مثال آیا آب مرحله اول را به‌تنهایی باید مورد تصفیه قرار داد یا مخلوط همه مراحل برای تصفیه مناسب است، دو پارامتر بار آلودگی هر مرحله و حجم آب مصرفی

آن مرحله را باید مورد بررسی قرار داد. در واقع آبی که بار آلودگی کم و حجم زیادی داشته باشد، پتانسیل خوبی برای بازیافت دارد. جدول ۱ نشان می‌دهد که به‌طور میانگین مرحله اول حدود ۲۰ درصد، مرحله دوم حدود ۷۰ درصد و مرحله سوم حدود ۱۰ درصد از کل حجم آب مصرفی در یک سیکل ماشین لباسشویی را شامل می‌شود. همچنین برای هر پارامتر آلاینده اندازه‌گیری شده، مقدار آن پارامتر در مرحله اول بیشتر از مرحله دوم و در مرحله دوم بیشتر از مرحله سوم است. پس از نظر بار آلودگی مرحله اول کثیف‌ترین مرحله و بعد از آن مراحل دوم و سوم قرار دارند. در نگاه اول به نظر می‌رسد که بهتر است آب مرحله اول را به فاضلاب تخلیه و مخلوط آب مرحله دوم و سوم را برای بازیافت مورد استفاده قرار داد. به همین دلیل بار دیگر آزمایش‌ها تکرار ولی این بار مخلوط آب مرحله دوم و سوم مورد آزمایش قرار داده شد که نتایج آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود. ولی از آنجایی که حجم آب مصرفی مرحله اول نسبت به مجموع حجم آب مراحل دوم و سوم کم است، بنابراین در صورت مخلوط آن با آب مراحل دیگر تأثیر چندانی بر روی آلودگی کل نداشته و می‌توان به‌جای دور ریختن، آن را برای تصفیه مورد استفاده قرار داد. پس بهترین حالت این است که مخلوط هر سه مرحله را مورد تصفیه و استفاده مجدد قرار گیرد.

جدول ۱- تحلیل آب خروجی ماشین لباسشویی - هر ۳ مرحله به‌طور جداگانه

پارامترهای کمی و کیفی	آزمایش اول			آزمایش دوم			میانگین	
	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله اول	مرحله دوم
حجم آب مصرفی (لیتر) (درصد از کل حجم آب مصرفی)	۱۳ (۲۰٪)	۴۹/۵ (۷۳٪)	۵ (۷٪)	۱۸ (۲۱٪)	۶۰ (۷۱٪)	۶ (۸٪)	۵۴/۸ (۷۲٪)	۵/۵ (۷/۵٪)
pH	۸/۲	۸/۵	۷/۱	۹/۳	۸/۸	۸/۵	۸/۵	۷/۸
هدایت الکتریکی (mS/cm)	۱/۰۲	۰/۶۴۲	۰/۶۱۷	۷	۱/۰۹	۰/۸۶۲	۴/۰۱	۰/۸۶۶
مواد جامد محلول (mg/L)	۷۳۹	۴۳۴	۳۸۷	۴۶۹۰	۷۲۰	۵۷۵	۲۷۱۵	۵۷۷
آمونیاک (mg/L)	۱۳/۷	۱/۴	۰/۶	۱۳/۶	۳/۲	۱/۲	۱۳/۶۵	۱/۳
نیتريت (mg/L)	۲/۴	۰/۳	۰/۱	۹/۲	۱/۴	۰/۱	۵/۷	۰/۱
نترات (mg/L)	۸۷۹/۸	۷۹/۷	۵۲/۳	۱۲۵۱/۹۲	۱۴۳/۱	۷۵/۸	۱۰۶۵/۸۶	۱۱۱/۴
فسفات (mg/L)	۵۲/۹	۱۲/۶	۰/۵	۶۳	۱۴/۸	۱۳/۶	۵۷/۹۵	۱۳/۷
COD (mg/L)	۲۴۸۰	۴۹۰	۱۱۸	۴۳۷۹	۹۶۳	۱۹۳	۳۴۳۰	۷۲۷

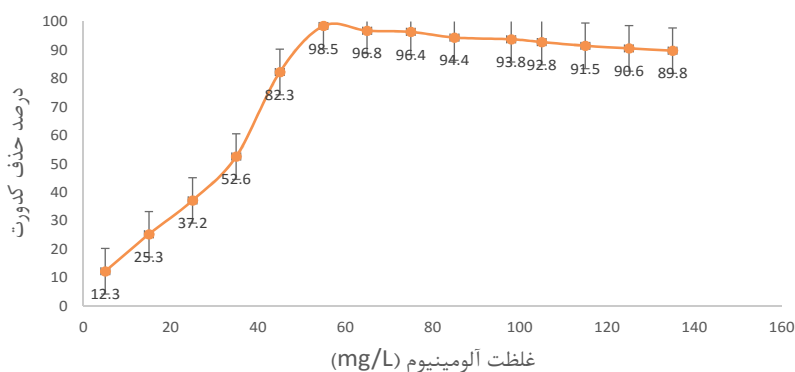
جدول ۲- تحلیل آب خروجی ماشین لباسشویی - مرحله اول جداگانه و مراحل دوم و سوم مخلوط

پارامترهای کمی و کیفی	آزمایش اول		آزمایش دوم		آزمایش سوم		میانگین	
	مرحله اول	مرحله دوم و سوم	مرحله اول	مرحله دوم و سوم	مرحله اول	مرحله دوم و سوم	مرحله اول	مرحله دوم و سوم
حجم آب مصرفی (لیتر) (درصد از کل حجم آب مصرفی)	۸/۵ (/۲۲)	۳۱ (/۸۸)	۹ (/۲۰)	۳۷ (/۸۰)	۷/۵ (/۱۷)	۳۵/۵ (/۸۳)	۸/۳ (/۱۹)	۳۴/۵ (/۸۱)
pH	۹/۸	۹/۲	۸/۳	۸	۹/۵	۹/۱	۹/۲	۸/۸
هدایت الکتریکی (mS/cm)	۲/۰۲	۱/۲۶۶	۴/۰۹	۱/۷۲	۶/۱۵	۲/۲۲	۴/۰۹	۱/۷۳
مواد جامد محلول (mg/L)	۱۳۴۰	۸۴۶	۲۷۱۰	۱۱۳۵	۴۰۷۰	۱۵۱۰	۲۷۰۷	۱۱۶۴
آمونیاک (mg/L)	۲۸/۶	۶/۶	۳۱/۵	۱۱/۲	۲۷/۲	۱۱/۴	۲۹/۱	۹/۷
نیتريت (mg/L)	۲/۱	۰/۷	۵/۸	۱/۸	۶	۲/۷	۴/۶۳	۱/۷۳
نیترات (mg/L)	۳۹۴/۳	۱۲۲/۷	۵۹۴/۵	۲۲۱/۵	۱۸۲/۴	۱۲۹/۷	۳۹۰/۴	۱۵۷/۹۷
فسفات (mg/L)	۲۱	۸/۲	۵۳/۷	۱۵/۸	۳۸	۱۲	۳۷/۵	۱۲
COD (mg/L)	۲۵۸۵	۷۵۰	۳۳۸۱	۱۱۲۱	۳۰۸۳	۱۰۷۲	۳۰۱۶	۹۸۱

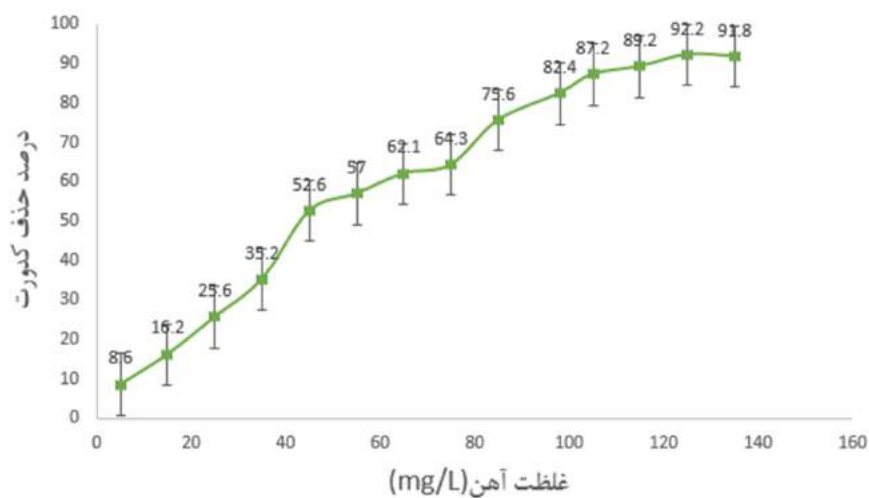
۳-۲- نتایج آزمایش جار تست

آزمایش جار تست با چهار منعقدکننده آلومینیوم سولفات، فریک سولفات، فرو سولفات و فریک کلرید و در محدوده غلظتی ۱۳۵-۵ میلی گرم بر لیتر منعقدکننده (برحسب آلومینیوم یا آهن) انجام شد. نتایج این آزمایش در شکل های ۳ تا ۶ برای هر منعقدکننده نشان داده شده است. با اضافه کردن ماده منعقدکننده بیشتر از مقدار بهینه، روند نمودارها نزولی می شود. این امر به دلیل مثبت شدن بار سطحی ذرات است.

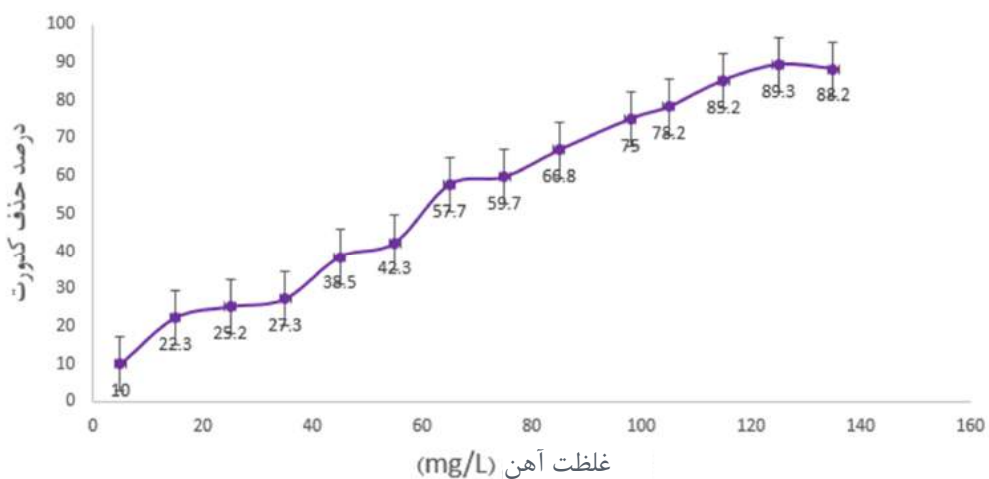
برای تصفیه آب ماشین لباسشویی با روش انعقاد، به دلیل نوسان کیفیت پساب حاصله مقدار بهینه مورد نیاز آلومینیوم سولفات بسته به کدورت پساب متفاوت خواهد بود. به همین دلیل برای پساب های مختلف با کدورت های مختلف آزمایش جار تست انجام و نمودار غلظت بهینه منعقد کننده برحسب کدورت پساب رسم شد. نتایج حاصله در شکل ۷ مشاهده می شود. با توجه به این نمودار، برای هر پساب دلخواه می توان با اندازه گیری کدورت آن مقدار بهینه آلومینیوم سولفات (برحسب غلظت آلومینیوم) را پیدا کرد.



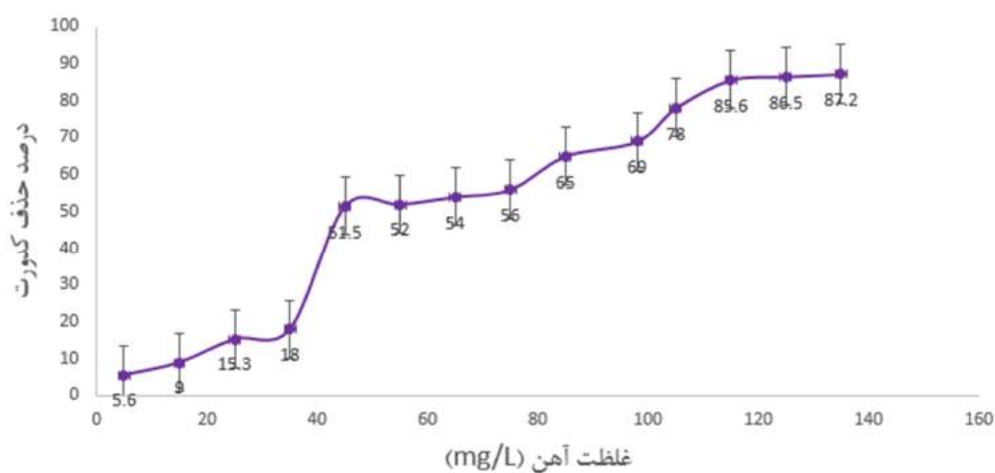
شکل ۳- نمودار درصد حذف کدورت برحسب غلظت آلومینیوم برای آلومینیوم سولفات



شکل ۴- نمودار درصد حذف کدورت برحسب غلظت آهن برای فریک کلرید



شکل ۵- نمودار درصد حذف کدورت برحسب غلظت آهن برای فریک سولفات



شکل ۶- نمودار درصد حذف کدورت برحسب غلظت آهن برای فرو سولفات

۳-۳- بررسی کارایی سیستم تصفیه استفاده شده

سیستم تصفیه مورد استفاده در این پروژه، شامل یک مرحله تصفیه، انعقاد و لخته سازی و ته نشینی است. برای بررسی کارایی سیستم تصفیه، باید ویژگی های آب تصفیه نشده و همچنین آب تصفیه شده خروجی از آن را مورد تحلیل قرار داد.

۳-۳-۱- تحلیل ویژگی های آب تصفیه نشده

ابتدا تحلیل های لازم بر روی آب تصفیه نشده خروجی از ماشین لباس شویی صورت گرفته است. نتایج حاصله در جدول ۴ نشان داده شده است.

۳-۳-۲- تحلیل ویژگی های آب تصفیه شده بعد از انعقاد و لخته سازی و ته نشینی

تحلیل های لازم بر روی آب خروجی از مرحله اول تصفیه (انعقاد و لخته سازی و ته نشینی) صورت گرفته است. نتایج

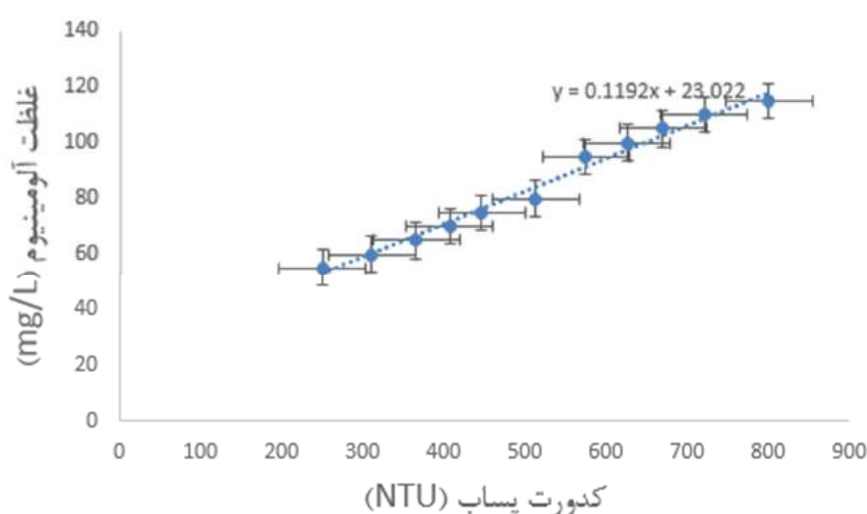
حاصله در جدول ۵ آمده است. با مقایسه جدول ۵ با جدول ۴ می توان مشاهده کرد که مقدار pH آب تصفیه شده بعد از انعقاد نسبت به آب تصفیه نشده خروجی از ماشین لباس شویی کاهش یافته است. کاهش pH به دلیل واکنش آلوم مصرفی با قلیائیت آب که معمولاً ناشی از کلسیم بی کربنات است، می باشد. همان طور که انتظار می رفت، انعقاد باعث حذف بسیار بالای کدورت و مواد جامد معلق (به ترتیب ۹۸/۴ و ۹۵ درصد) شده است. همچنین میزان حذف نیترات، نیتريت، فسفات، سورفکتانت آنیونی و COD بسیار قابل قبول است. میزان حذف آمونیاک، هدایت الکتریکی و TDS بسیار ناچیز و کمتر از ۱۰ درصد است.

۳-۳-۳- مقایسه عملکرد سامانه با پژوهش های پیشین

در مطالعه (Sostar-Turket al. (2005) میزان حذف COD و BOD تنها ۳۶ درصد گزارش شده است. اما در پژوهش حاضر

جدول ۳- مقادیر بهینه منعقد کننده ها

نوع منعقد کننده	مقدار بهینه بر حسب غلظت آلومینیوم یا آهن (mg/L)	مقدار بهینه بر حسب غلظت منعقد کننده (mg/L)	درصد حذف کدورت
آلومینیوم سولفات	۵۵	۳۴۸/۷	۹۸/۵
فریک کلرید	۱۲۵	۳۶۲/۵	۹۲/۲
فریک سولفات	۱۲۵	۴۴۷/۵	۸۹/۳
فرو سولفات	۱۳۵	۳۶۷/۲	۸۷/۲



شکل ۷- نمودار غلظت بهینه منعقد کننده آلومینیوم سولفات بر حسب کدورت پساب

جدول ۴- تحلیل ویژگی‌های آب تصفیه نشده خروجی از ماشین لباس‌شویی

پارامتر	تعداد دفعات آزمایش	کمترین مقدار	میانگین	بیشترین مقدار
pH	۷	۸/۵	۹/۵	۱۰
کل مواد جامد محلول (mg/L)	۷	۹۰۰	۱۴۴۰	۲۲۰۰
هدایت الکتریکی (mS/cm)	۷	۱/۴۱	۲/۲۶	۳/۳
کل مواد جامد معلق (mg/L)	۷	۱۸۰۰	۲۲۱۵	۲۷۶۸
کدورت (NTU)	۷	۲۵۰	۴۸۹	۸۰۰
نیتрат (mg/L)	۷	۹۵/۵	۱۹۴/۶	۲۵۰/۸
نیتريت (mg/L)	۷	۱/۲	۷/۹	۱۳/۹
آمونیاک (mg/L)	۷	۳/۵	۹/۲	۱۵/۶
فسفات (mg/L)	۷	۶/۵	۱۴/۹	۲۴/۳
COD (mg/L)	۷	۹۸۰	۱۶۸۲	۲۶۴۴
سورفکتانت آنیونی (mg/L)	۴	۵۰/۳	۶۵	۸۹/۸

جدول ۵- تحلیل ویژگی‌های آب تصفیه‌شده بعد از انعقاد

پارامتر	تعداد دفعات آزمایش	بعد از انعقاد شیمیایی			درصد حذف
		کمترین مقدار	میانگین	بیشترین مقدار	
pH	۷	۶/۴	۷/۵	۷/۸	۲۱
مواد جامد محلول (mg/L)	۷	۸۵۰	۱۴۰۰	۲۱۵۰	۲/۸
هدایت الکتریکی (mS/cm)	۷	۱/۳۹	۲/۲۲	۳/۲۲	۱/۸
مواد جامد معلق (mg/L)	۷	۷۵	۱۱۰	۱۴۰	۹۵
کدورت (NTU)	۷	۴	۷/۸	۱۲/۸	۹۸/۴
نیترات (mg/L)	۷	۲۵/۲	۴۸/۷	۶۶/۶	۷۵
نیتريت (mg/L)	۷	۰/۵	۱/۳	۲/۴	۸۳/۵
آمونیاک (mg/L)	۷	۳/۲	۸/۴	۱۴/۹	۸/۷
فسفات (mg/L)	۷	۰/۸	۱/۳	۲/۳	۹۱/۳
COD (mg/L)	۷	۲۸۰	۵۲۰	۸۳۶	۶۹
سورفکتانت آنیونی (mg/L)	۴	۱۸/۲	۲۱/۵	۳۵/۲	۶۷

میزان حذف COD به ۶۹ درصد رسید که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر انعقاد بر روی حذف آلاینده‌ها با توجه به میزان سولفات آلومینیوم استفاده شده است. حذف آمونیاک در مطالعه Sostar-Turket al. (2005) اتفاق نیفتاد و همچنین میزان کاهش pH قابل توجه نبود که این نتایج نیز با نتایج حاضر مطابقت دارد.

در مطالعه Pidou et al. (2008) کدورت آب خاکستری دوش حمام از مقدار ۴۶/۶ NTU به مقدار ۴/۲۸ NTU و ۵/۲ NTU (۹۰/۸۲ درصد و ۸۸/۸۴ درصد کاهش) با استفاده از آلومینیوم سولفات و فریک سولفات به ترتیب کاهش یافت که تقریباً مشابه نتایج جارتست پژوهش حاضر است. مقایسه بین مقادیر مورد نیاز منعقد کننده‌ها نشان می‌دهد که برای رسیدن به درصد حذف یکسان مقدار گرم فریک سولفات بیشتری نسبت به آلومینیوم سولفات نیاز است که این نتیجه نیز مطابق نتیجه کار حاضر است. برای آب خاکستری دوش حمام، BOD از مقدار ۲۰۵ میلی گرم بر لیتر به مقادیر ۲۳ و ۳۰ میلی گرم بر لیتر (درصد کاهش ۸۸/۲۸ و ۸۵/۳۷) و COD از مقدار ۷۹۱ میلی گرم بر لیتر به مقادیر ۲۸۷ و ۲۸۸ میلی گرم بر لیتر (درصد کاهش ۶۳/۷۳ و ۶۳/۵۹)، به ترتیب با استفاده از آلومینیوم سولفات و سولفات آهن (III) کاهش یافت. در تحقیق حاضر میزان حذف COD توسط آلومینیوم سولفات ۶۷ درصد بود که بسیار مشابه مطالعه Pidou et al. (2008) است. نیترات، نیتروژن کل و فسفر موجود در فسفات (PO_4-P) به ترتیب از مقادیر ۱۸، ۶/۷ و ۱/۶۶ میلی گرم بر لیتر به مقادیر ۵/۷، ۱۵/۷ و ۰/۰۹ (درصد کاهش ۱۴/۹۳، ۱۲/۷۸ و ۹۴/۵۸) با استفاده از منعقدکننده آلومینیوم سولفات کاهش یافتند. در حالی که با استفاده از سولفات آهن (III)، درصد کاهش نیترات، نیتروژن کل و فسفر موجود در فسفات به ترتیب ۸/۹۶، ۰/۵۶ و ۹۶/۳۹ بود. میزان کاهش نیترات با آلومینیوم سولفات در پروژه حاضر بسیار بیشتر (۷۵ درصد) بوده ولی میزان حذف فسفات تقریباً مشابه (۹۱/۳) است (Pidou et al., 2008).

در مطالعه Kariuki et al. (2011) با زمان ته‌نشینی ۸ ساعت، pH آب خاکستری آشپزخانه از مقدار ۹/۳۴ به مقدار ۶/۵ کاهش یافت. pH در اثر عبور دادن از فیلتر با اندازه حفرات ۰/۴۵ میلی متر و ضدعفونی با سدیم هیپوکلریت (NaOCl) و آب‌لیمو به ترتیب به مقادیر ۵/۹۲ و ۶/۵ کاهش یافت. همچنین pH آب خاکستری ماشین لباسشویی از مقدار ۶/۷۹ به مقدار ۵/۸۸ کاهش یافت. در پروژه حاضر از مقدار میانگین ۹/۵ به

مقدار میانگین ۷/۵ کاهش یافت که مقدار کاهش pH در مطالعه Kariuki et al. (2011) و کار حاضر بسیار مشابه بود. pH در اثر عبور دادن از فیلتر با اندازه حفرات ۰/۴۵ میلی متر و ضدعفونی با سدیم هیپوکلریت (NaOCl) و آب‌لیمو به ترتیب به مقادیر ۶/۳ و ۶/۵ تغییر یافت. هدایت الکتریکی برای آب خاکستری آشپزخانه از مقدار ۱۹۵ mS/m به مقدار ۱۹۶/۷ mS/m و برای آب خاکستری ماشین لباسشویی از مقدار ۶/۳۲ mS/m به مقدار ۵/۴۹ mS/m افزایش کمی یافت. ولی در تحقیق حاضر، مقدار هدایت الکتریکی کاهش خیلی کمی داشت (از مقدار ۲۲۶ mS/m به مقدار ۲۲۲ mS/m کاهش یافت) که در کل می‌توان گفت در هر دو مطالعه، هدایت الکتریکی تغییر چندانی نکرده است (Kariuki et al., 2011).

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، پتانسیل سیستم فیزیکی - شیمیایی (انعقاد و لخته‌سازی و ته‌نشینی) برای تصفیه آب خاکستری ماشین لباسشویی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایش جار تست با ۴ منعقد کننده معدنی، آلومینیوم سولفات، فریک سولفات، فریک کلرید و فروسولفات، نشان می‌دهد که آلومینیوم سولفات با کمترین مقدار مصرف نسبت به بقیه (۳۴۸/۷ mg/L) دارای بالاترین درصد حذف کدورت (۹۸/۵) است. پس از آلومینیوم سولفات به‌عنوان منعقدکننده در تانک ته‌نشینی پایلوت آزمایشگاهی استفاده شد. انعقاد باعث حذف بسیار بالا و نزدیک به ۱۰۰ درصد کدورت و کل مواد جامد معلق (۹۸/۵ و ۹۵ درصد) شد. میزان حذف فسفات، نیترات، نیتريت، سورفکتانت آنیونی و COD توسط انعقاد به ترتیب ۹۱/۳، ۷۵، ۸۳/۵، ۶۷ و ۶۹ درصد بود که بسیار قابل توجه است. در این پروژه، حذف آمونیاک، هدایت الکتریکی و TDS مشاهده نشد. همچنین انعقاد باعث کاهش ۲۱ درصدی pH می‌شود. البته بحث دست‌یابی به یک سیستم کارآمد تصفیه خانگی که قابل نصب در ماشین‌های لباسشویی منازل باشد و استفاده از پساب تصفیه شده در مصارف خانگی، دارای محدودیت‌هایی است که تحقیقات دامنه‌دارتری را می‌طلبد. نتیجه‌گیری دیگری که از این پژوهش می‌توان داشت، تفاوت کمی و کیفی آب خاکستری شکل گرفته در فازهای مختلف شست و شو توسط ماشین لباسشویی است که در صورت امکان تفکیک پساب

ment in low and middle income countries, review of different treatment systems for households or neighborhoods”, Sandec Report No. 14/06.

Pidou, M., Avery, L., Stephenson, T., Jeffrey, P., Parsons, S.A., Liu, S., Memon, F.A., and Jefferson, B., (2008), “Chemical solutions for greywater recycling”, *Chemosphere*, 71(1), 147-155.

Rezaei, M. and Sarrafzadeh, M.H., (2017), “An overview of the properties and methods of gray water recovery”, *Journal of Environmental Science and Technology (JEST)*, In Press.

Sostar-Turk, S., Petrinić, I. and Simonič, M., (2005), “Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration”, *Resources, Conservation and Recycling*, 44(2), 185-196.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (2016), <http://bit.ly/2jLHWvM>, 5 Sep 2016.

مراحل مختلف شستشو، کارآمدی روش تصفیه افزایش می‌یابد.
این مسئله، موضوع بررسی‌های آتی خواهد بود.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- Chemical Oxygen Demand
- 2- Total Suspended Solids
- 3- Total Dissolved Solids
- 4- Electrical Conductivity
- 5- Turbidity
- 6- Nitrate
- 7- Nitrite
- 8- Ammonia
- 9- Phosphate
- 10- Anionic Surfactant
- 11- Wash
- 12- Rinse
- 13- Spin

۶- مراجع

- Bani-Melhem, KH., Al-Qodah, Z., Al-Shannag, M., Qasaimeh, A., Rasool Qtaishat, M., and Alkasrawi, M., (2015), “On the performance of real grey water treatment using a submerged membrane bioreactor system”, *Journal of Membrane Science*, 476, 40-49.
- EPA, (2000), *Technical development document for the final action regarding pretreatment standards for the industrial laundries point source*, category no. 821-R-00-006, Washington, DC, USA, Environmental Protection Agency [Chapter 6].
- Ghaitidak, D.M., and Kunwar, D.Y., (2013), “Characteristics and treatment of greywater, A review”, *Environmental Science and Pollution Research*, 20(5), 2795-2809.
- Kariuki, F.W., Kotu, K., and Nganga, V.G., (2011), “The potential of a low cost technology for the greywater treatment”, *The Open Environmental Engineering Journal*, 7(4), 32-39.
- Morel, A., (2013), “Greywater treatment on household level in developing countries- a state of the art review”, *Environmental Science and Pollution Research*, 20(5), 2795-2809.
- Morel, A., and Diener, S., (2006), “Greywater manage-

Biological Removal of Nitrate from Drinking Water in Anoxic Bioreactor–Membrane Bioreactor Hybrid System

Faezeh Yadegari¹, Elham Abdollahzadeh Sharghi^{2*} and Mehrdad Adl³

1- MSc Graduate in Renewable Energies Engineering, Materials and Energy Research Center, Karadj, Iran.

2- Assistant Professor, Environment and Energy Group, Department of Energy, Materials and Energy Research Center, Karadj, Iran.

3- Assistant Professor, Conversion and Storage of Energy Group, Department of Energy, Materials and Energy Research Center, Karadj, Iran.

* Corresponding Author, Email: e.abdollahzadeh@merc.ac.ir

Received: 5/6/2017

Revised: 18/10/2017

Accepted: 20/10/2017

Abstract

The main aim of the present study was evaluating the performance of a biological hybrid system comprising anoxic bioreactor and aerobic membrane bioreactor (MBR) with immersed micro-filter membrane for the nitrate removal from drinking water during 34 days of operation. Operational conditions were constant hydraulic retention time equal to 17 h and 36 h for anoxic bioreactor and MBR, respectively, influent nitrate-N concentration of 33.9 mg NO₃-N/L, and C/N ratio equal to 2. The results demonstrated that nitrate removal efficiency in anoxic bioreactor was in the range of 73-97%. The effluent nitrite-N concentration from the hybrid system was in the range of 0.01-0.02 mg NO₂-N/L. Both nitrate and nitrite concentrations in the effluent of system were always below the World Health Organization (WHO) limit. The effluent chemical oxygen demand (COD) of the hybrid system was always less than 15 mg/L and COD removal efficiency of the system was 92.8±0.1%. The effluent turbidity was also less than 2 NTU that represented membrane efficacy in preventing microbial mixture washout. The results of this research show that hybrid biological system of anoxic bioreactor-MBR has a very good potential for removing nitrate from drinking water.

Keywords: Anoxic bioreactor, Biological denitrification, Drinking water, Nitrate, Nitrite, Membrane bioreactor.

حذف بیولوژیکی نیترات از آب آشامیدنی در سیستم هیبریدی بیوراکتور آنوکسیک-بیوراکتور غشایی

فایزه یادگاری^۱، الهام عبدالله زاده شرقی^{۲*} و مهرداد عدل^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهش‌گاه مواد و انرژی، کرج، ایران.

۲- استادیار، گروه محیط زیست، پژوهشگاه انرژی، پژوهش‌گاه مواد و انرژی، کرج، ایران.

۳- استادیار، گروه تبدیل و ذخیره انرژی، پژوهشگاه انرژی، پژوهش‌گاه مواد و انرژی، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: e.abdollahzadeh@merc.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۰

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۹

چکیده

هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی عملکرد سیستم بیولوژیکی ترکیبی بیوراکتور آنوکسیک-بیوراکتور غشایی (MBR) هوازی با غشای غوطه‌ور میکروفیلتر برای حذف نیترات از آب آشامیدنی در طول مدت ۳۴ روز عملیات بود. شرایط عملیاتی زمان ماند هیدرولیکی ثابت ۱۷ و ۳۶ ساعت به ترتیب، برای بیوراکتور آنوکسیک و MBR و غلظت نیتروژن نیترات و نسبت کربن به نیتروژن ورودی به ترتیب ۳۳/۹ و ۲ mg NO₃-N/L بود. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که درصد حذف نیترات در بیوراکتور آنوکسیک در محدوده ۷۳-۹۷٪ بود. غلظت نیتروژن نیتريت در خروجی سیستم ترکیبی نیز در محدوده ۰/۰۱-۰/۰۲ mg/L بود. غلظت نیترات و نیتريت در خروجی سیستم همواره کمتر از مقدار مجاز سازمان بهداشت جهانی بود. COD خروجی از سیستم ترکیبی همواره کمتر از ۱۵ mg/L و درصد حذف COD سیستم ۹۲/۸±۰/۱٪ به دست آمد. همچنین کدورت خروجی سیستم همواره کمتر از ۲ NTU بود که نشان دهنده نقش موثر غشا در جلوگیری از خروج مخلوط میکروبی از سیستم بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که سیستم بیولوژیکی هیبریدی بیوراکتور آنوکسیک-MBR دارای پتانسیل بسیار خوبی در حذف نیترات از آب آشامیدنی است.

کلمات کلیدی: بیوراکتور غشایی، بیوراکتور آنوکسیک، نیترات زدایی بیولوژیکی، آب آشامیدنی، نیترات، نیتريت.

نیترازدایی بیولوژیکی آب آشامیدنی در اروپا از سال ۱۸۰۴ رواج دارد و سیستم‌هایی از این‌دست اخیراً در مقیاس بزرگ در کشورهایی همچون فرانسه، آلمان، استرالیا، لهستان، ایتالیا و بریتانیا احداث شده‌اند (Lenntech, 2009). تصفیه بیولوژیکی نیترات به دو صورت در محل و خارج از آن استفاده می‌شود. تصفیه بیولوژیکی در محل شامل تزریق سوبسترا به سفره‌های آب زیرزمینی و دنیتریفیکاسیون در آن است. یک مزیت مهم این روش دمای پایدار در عمق زمین است که در نواحی با اقلیم سرد بسیار مناسب است. سرعت پایین دنیتریفیکاسیون، احتمال گرفتگی و توزیع ناهمگون سوبسترا از جمله نقاط ضعف این روش است. در نتیجه دنیتریفیکاسیون در محل تنها در شرایط خاص زمین‌شناسی ممکن است. دنیتریفیکاسیون خارج از محل شامل استخراج آب و دنیتریفیکاسیون آن در بیوراکتورهای رشد چسبیده و یا رشد معلق است (Rezvani et al., 2017). سیستم‌های بکار رفته در تصفیه بیولوژیکی نیترات شامل راکتورهای بستر سیال، راکتورهای بستر ثابت و راکتور غشایی بیوفیلیم^۶ بوده است. در راکتورهای رشد چسبیده میکروارگانیسم‌ها به واسطه‌های بی‌اثر متصل می‌شوند و این واسطه‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که حداکثر سطح ممکن برای توسعه بیوفیلیم را در اختیار قرار دهند. از جمله معایب این راکتورها احتمال گرفتگی، کانال‌زنی، جدا شدن بیوفیلیم از آن در اثر شوک‌های احتمالی، و نیاز به تصفیه نهایی است. دنیتریفیکاسیون با رشد معلق شامل حذف بیولوژیکی نیترات در بیوراکتورهایی با توده میکروبی معلق است که دارای مزایایی چون سطح تماس و در نتیجه سرعت دنیتریفیکاسیون بالا و نبود مشکلات مربوط به کانال‌زنی و گرفتگی است (Rezvani et al., 2017). حذف بیولوژیکی نیترات از آب آشامیدنی توسط باکتری‌های نیترازدا با کاهش نیترات به گاز نیتروژن در غیاب اکسیژن (شرایط آنوکسیک) و در حضور سوبسترا و ماده مغذی صورت می‌گیرد. باکتری‌های اتوتروفیک از سولفور یا هیدروژن به عنوان عامل الکترون‌دهنده و از منبع کربن معدنی (معمولاً کربن‌دی‌اکسید) برای رشد بهره می‌برند، در حالی که باکتری‌های هتروتروفیک از منبع کربنی آلی نظیر الکل‌ها (مانند متانول و اتانول) و اسیدهای چرب فرار (مانند استیک اسید) به عنوان سوبسترا استفاده می‌کنند (Mohseni-Bandpi et al., 2013). Sahinkaya et al. (2015) با استفاده از یک بیوراکتور غشایی و با استفاده از میکروارگانیسم‌های اتوتروفیک و گوگرد

امروزه با رشد روز افزون جمعیت در شهرهای بزرگ آلودگی آب آشامیدنی رو به افزایش است و یکی از معضلات مهم منابع آب شرب، غلظت بیش از حد نیترات در آن‌ها است. دفع نادرست فاضلاب‌های شهری، استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، استفاده از آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها از جمله دلایل اصلی آلودگی آب آشامیدنی انسان‌ها هستند. نگرانی بزرگ در ارتباط با وجود نیترات در آب آشامیدنی خطر ابتلا به متهموگلوبین^۱ و یا سندرم کودکان آبی است (Ravnjak et al., 2013a; Nuhoglu et al., 2002). حداکثر غلظت مجاز نیتروژن نیترات در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و اتحادیه اروپا (EU) برابر $11/3 \text{ mg NO}_3\text{-N/L}$ (معادل $44/2 \text{ mg NO}_3\text{-N/L}$) و $50 \text{ mg NO}_3\text{-N/L}$ (معادل $44/2 \text{ mg NO}_3\text{-N/L}$) به ترتیب گزارش شده است. همچنین حد مجاز نیتروژن نیتريت در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی و اتحادیه اروپا به ترتیب برابر $1 \text{ mg NO}_2\text{-N/L}$ (معادل $3/28 \text{ mg NO}_2\text{-N/L}$) و $0/15 \text{ mg NO}_2\text{-N/L}$ (معادل $0/5 \text{ mg NO}_2\text{-N/L}$) گزارش شده است (McAdam and Judd, 2006). از آنجایی که نیترات در آب به صورت محلول وجود دارد روش‌های معمول تصفیه آب قادر به حذف آن نیستند و مشکل تولید پیوسته نیترات و انتشار آن به آب‌های زیرزمینی را سبب می‌شود. بنابراین دست یافتن به روش مناسب، اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست برای حذف نیترات از منابع آب از مهم‌ترین مسائلی است که باید به آن پرداخته شود. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا^۱ تنها روش‌های تعویض یونی^۲، اسمز معکوس^۴ و الکترودیالیز معکوس^۵ را به عنوان روش‌های پذیرفته شده برای تصفیه آب آشامیدنی از نیترات نام برده است. در این روش‌ها، نیترات به یک جریان ثانویه منتقل می‌شود و دفع این جریان ثانویه و یا مدیریت مناسب آن مشکل و هزینه‌بر است در نتیجه کاربرد پایدار این فناوری‌ها محدود است (McAdam and Judd, 2006; Jensen, 2012).

تجربیات اخیر نشان می‌دهد، نیترازدایی بیولوژیکی می‌تواند به‌طور مفید و موثری در حذف نیترات از آب شرب مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین ساختارهای متنوعی از آن برای نیترازدایی آب شرب مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و روش‌های نوینی در این مهم به کار گرفته شده است.

عنصری به عنوان منبع انرژی، موفق به حذف تقریباً کامل $\text{mg NO}_3\text{-N/L}$ ۲۵-۵۰ در زمان ماند هیدرولیکی^۷ بین ۵ تا ۲۰ ساعت شدند. با این وجود، باکتری‌های اتوتروفیک سرعت رشد پایینی دارند و در مقایسه با باکتری‌های هتروتروفیک به زمان ماند بالاتر و بیوراکتورهای بزرگتری نیاز دارند. بنابراین در عمل استفاده از میکروارگانیسم‌های هتروتروفیک برای حذف نیتрат کاربرد گسترده‌تری دارد (Sharma et al., 2012). مسئله مهم در ارتباط با کاربرد حذف بیولوژیکی نیترات از آب آشامیدنی، نیاز به تصفیه نهایی برای حذف بیومس و باقیمانده کربن آلی می‌باشد و همچنین با توجه به حساسیت به شرایط محیطی ممکن است حذف نیترات به‌طور کامل صورت نگیرد (Kapoor and Viraraghavan, 1997).

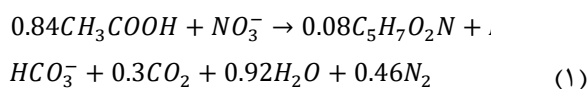
همراه شدن تکنولوژی غشایی با سیستم بیولوژیکی سنتی باعث کاهش و یا حذف تصفیه نهایی و جلوگیری از خروج میکروارگانیسم‌ها از سیستم بیولوژیکی می‌شود. بنابراین استفاده از یک سیستم بیولوژیکی دومرحله‌ای انوکسیک-هوازی همراه شده با غشاء در مرحله هوازی می‌تواند مشکلات مربوط به واحد ته‌نشینی سیستم‌های بیولوژیکی سنتی حذف نیترات را حل کند (Ravnjak et al., 2013b). Shen et al. (2009) و همکاران یک سیستم ترکیبی بیوراکتور انوکسیک-بیوراکتور غشایی^۸ هوازی را برای تصفیه نیترات از پساب‌هایی با غلظت بسیار بالای نیتروژن نیترات ($\text{mg NO}_3\text{-N/L}$ ۳۶۰۰) به کار بردند. شرایط عملیاتی بهینه در بیوراکتور غشایی انوکسیک-هوازی شامل pH برابر با ۷/۵-۸/۵، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) برابر با ۱/۵۶ برای منبع کربن سدیم‌استات و زمان ماند هیدرولیکی برابر با ۳۰ ساعت بود که با این شرایط میزان حذف نیترات بالای ۹۹/۹٪ و تجمع نیتريت هم صفر بود. Buttiglieri et al. (2005) امکان استفاده از یک بیوراکتور انوکسیک-بیوراکتور MBR هوازی با غشای غوطه‌ور اولترافیلتراسیون^۹ را برای تصفیه نیترات از آب‌های زیرزمینی بررسی کردند. زمان ماند هیدرولیکی در این بیوراکتور بین ۱۹-۳۷ ساعت متغیر بود. میزان غلظت اکسیژن‌خواهی شیمیایی^{۱۰} در آب خروجی از غشا همواره کمتر از ۱۰ mg/L و در بیشتر مواقع کمتر از ۲ mg/L بود. مقدار بهینه C/N برای منبع کربن اتانول برابر با ۲/۲ و میزان نیتروژن نیترات در آب تصفیه شده خروجی کمتر از ۱۰ $\text{mg NO}_3\text{-N/L}$ بود. Nuhoglu et al. (2002) عملکرد بیوراکتور انوکسیک با غشای خارجی الیاف توخالی را برای حذف نیترات

از آب بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان جامدات معلق میکروبی (MLSS) و نیتريت در جریان خروجی و تصفیه شده زیر مقادیر مجاز بود. میزان بهینه C/N برابر ۲/۲ برای منبع کربن اتانول به‌دست آمد و سیستم توانایی حذف نیترات تا ۹۸/۵٪ را داشت. (Zheng et al., 2014) با استفاده از شبیه‌سازی ناپیوسته یک بیوراکتور غشایی با دنیتريفیکاسیون اولیه به نرخ ویژه حذف نیتراتی برابر با ۱۰/۵۲ mg N/g VSS h رسیدند.

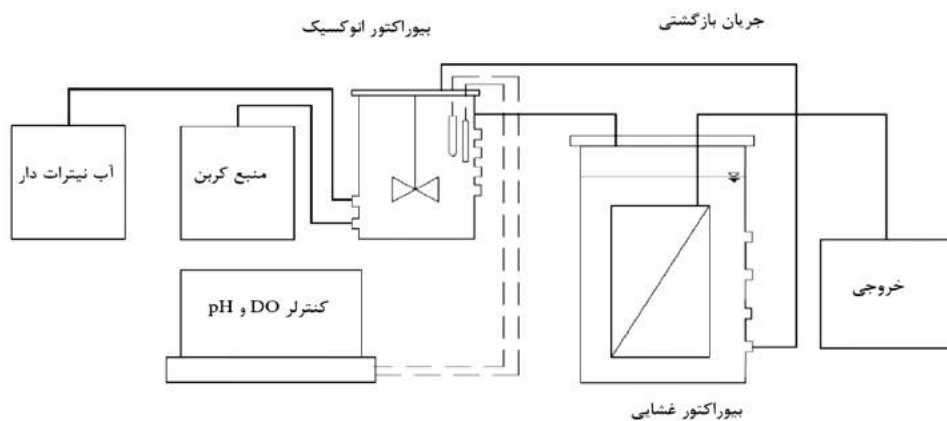
هدف از انجام این مطالعه بررسی حذف نیترات از آب چاه سنتزی نیترات‌دار با استفاده از روش بیولوژیکی به‌عنوان راه‌حلی پایدار است. در این مطالعه عملکرد بیوراکتور غشایی دومرحله‌ای با هدف حذف نیترات در مرحله انوکسیک و حذف باقی‌مانده منبع کربن و نیتريت احتمالی تشکیل شده از مرحله انوکسیک در مرحله هوازی بررسی می‌شود. همچنین حذف نیترات با استفاده از استیک اسید به‌عنوان منبع کربنی با راندمان و قدرت بافری بالا مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در ادامه به نقش MBR در فرایند دنیتريفیکاسیون و اثر زمان ماند در بیوراکتور غشایی بر روی راندمان کل فرایند به تفصیل پرداخته خواهد شد.

۲- مواد و روش‌ها

دی‌اگرام شماتیک از سیستم آزمایشگاهی به کار برده شده در تحقیق حاضر در شکل ۱ آورده شده است. غشاء مورد استفاده محصول شرکت Kubota ژاپن و از نوع صفحه‌ای تخت، با سطح مقطع 0.1 m^2 و اندازه حفره‌ها کمتر از $0.4 \mu\text{m}$ بود. آب سنتزی ورودی حاوی غلظت نیتروژن نیترات $33/9 \text{ mg NO}_3\text{-N/L}$ بود. اسید استیک به‌عنوان منبع کربن با نسبت $\text{C/N}=2$ به خوراک اضافه شد. به‌صورت تئوری و طبق رابطه (۱) $4/1$ گرم استیک اسید برای کاهش یک گرم $\text{NO}_3\text{-N}$ مورد نیاز است که برابر با $\text{C/N} = 1/5$ است (Mohseni-Bandpi et al., 2013).



برای جلوگیری از کمبود احتمالی منبع کربن و حذف ناقص نیترات و تولید و تجمع ترکیبات میانی نامطلوب مانند نیتريت، در این مطالعه C/N به کار برده شده بیشتر از مقدار استوکیومتری و برابر با ۲ در نظر گرفته شد.



شکل ۱- دیاگرام شماتیک سیستم به کار رفته در تحقیق حاضر

کدورت سنج Aqua Lytic مدل AL450T-IR ساخت آلمان استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

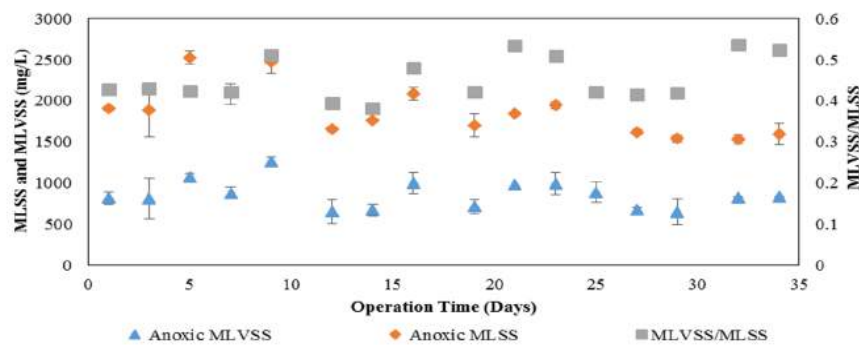
۳-۱- بررسی تغییرات MLSS و MLVSS

شکل های ۲ و ۳ تغییرات MLSS، MLVSS و مقدار متوسط نسبت MLVSS/MLSS در طول ۳۴ روز عملیات سیستم MBR را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، غلظت MLSS و MLVSS در ابتدا با گذشت زمان، کاهش یافته و سپس به حالت یکنواخت رسیده است. دلیل کاهش اولیه MLSS و MLVSS، کمتر بودن سرعت رشد میکروارگانیسم ها از سرعت خروج روزانه توده زیستی (برای ثابت نگه داشتن زمان ماند میکروبی^{۱۳}) بوده است. نتایج این دو شکل نشان می دهد که برای بیوراکتور انوکسیک غلظت MLVSS بعد از ۲۵ روز پایدار شده است.

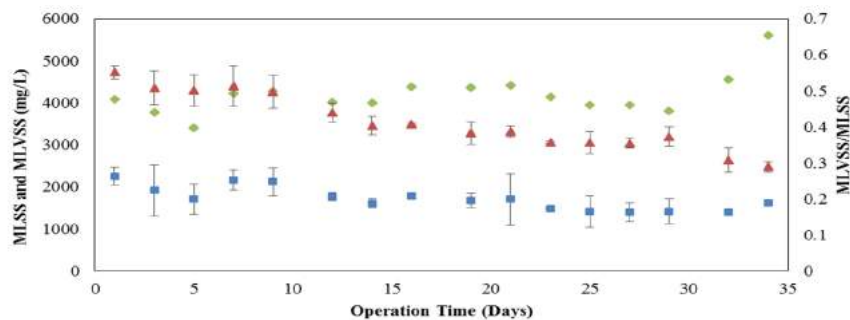
با توجه به شکل ۲ و در طول ۳۴ روز عملیات بیوراکتور انوکسیک، مقدار متوسط MLSS و MLVSS به ترتیب از 31 ± 602 و 76 ± 818 mg/L به 37 ± 1158 و 52 ± 602 mg/L رسیده است. با توجه به شکل ۳ MBR در طول عملیات بعد از ۲۳ روز، از لحاظ MLSS به شرایط پایدار رسیده است. در طول ۳۴ روز عملیات MBR مقدار متوسط MLSS و MLVSS به ترتیب از 150 ± 4730 و 206 ± 2260 mg/L در روز اول به 127 ± 2472 و $4 \pm 258/1481$ mg/L در روز ۳۴ رسید. مقادیر متوسط نسبت MLVSS/MLSS در طول عملیات بیوراکتور انوکسیک و MBR تقریباً ثابت بوده و مقدار متوسط آن به ترتیب 0.06 ± 0.45 و 0.05 ± 0.48 بوده است. با توجه

با توجه به منابع از KH_2PO_4 به عنوان منبع فسفر و با نسبت $\text{P/N} = 0.3$ استفاده شد (Buttiglieri et al., 2005). فسفر تنها برای تامین نیاز میکروارگانیسم ها افزوده شد. به منظور آماده کردن حجم و غلظت کافی مایه تلقیح برای آزمایشات، مخلوط میکروبی از واحد لجن فعال تصفیه خانه فاضلاب کارخانه روغن نباتی کوروش گرفته شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، عملیات سازگاری به مدت یک ماه درون ظرف های پلی اتیلن ترفتالات ۱۰ لیتری انجام شد. از مخلوط میکروبی ته نشین شده در انتهای عملیات ناپیوسته به عنوان مایه تلقیح برای راه اندازی سیستم استفاده شد. pH و دمای داخل سیستم در طول زمان آزمایشات در حدود $5/7$ و 25 درجه سانتیگراد ثابت نگه داشته شد. در زمان راه اندازی بیوراکتور مقدار MLSS بیوراکتور انوکسیک و غشایی به ترتیب حدود 2000 mg/L و 4000 mg/L بود. شرایط عملیاتی، زمان ماند میکروبی (SRT) ثابت ۱۱۰ روز برای بیوراکتور انوکسیک و ۲۲۰ روز برای MBR و HRT ثابت ۱۷ ساعت برای بیوراکتور انوکسیک و ۳۶ ساعت برای MBR بود.

غلظت جامدات معلق میکروبی^{۱۱} (روش 2540 D)، جامدات معلق فرار^{۱۲} (روش 2540 E) و نیترات (روش $4500 \text{ NO}_3\text{-B}$) براساس روش استاندارد APHA (2005) اندازه گیری شد. برای تعیین میزان نیتريت از تست کیت های شرکت مرک و براساس روش $4500\text{-NO}_2\text{-B}$ APHA استفاده شد (APHA, 2005). برای سنجش COD از روش (Freire et al. 2001) که روش اصلاح شده کالری متری رفلاکس بسته براساس روش D220 استاندارد APHA است، استفاده شد. تمامی آزمایش ها با سه بار تکرار انجام شد. برای سنجش کدورت از دستگاه



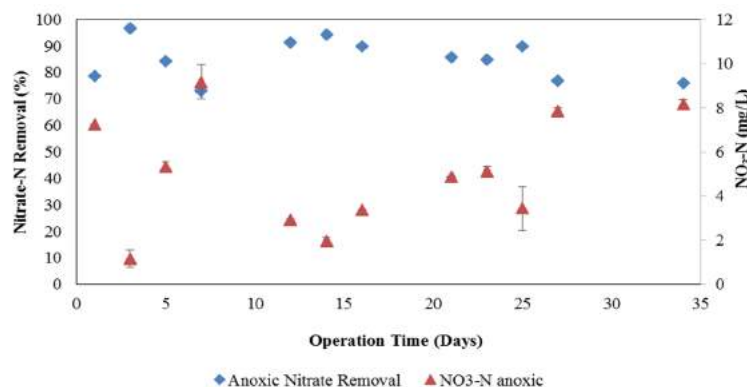
شکل ۲- تغییرات MLSS، MLVSS و نسبت آن‌ها در بیوراکتور انوکسیک طی ۳۴ روز عملیات



شکل ۳- تغییرات MLSS، MLVSS و نسبت آن‌ها در MBR طی ۳۴ روز عملیات

برمی‌گردد، در حالی که MLSS به محتوای آلی و غیرآلی مایع درون راکتور نسبت داده می‌شود (Abdollahzadeh Sharghi and Bonakdarpour, 2013). نسبت پایین MLVSS/MLSS به دلیل استفاده از مواد منعقدکننده در مرحله تصفیه مقدماتی در تصفیه خانه کارخانه روغن نباتی کوروش و در نتیجه غلظت بالای مواد معدنی در مخلوط میکروبی وارد شده به راکتور بوده است (Chipasa, 2001).

به ثابت بودن نسبت MLVSS/MLSS در طول عملیات در هر دو راکتور، هیچ‌گونه تجمع مواد غیر آلی درون راکتور انوکسیک و MBR رخ نداده است. مواد غیرآلی بخشی از فلاک‌های میکروبی هستند که تاثیری در حذف آلاینده‌های موجود در پساب ندارند و بخش فعال و موثر، بخش آلی فلاک‌های میکروبی است که با اندازه‌گیری MLVSS مشخص می‌شود. در مطالعات MBR غلظت MLVSS به ترکیبات آلی جذب شده بر روی فلوک‌های باکتریایی و همچنین غلظت توده زیستی



شکل ۴- تغییرات غلظت نیترات و درصد حذف نیترات در خروجی بیوراکتور انوکسیک با غلظت اولیه $33/9 \text{ mg NO}_3\text{-N/L}$ در طول ۳۴ روز عملیات

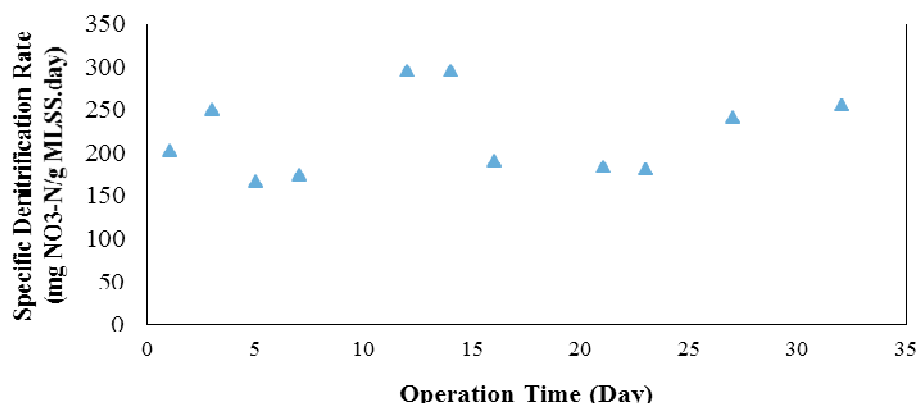
۳-۲- بررسی عملکرد سیستم ترکیبی انوکسیک - MBR در حذف نیترات

در شکل ۴ غلظت نیتروژن نیترات در خروجی بیوراکتور انوکسیک و درصد حذف نیتروژن نیترات در طول ۳۴ روز عملیات سیستم مشخص شده است. با توجه به نمودار درصد حذف نیتروژن نیترات در محدوده ۷۳ تا ۹۷ درصد بسته به پایدار بودن شرایط عملیاتی بیوراکتور انوکسیک متغیر بوده است. در طول ۳۴ روز عملیات سیستم، خروجی بیوراکتور انوکسیک همواره زیر حد مجاز اعلام شده توسط WHO بوده است. افت راندمان کمی که از شروع عملیات با گذر زمان مشاهده می‌شود به دلیل کاهش غلظت MLSS موجود و بروز مشکلات عملیاتی در بیوراکتور انوکسیک بود. McAdam and Judd (2006) با استفاده از یک بیوراکتور غشایی انوکسیک تک‌محفظه‌ای و استفاده از اتانول به عنوان منبع کربن غیرسمی و ارزان و HRT برابر ۵/۷۵ ساعت نشان دادند که این سیستم می‌تواند نیترات را در خروجی تا ۹۲٪ کاهش دهد. در مطالعه‌ای دیگر Nuhoglu et al. (2002) و همکاران گزارش کردند که ترکیب سیستم بیوراکتور انوکسیک و غشای خارجی قادر است نیترات موجود در آب با غلظت اولیه $220 \text{ mg NO}_3 / \text{L}$ را در خروجی به کمتر از $4 \text{ mg NO}_3 / \text{L}$ برساند و راندمان این سیستم تا ۹۸٪ هم گزارش شده است. در مطالعه‌ای دیگر تاثیر افزایش نسبت COD/NH_3 و افزایش MLSS در فرایند نیتریفیکاسیون-دنیتریفیکاسیون هم‌زمان^{۱۴}، با استفاده از پساب سنتزی بررسی شد. نتایج نشان داد با افزایش نسبت COD/NH_3 از ۲ به ۲۰ تقریباً ۹۰٪ نیتروژن ورودی حذف شد و میزان نیتروژن کل باقی‌مانده از تقریباً 10 mg/L به کمتر از 8 mg/L رسید. افزایش میزان MLSS از میزان 1 g/L به 1 g/L

۱۰، با تشکیل توده‌های درشت‌تر میکروبی، باعث افزایش میزان حذف نیتروژن کل شد و میزان نیتروژن کل باقی‌مانده از 10 mg/L به کمتر از 8 mg/L رسید (Rasoulikenari et al., 2009). شکل ۵ نرخ ویژه حذف نیترات را به ازای جمعیت میکروبی طبق فرمول برای بیوراکتور انوکسیک ارائه می‌دهد که در طول ۳۴ روز $\text{HRT} = 0.7 \text{ day}$ میانگینی برابر با $225 \pm 33 \text{ mg NO}_3\text{-N/g MLSS.day}$ داشته است. برای مشخص کردن میزان فعالیت میکروارگانیسم‌ها برای حذف نیترات و از بین بردن تاثیر غلظت توده میکروبی و زمان ماند و همچنین قابل مقایسه شدن نتایج با سایر مطالعات نرخ ویژه حذف نیترات به ازای جمعیت میکروبی محاسبه می‌شود. نتایج تحقیق حاضر همراستا با نتایج گزارش Nuhoglu et al. (2002) در سیستم بیوراکتور انوکسیک و غشای خارجی (نرخ ویژه حذف نیتروژن نیترات با شرایط عملیاتی $1/22-2 \text{ day}$ و $\text{HRT} = 239-41 \text{ mg NO}_3\text{-N/g MLSS.day}$ در محدوده) و همچنین نتایج Chang et al. (1993) در فرآیند بیولوژیکی غشایی (نرخ ویژه حذف نیتروژن نیترات با شرایط عملیاتی 1 h و $\text{HRT} = 268 \text{ mg NO}_3\text{-N/g MLSS.day}$ در حدود) بوده است.

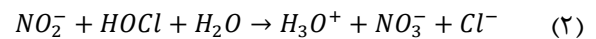
۳-۳- بررسی عملکرد سیستم ترکیبی انوکسیک - MBR در حذف نیتريت

نیتريت محصول جانبی، نامطلوب و سمی کاهش نیتريت است. تشکیل نیتريت نتیجه کمبود سوبسترا و کاهش ناقص نیتريت در مرحله انوکسیک است. این نیتريت اضافی با هوادهی و کلرزی مجدداً به نیتريت تبدیل



شکل ۵- تغییرات نرخ ویژه حذف نیتروژن نیترات در بیوراکتور انوکسیک به ازای جمعیت میکروبی در طول ۳۴ روز عملیات

می‌شود (McAdam and Judd, 2006). در مرحله کلرزی، هیپوکلریت با نیتريت واکنش داده و طبق رابطه (۲) نیتريت تبدیل به نیترات می‌شود (Diyamandoglu et al., 1990):

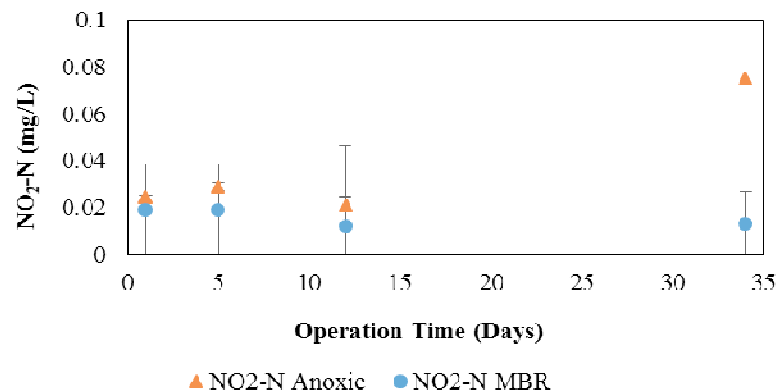


در شکل ۶ اثر MBR بر کاهش نیتروژن نیتريت توليدي در بیوراکتور انوکسیک نشان داده شده است. همان‌طور که در این نمودار دیده می‌شود نیتروژن نیتريت خروجی از بیوراکتور انوکسیک همواره کمتر از حد استاندارد اعلام شده توسط WHO و EU است. اعداد نشان داده شده برای نیتريت در خروجی MBR در بیشتر روزها پایین‌تر از بیوراکتور انوکسیک بوده و یا اختلاف بسیار کمی با آن داشته است که این موضوع نقش MBR هوازی را در کاهش نیتريت نشان می‌دهد (Buttiglieri et al., 2005). کمبود منبع کربن آلی و وجود اکسیژن بالا در MBR، شرایط مساعد برای فعالیت میکروارگانیسم‌های اتوتروف است. در صورت وجود منبع کربن آلی، به دلیل بالاتر بودن سرعت رشد میکروارگانیسم‌های هتروتروف، اکسیژن موجود در محیط برای حذف منبع کربن توسط آن‌ها مصرف شده و جمعیت غالب شامل میکروارگانیسم‌های هتروتروف می‌شوند.

تبدیل می‌شود. (Buttiglieri et al. (2005) مشاهده کردند که در یک سیستم ترکیبی انوکسیک و MBR هوازی با HRT بین ۱۹ تا ۳۷ ساعت و غلظت نیتروژن نیترات ورودی برابر با NO_3-N mg/L ۳۱/۶، نیتريت و نیتريت خروجی همواره کمتر از مقدار استاندارد بوده است.

۳-۴- بررسی عملکرد سیستم ترکیبی انوکسیک – MBR در حذف COD

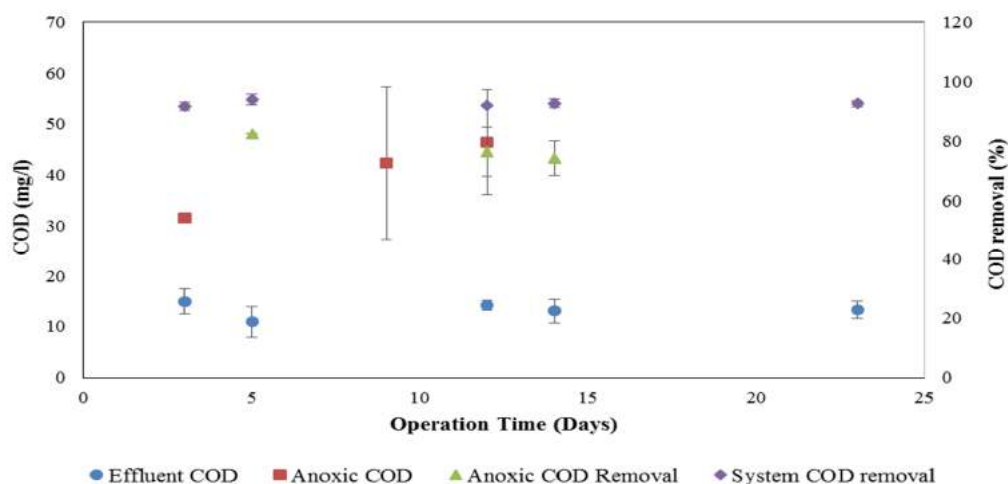
تغییرات غلظت COD و درصد حذف آن در خروجی بیوراکتور انوکسیک و MBR در طول عملیات سیستم در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود COD باقی‌مانده در خروجی بیوراکتور انوکسیک، در MBR حذف شده است. با توجه به شکل، COD خروجی از سیستم ترکیبی بیوراکتور انوکسیک-MBR همواره کمتر از ۱۵ mg/L و درصد حذف COD سیستم $92/8 \pm 0/1$ بود. در شرایط عملیاتی C/N کمتر به احتمال زیاد غلظت COD در خروجی زیر ۱۰ mg/L خواهد بود. نکته قابل توجه این است که میزان COD پایین و SRT طولانی در MBR از دلایل افزایش نیترات در این بیوراکتور و متعاقباً در بیوراکتور انوکسیک است (Ma et al., 2015).



شکل ۶- تغییرات غلظت نیتريت در خروجی بیوراکتور انوکسیک – MBR در طول ۳۴ روز عملیات

Ravnjak et al. (2013a) توسط سیستم ترکیبی انوکسیک و MBR بیوفیلمی و غلظت اولیه نیترات در محدوده NO_3-N mg/L ۱۵/۸-۳۳/۹ و اتانول با نسبت $C/N = ۷/۵-۲/۵$ ، توانستند COD باقی‌مانده در جریان خروجی از سیستم را تا سطح COD موجود در آب آشامیدنی کاهش دهند. Ergas and Rheinheimer (2004) با استفاده از سیستم MBR و غلظت

در صورت کمبود منبع کربن آلی، اکسیژن موجود توسط باکتری‌های اتوتروف مصرف شده و جمعیت غالب شامل میکروارگانیسم‌های اتوتروف می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها نیتريت تشکیل شده در مرحله انوکسیک را مجدداً به نیترات تبدیل می‌کنند و نیترات تولید شده توسط جریان بازگشتی به بیوراکتور انوکسیک منتقل شده و در آنجا به گاز نیتروژن



شکل ۷- تغییرات COD و درصد حذف COD در خروجی بیوراکتور انوکسیک و خروجی سیستم MBR در طول ۲۳ روز عملیات

استفاده از غشا صفحه تخت از جنس اتیلن کلرینه شده و سائز منافذ $0.4 \mu\text{m}$ توانستند میزان میکروب خروجی از سیستم را به 5500 CFU/mL کاهش دهند. (Shen et al. (2009) در تصفیه پساب با استفاده از بیوراکتور غشایی و استفاده از غشای الیاف توخالی با اندازه منافذ $0.2 \mu\text{m}$ میزان باکتری در جریان خروجی از سیستم را به $19/5 \text{ CFU/mL}$ و کدورت خروجی از سیستم را به کمتر از 1 NTU رساندند. Buttiglieri et al. (2005) مشاهده کردند که در یک سیستم ترکیبی انوکسیک و MBR هوازی و غشا با اندازه منافذ $0.2 \mu\text{m}$ درصد حذف E.Coli و کلیفرم کل، ۱۰۰ درصد بوده است.

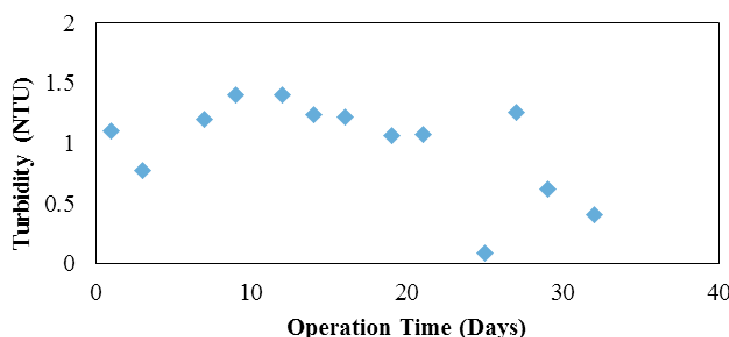
۴- نتیجه گیری

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که درصد حذف نیتروژن نیترات در

نیتروژن نیترات $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/L ۲۰۰ و منبع کربن متانول با بارگذاری برابر با $1/7 \text{ g.d}^{-1}$ حذف نیترات را بررسی کردند. با کاهش گام به گام متانول ورودی تا رسیدن به ۸۰٪ میزان استوکیومتری ($\text{CH}_3\text{OH/NO}_3\text{-N:2}$) میزان نیترات خروجی به $2/5 \text{ mg/L}$ رسید.

۳-۵- بررسی عملکرد سیستم ترکیبی انوکسیک - MBR در حذف کدورت

در شکل ۸ عملکرد MBR در حذف کدورت خروجی و تغییرات آن قابل مشاهده است. کدورت خروجی همواره کمتر از 2 NTU بوده است. با توجه به غلظت متوسط 3500 mg/L توده میکروبی در مرحله هوازی و کدورت خروجی سیستم می‌توان به نقش موثر غشا در جلوگیری از خروج مخلوط میکروبی از سیستم پی برد. (Ravnjak et al., (2013b



شکل ۸- تغییرات کدورت در جریان خروجی سیستم MBR در طول ۳۴ روز عملیات

- halophilic bacterial mixed liquor characteristics in a membrane bioreactor treating hypersaline produced water at varying organic loading rates", *Bioresource Technology*, 149, 486-495.
- Buttiglieri, G., Malpei, F., Daverio, E., Melchiori, M., Nieman, H., and Ligthart, J., (2005), "Denitrification of drinking water sources by advanced biological treatment using a membrane bioreactor", *Desalination*, 178(1), 211-218
- Chang, J., Manem, J., and Beaubien, A., (1993), "Membrane bioprocesses for the denitrification of drinking water supplies", *Journal of Membrane Science*, 80(1), 233-239.
- Chipasa, K.B., (2001), "Limits of physicochemical treatment of wastewater in the vegetable oil refining industry", *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(3), 141-148.
- Diyamandoglu, V., Marinas, B.J., and Selleck, R.E., (1990), "Stoichiometry and kinetics of the reaction of nitrite with free chlorine in aqueous solutions", *Environmental Science & Technology*, 24(11), 1711-1716.
- Ergas, S.J., and Rheinheimer, D.E., (2005), "Drinking water denitrification using a membrane bioreactor", *Water Research*, 38, 3225-3232.
- Freire, D.D.C., Commarota, M.C.C., and Santanna, G.L. Jr., (2001), "Biological treatment of oilfield produced water in a sequencing batch reactor", *Environmental Technology*, 22, 1125-1135.
- Jensen, V.B., Darby, J.L., Seidel, C., and Gorman, C., (2012), *Technical Report 6: Drinking water treatment for nitrate with a focus on Tulare Lake basin and Salinas Valley groundwater*, California Nitrate Project, Prepared for the California State Water Resources Control Board.
- Kapoor, A., and Viraraghavan, T., (1997), "Nitrate removal from drinking water, Review", *Journal of Environmental Engineering*, 123(4), 371-380.
- Lenntech Water Treatment and Purification Holding B.V., (2009), "History of water treatment", <http://www.lenntech.com/history-water-treatment.htm>.
- Ma, Z., Lei, T., Ji, X.S., Gao, X.L., and Gao, C.J., (2015), "Submerged membrane bioreactor for vegetable oil wastewater treatment", *Chemical Engineering Technology*, 38(1), 101-109.
- McAdam, E.J., and Judd, S.J., (2006), "A review of membrane bioreactor potential for nitrate removal from drinking water", *Desalination*, 196(1), 135-148.
- Mohseni-Bandpi, A., Elliott, D.J., and Zazouli, M.A., (2013), Biological nitrate removal processes from drinking water supply-a review", *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 11(1), 35.
- محدوده ۹۷-۷۳٪ بسته به پایدار بودن شرایط عملیاتی بیوراکتور انوکسیک متغیر بود و غلظت آن در خروجی بیوراکتور انوکسیک همواره زیر حد مجاز اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی بوده است. خروجی نیتروژن نیتريت سیستم نیز تقریباً ثابت و در محدوده ۰/۰۲ - ۰/۰۱ mg NO₃-N/L و کمتر از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی بود. COD خروجی از سیستم ترکیبی بیوراکتور انوکسیک-MBR همواره کمتر از ۱۵ mg/L و درصد حذف COD سیستم ۹۲/۸±۰/۱ بود. در شرایط عملیاتی C/N کمتر به احتمال زیاد غلظت COD در خروجی زیر ۱۰ mg/L خواهد بود. همچنین کدورت خروجی سیستم همواره کمتر از ۲ NTU بود که نشان دهنده نقش موثر غشا در جلوگیری از خروج مخلوط میکروبی از سیستم بود.
- ## ۵- پی‌نوشت‌ها
- 1- Methemoglobinemia
 - 2- United States Environmental Protection Agency (USEPA)
 - 3- Ion-exchange (IX)
 - 4- Reverse Osmosis (RO)
 - 5- Electrodialysis Reversal (EDR)
 - 6- Membrane Biofilm Reactor (MBfR)
 - 7- Hydraulic Retention Time (HRT)
 - 8- Membrane Bioreactor (MBR)
 - 9- Ultrafiltration (UF)
 - 10- Chemical Oxygen Demand (COD)
 - 11- Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)
 - 12- Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS)
 - 13- Sludge Retention Time (SRT)
 - 14- Simultaneous Nitrification-denitrification (SND)
- ## ۶- مراجع
- رسولی‌کناری، ح.، صراف‌زاده، م.ح.، و مهرنیا، م.، (۱۳۸۸). «بهینه‌سازی فرایند نیتراژده کردن و نیتريت‌زدایی هم‌زمان با بررسی برخی فاکتورهای مهم بر آن»، *نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران*، ۲۸ (۲)، ۹۷-۱۰۱.
- APHA, A.W., (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, In: American Public Health Association, 18th Edition, Washington D.C.
- Abdollahzadeh Sharghi, E., and Bonakdarpour, B., (2013), "The study of organic removal efficiency and

- Nuhoglu, A., Pekdemir, T., Yildiz, E., Keskinler, B., and Akay, G., (2002), "Drinking water denitrification by a membrane bio-reactor", *Water Research*, 36 (5), 1155-1166.
- Ravnjak, M., Vrtovsek, J., and Pintar, A., (2013a), "Denitrification of drinking water in a two-stage biofilm membrane bioreactor", *Desalination and Water Treatment*, 51, 5402-5408.
- Ravnjak, M., Vrtovsek, J., and Pintar, A., (2013b), "Denitrification of drinking water in a two-stage membrane bioreactor by using immobilized biomass", *Bioresource Technology*, 128, 804-808.
- Rezvani, F., Sarrafzadeh, M.H., Ebrahimi, S., and Oh, H.M., (2017), "Nitrate removal from drinking water with a focus on biological methods: A review", *Environmental Science and Pollution Research*, (in press).
- Sahinkaya, E., Yurtsever, A., Aktaş, Ö., Ucar, D., and Wang, Z., (2015), "Sulfur-based autotrophic denitrification of drinking water using a membrane bioreactor", *Chemical Engineering Journal*, 268, 180-186.
- Shen, J., He, R., Han, W., Sun, X., Li, J., and Wang, L., (2009), "Biological denitrification of high-nitrate wastewater in a modified anoxic/oxic membrane bioreactor (A/O-MBR)", *Journal of Hazardous Materials*, 172, 595-600.
- Zheng, M., Liu, Y.C., and Wang, C.W., (2014), "Modeling of enhanced denitrification capacity with microbial storage product in MBR systems", *Separation and Purification Technology*, 126, 1-6.

Controlling the Negative Pressure Caused by Water Hammer in Water Conveyance Pipe Lines Using Hydropneumatics Tank and Air Valves (A Case Study of Mehran City, Ilam Province)

Asrin Bahrami¹, Jaafar Mamizadeh^{2*}, Alireza Hoseini² and Hamidreza Lotfizadeh³

1- MSc Student in Hydraulic Structures, Ilam University, Ilam, Iran.

2- Assistant Professor, Water Engineering Group, Ilam University, Ilam, Iran.

3- Lecturer, Azad Islamic University, Ilam Branch, Ilam, Iran.

* Corresponding author, Email: j.mamizadeh@ilam.ac.ir

Received: 9/6/2017

Revised: 17/10/2017

Accepted: 21/10/2017

Abstract

Whenever and for any reason the velocity of fluid ceases in the transfer line or water distribution networks, pressure waves will form in the pipe lines, which can produce a pressure several times more than a pressure in the pump station and lead to a great deal of tension on network's components, which in turn will cause the water hammer phenomenon. Today, in every water transfer project, a detailed study on the water hammer phenomenon is essential, so that with a full recognition of this process's adverse effects, the adequate measures would be taken to deal with it. This study uses Water Hammer V8i software to analyze the water hammer of Mehran city's border terminal water conveyance pipe. The study was executed in 3 phases of simulation with protective equipment, without the protective equipment and with consultant's recommended equipment. The results indicate that in the phase without protective equipment, a great deal of negative pressure builds up along the water conveyance pipe line that needs to be controlled. In the next step, various combinations of hydropneumatics tank and air valves were suggested. The results of several simulations showed that a 2-square meter hydropneumatics tank and 3 fifty-millimeter air valves will be capable of controlling the negative pressure along the pipe line.

Keywords: Hydropneumatics tank, Water conveyance, Water hammer, Water Hammer V8i.

کنترل فشارهای منفی ناشی از ضربه قوچ در خطوط انتقال آب با ترکیب تانک ضربه‌گیر و شیر هوا (مطالعه موردی: شهرستان مهران، استان ایلام)

اسرین بهرامی^۱، جعفر مامی‌زاده^{۲*}، علیرضا حسینی^۲ و حمیدرضا لطفی‌زاده^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۳- مربی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام، ایلام، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: j.mamizadeh@ilam.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۹

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۹

چکیده

هرگاه در خطوط انتقال یا شبکه‌های توزیع آب، به هر دلیلی سرعت سیال به‌طور ناگهانی متوقف شود، امواج فشاری در لوله‌ها به‌وجود می‌آید. این امواج می‌توانند چندین برابر فشار کارکرد پمپ فشار تولید نموده و موجب به‌وجود آمدن تنش‌های زیادی در اجزای شبکه و بروز پدیده ضربه قوچ شوند. امروزه در کلیه طرح‌های انتقال آب، مطالعه دقیق ضربه قوچ یک امر لازم و ضروری است تا با شناخت کامل اثرات آن، برای کنترل اثرات سوء این فرآیند تمهیدات مناسب اتخاذ شود. در این تحقیق از نرم افزار Water Hammer V8i برای تحلیل ضربه قوچ خط انتقال آب پایانه مرزی شهرستان مهران استفاده شد. مطالعه حاضر در سه مرحله به‌صورت شبیه‌سازی بدون تجهیزات حفاظتی، با تجهیزات حفاظتی و تجهیزات پیشنهادی مشاور صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد در حالت بدون تجهیزات حفاظتی فشارهای منفی زیادی در طول خط انتقال به‌وجود آمده و باید کنترل شوند. در مرحله بعدی ترکیب‌های مختلف تانک ضربه‌گیر و شیر هوا پیشنهاد شد. نتایج شبیه‌سازی‌های متعدد نشان داد که تانک ضربه‌گیر ۲ مترمکعبی و ۳ عدد شیر هوای ۵۰ میلی‌متری قادر به کنترل فشارهای منفی در طول خط هستند.

کلمات کلیدی: ضربه قوچ، خط انتقال آب، تانک ضربه‌گیر، شیر هوا، Water Hammer V8i.

مطالعه ضربه قوچ شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد لرستان با استفاده از نرم‌افزار Water Hammer نشان داد که با کاهش سریع تقاضای آب و قطع جریان پمپ نوسانات فشاری ایجاد می‌شود که نتایج نامطلوبی از قبیل فشارهای مثبت بیش از اندازه بالا به وجود می‌آورد، بنابراین در این شبکه استفاده از روش‌های کنترل جریان میرای هیدرولیکی ناشی از ضربه قوچ به‌منظور کنترل این پدیده توصیه می‌شود (Hazeri et al., 2014).

در مطالعه پدیده ضربه قوچ ایستگاه پمپاژ ام‌الدبس و خطوط انتقال منتهی به مخازن ذخیره طرح غدیر واقع در استان خوزستان با استفاده از نرم‌افزار Water Hammer، ابتدا تجهیزات جلوگیری از ضربه قوچ طراحی شد و سپس کارایی آن برای جلوگیری از صدمات احتمالی این پدیده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها، بررسی‌ها و نمودارها نشان داد که با نصب تجهیزات جلوگیری از ضربه قوچ در مقایسه با حالت بدون تجهیزات تغییرات فشار کمتری مشاهده می‌شود و موج فشاری در مدت ۱۰۰ ثانیه میرا شده و تقریباً به حالت پایدار می‌رسد (Siahi and Jalilzadeh, 2015).

مطالعه کارایی شبکه‌های آبرسانی شهرستان فریدون‌شهر استان اصفهان تحت پدیده ضربه قوچ بر مبنای ضریب پایداری با استفاده از نرم‌افزار Water Hammer نشان داد که می‌توان از پارامتر پایداری برای ارزیابی شبکه‌های آبرسانی استفاده نمود. در اثر وقوع پدیده ضربه قوچ $4/83$ درصد نقاط شبکه مورد مطالعه، ضریب پایداری کمتر از یک داشتند. در اثر استفاده از سازه حفاظتی در بیشتر نقاط، افزایش پارامتر پایداری رخ داده و این مقدار به $1/11$ درصد نقاط شبکه می‌رسد. همچنین افزایش ضریب هیزن و افزایش قطر لوله باعث افزایش پارامتر پایداری شده و کاهش ضریب باعث کاهش پارامتر پایداری شد (Khajehayzad and Ahadiyan, 2016).

شبیه‌سازی نوسانات فشاری ناشی از پدیده ضربه قوچ در جریان آرام تراکم‌پذیر درون یک لوله الاستیک با استفاده از حل عددی معادلات پیوستگی و اندازه حرکت در نرم‌افزارهای Ansys و Fluent نشان داد که بستن شیر به‌صورت ناگهانی باعث افزایش فشار درون لوله می‌شود که این افزایش فشار به‌صورت نوسانی بوده و در طی زمان شدت آن کاهش می‌یابد. همچنین پس از بررسی تأثیر ضخامت لوله ملاحظه شد که با افزایش ضخامت لوله، شدت ضربه ایجاد شده در لوله افزایش

بهره‌برداری اصولی و برنامه‌ریزی شده از منابع کشور از کارهای ملی و پرهزینه‌ای است که برای دستیابی به مصارف شهری، صنعت و تولیدات کشاورزی باید صورت پذیرد. بنابراین در این زمینه طراحی و انتقال صحیح آب حائز اهمیت است. یکی از پدیده‌های مهم و مشکل‌ساز در خطوط انتقال آب پدیده ضربه قوچ است. این پدیده در خطوط لوله جریان تحت فشار و مجاری بسته اتفاق می‌افتد و به‌وضوح بر قوانین فشار، تغییرات دبی، تغییرات سرعت جریان و شرایط مکانی و زمانی حرکت سیال استوار است (Karimi, 2012). این پدیده به‌طور عمده در اثر تغییر ناگهانی شرایط مرزی در سامانه‌های انتقال سیال مانند قطع ناگهانی پمپ یا توربین، باز و بسته شدن سریع دریچه‌ها یا شیرفلکه، استفاده از شیر یک‌طرفه نامناسب و پر کردن غیراصولی خطوط لوله ناشی می‌شود. با توجه به این‌که در اثر این پدیده فشارهای مثبت و منفی شدیدی به‌وجود می‌آید، در طراحی، نگهداری و عملکرد سامانه‌های توزیع آب مهم است (Ehtesammanesh, 2012).

(Ghobadian and Bahrami, 2013) در تحقیق خود تأثیر طول و قطر انشعاب بر هیدرولیک جریان‌های میرا در لوله‌های تحت فشار به‌صورت عددی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با کاهش قطر و طول انشعاب، میزان فشار حداکثر و حداقل افزایش می‌یابد. بررسی پدیده ضربه قوچ با استفاده از روش مشخصه در خط لوله سیستم آبگیر سد خاکی آدرنجان بافت استان کرمان نشان داد که با بسته شدن ناگهانی و تدریجی شیری به قطر $0/6$ متر با افزایش زمان بسته شدن شیر هد فشاری کاهش می‌یابد و با توجه به افت در سیستم و همچنین فشار ناشی از پدیده ضربه قوچ می‌توان قطر لوله را کمتر در نظر گرفت که این امر موجب کاهش هزینه‌های اجرایی می‌شود (Sayari and Khanjani, 2013). بررسی ضربه قوچ خط انتقال و ایستگاه پمپاژ آب دشت بناب در استان آذربایجان غربی با استفاده از نرم‌افزار Water Hammer در سه مرحله به‌صورت شبیه‌سازی بدون تجهیزات، با تجهیزات کمتر و با تجهیزات پیشنهادی مشاور نشان داد که تعدادی از نقاط در مقایسه با سایر قسمت‌های خط لوله دارای ضعف بیشتری در مواجهه با ضربه قوچ بوده و در اجرای طرح باید اصلاح شود (Masoomi Pahrabad et al., 2014).

می‌یابد. به علاوه تأثیر جنس لوله بر ضربه قوچ ایجاد شده در لوله‌هایی از جنس پلی‌اتیلن نسبت به لوله‌های بتنی کمتر بوده و در لوله‌های فلزی از همه بیشتر است (Mohammadi et.al., 2016).

Holloway and Chaudhry (1985) در پژوهشی دقت و پایداری الگوریتم‌های صریح با دقت مرتبه اول برای آنالیز و حل پدیده ضربه قوچ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد زمانی که ترم افت اصطکاکی زیاد باشد و شرط کورانت نیز رعایت شده باشد، الگوریتم صریح دچار ناپایداری می‌شود. همچنین کارایی انواع مختلف الگوریتم‌های ضمنی برای تحلیل جریان غیردائمی بررسی شد. مدل‌سازی و بهینه‌سازی هیدرولیک گذرا در سامانه‌های توزیع آب با استفاده از دو روش کلاسیک (الگوریتم شبه‌نیوتن) و ابتکاری (الگوریتم ژنتیک) برای به حداقل رساندن اثرات ناپایدار ناشی از بسته شدن شیر در شبکه‌های توزیع آب نشان داد که حتی برای کوچک‌ترین ناپایداری استفاده از بهینه‌سازی می‌تواند اثرات منفی ناپایداری را به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد (Skulovich et al., 2014).

۲- مواد و روش‌ها

نرم‌افزار Water Hammer v8i نرم‌افزاری توانمند برای طراحی و آنالیز شبکه لوله‌های تحت فشار در دو حالت جریان پایدار و ناپایدار است، که به مهندسان در تحلیل و درک بهتر سیستم‌های مرکب از پمپ و شبکه‌های لوله هنگام انتقال از یک حالت پایدار به حالت پایدار دیگر، کمک می‌کند و آن‌ها را قادر می‌سازد تا تجهیزات کنترلی اقتصادی و مطمئنی را طراحی کنند. در این نرم‌افزار علاوه بر امکان مدل‌سازی لوله‌ها، پمپ‌ها، شیرها، مخزن‌ها و سایر اجزای شبکه، امکان مدل‌سازی تجهیزات حفاظتی جهت جریان‌های ناپایدار شامل مخازن هوای باز و تحت فشار، انواع شیرهای کاهش فشار نظیر شیرهای هوا و اطمینان، قابلیت تعیین زمان باز یا بسته شدن شیر، امکان مدل‌سازی حالت از کار افتادن ناگهانی پمپ، امکان تعیین سرعت موج در لوله‌های مختلف و ... نیز وجود دارد. تاکنون ۸ نسخه از این نرم‌افزار به بازار عرضه شده و آخرین نسخه از این سری Water Hammer V8i است. روابط حاکم بر پدیده ضربه قوچ به صورت ترکیبی از معادلات مومنتم و معادله پیوستگی

هستند که در حالت یک‌بعدی به صورت معادلات (۱) و (۲) نشان داده می‌شوند:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dx} + g \frac{dz}{dx} + \frac{f}{2D} v|v| = 0 \quad (۱)$$

$$a^2 \frac{dv}{dx} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dt} = 0 \quad (۲)$$

که v : سرعت، p : فشار آب، f : ضریب زبری، D : قطر لوله، ρ : چگالی آب، g : شتاب جاذبه زمین و a : سرعت انتشار موج هستند. مدل موردنظر این معادلات را با گسسته‌سازی به روش تفاضل محدود و روش مشخصه حل می‌کند. سرعت انتشار موج در داخل لوله به عواملی از قبیل جنس، قطر و ضخامت لوله، نوع سیال و نحوه مهار کردن لوله بستگی دارد. برای محاسبه سرعت انتشار موج داخل لوله از رابطه (۳) استفاده می‌شود (Chaudhry, 2014).

که a : سرعت موج درون لوله، k : مدول الاستیسیته حجمی سیال،

$$a = \sqrt{\frac{k}{\rho(1 + (\frac{k}{E})\psi)}} \quad (۳)$$

p : جرم مخصوص سیال، E : مدول الاستیسیته دیواره لوله و ψ : پارامتر بدون بعدی است که تابعی از خواص الاستیک لوله، قطر لوله و نحوه مهار کردن آن می‌باشد.

در این مطالعه فشارهای ناشی از ضربه قوچ در خط انتقال آب پایانه مرزی شهرستان مهران در استان ایلام (شکل ۱) با ترکیب تانک ضربه‌گیر و شیر هوا توسط نرم‌افزار Hammer V8i مورد بررسی قرار گرفت. محدوده مطالعاتی با طول جغرافیایی ۱۰ ۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ ۰۷ شمالی و ارتفاع ۱۵۰ متر در فاصله حدود ۹۰ کیلومتری جنوب شهر ایلام واقع شده است. آب مورد نیاز منطقه از طریق خط انتقالی به طول ۲۰ کیلومتر از جنس پلی‌اتیلن با قطر ۲۰۰ میلی‌متر و ضخامت ۱۴/۷ میلی‌متر تأمین می‌شود. ضریب هیزن ویلیامز لوله‌ها ۱۲۰ در نظر گرفته شده است. مشخصات فنی خط انتقال در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار دبی مورد نیاز منطقه با توجه به جمعیت تقریباً برابر با ۲۰ لیتر در ثانیه برآورد شده است. سرعت موج در خط لوله (رابطه ۳) با توجه به جنس و مشخصات لوله برابر با ۳۰۰ متر در ثانیه محاسبه شد.

در این تحقیق ابتدا شرایط جریان ماندگار با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سپس به منظور تحلیل جریان غیرماندگار از نرم‌افزار Hammer v8i



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی طرح مورد مطالعه

جدول ۲- مشخصات پمپ مورد استفاده

پمپ مدل (UQN345/3(22KW)	
۱۹/۸۴	دبی پمپ (لیتر بر ثانیه)
۷۶/۷۷	هد پمپ (متر)
۲۲	توان (کیلو وات)
۱/۱۷۹	ممان اینرسی پمپ و موتور (نیوتن . مترمربع)
۸۰	راندمان (درصد)

پیشنهاد شد.

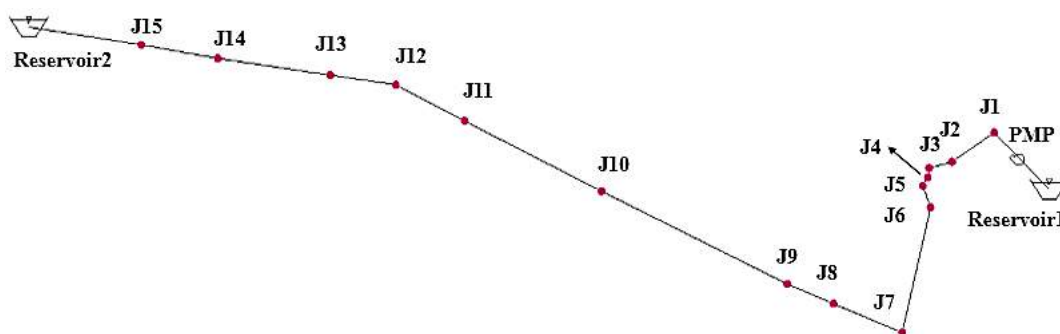
۳- نتایج و بحث

به منظور تحلیل خط انتقال تحت شرایط جریان ماندگار از نرم افزار WaterGEMS استفاده شد و تحت شرایط جریان به صورت ثقلی مشخص شد که حداکثر دبی قابل انتقال برابر با ۸ لیتر در ثانیه است. بنابراین به منظور تامین دبی منطقه که تقریباً برابر ۲۰ لیتر در ثانیه است باید در ابتدای خط انتقال پمپ مناسبی طراحی شود. با مراجعه به کاتالوگ و مشخصات پمپ‌های شرکت پمپیران، الکتروپمپی با مشخصات به شرح جدول ۲ انتخاب شد. تحلیل شرایط جریان غیرماندگار در نرم افزار Hammer v8i بدون تجهیزات مهارکننده ضربه قوچ مطابق شکل ۲ مدل سازی شد. پروفیل خط انتقال در برابر حداکثر و حداقل فشارهای ایجاد شده در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل از مدل سازی در این حالت نشان داد که حداکثر فشارهای مثبت

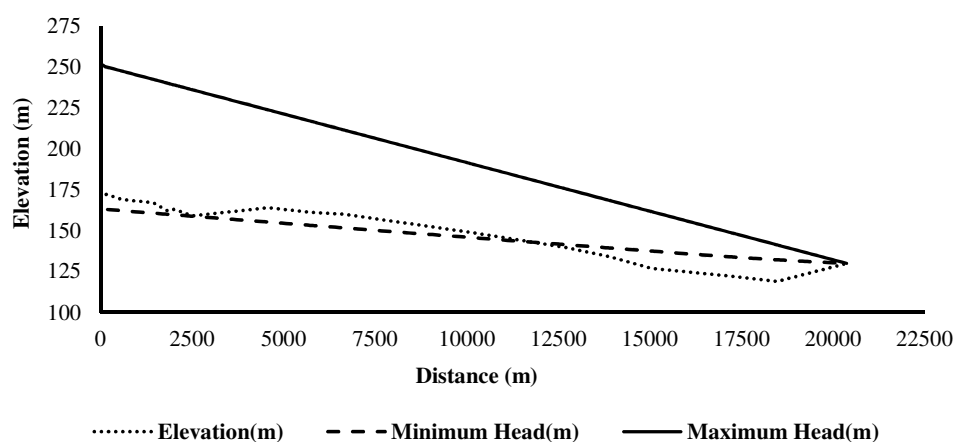
جدول ۱- مشخصات فنی لوله‌ها، گره‌ها و مخازن

گره، مخزن	ارتفاع (متر)	شماره لوله	طول لوله (متر)
۱	۱۶۹	۱	۵
۲	۱۶۷	۲	۵۸۲
۳	۱۶۲	۳	۸۴۹
۴	۱۶۳	۴	۳۹۶
۵	۱۶۲	۵	۱۴۷
۶	۱۵۹	۶	۱۶۱
۷	۱۶۴	۷	۳۶۹
۸	۱۶۱	۸	۲۰۶۰
۹	۱۶۰	۹	۱۲۳۶
۱۰	۱۴۹	۱۰	۸۳۷
۱۱	۱۴۰	۱۱	۳۴۳۹
۱۲	۱۳۴	۱۲	۲۵۵۱
۱۳	۱۲۷	۱۳	۱۲۸۵
۱۴	۱۲۲	۱۴	۱۱۰۷
۱۵	۱۱۹	۱۵	۲۲۶۴
مخزن ۱	۱۷۴	۱۶	۱۱۷۸
مخزن ۲	۱۳۰	۱۷	۱۹۰۲

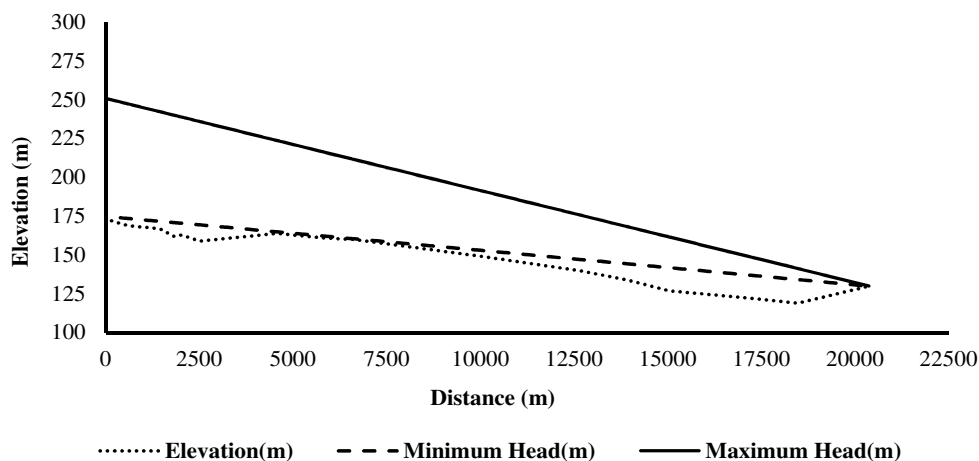
استفاده می‌شود. شرایط جریان غیرماندگار در خط لوله به وسیله خاموش شدن ناگهانی پمپ در ابتدای خط انتقال ایجاد شد. برای کنترل ضربه قوچ ناشی از این پدیده سناریوهای مختلفی شامل تانک ضربه گیر و شیر هوا اجرا و در نهایت گزینه مطلوب



شکل ۲- مسیر خط انتقال بدون تجهیزات مهارکننده ضربه قوچ



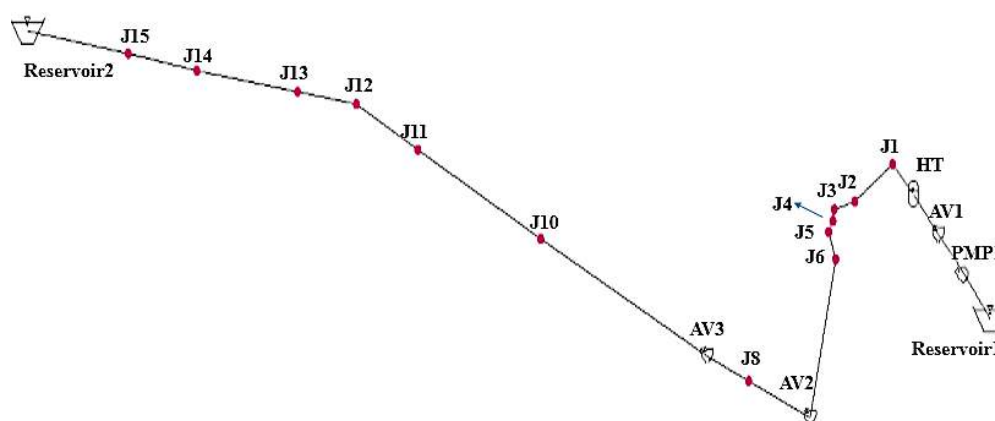
شکل ۳- پروفیل حداقل و حداکثر فشار خط انتقال در حالت بدون تجهیزات مهارکننده ضربه قوچ



شکل ۴- پروفیل حداقل و حداکثر فشار خط انتقال با قرار دادن تانک ضربه گیر ۳ مترمکعبی در ابتدای مسیر

مسیر تا کیلومتر ۱۲ دارای فشار منفی بوده و این فشار منفی منجر به پدیده جدایی ستون مایع می‌شود. بنابراین نیاز است که در این خط انتقال تجهیزات حفاظتی نصب شود.

ایجاد شده دارای مشکل قابل ملاحظه‌ای نبوده و فقط فشارهای منفی زیادی در طول خط ایجاد شده که این مسئله خطرآفرین است. با توجه به شکل مشخص است که خط انتقال از ابتدای



شکل ۵- مسیر خط انتقال با قرار دادن تانک ضربه‌گیر و شیر هوا

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق پدیده ضربه قوچ خط انتقال پایانه مرزی شهرستان مهران در سه مرحله به صورت شبیه‌سازی بدون تجهیزات حفاظتی، با تجهیزات حفاظتی و با تجهیزات پیشنهادی مشاور توسط نرم‌افزار Water Hammer V8i انجام شد. ابتدا مدل‌سازی جریان ماندگار با نرم‌افزار WaterGEMS انجام گرفت و نتایج نشان داد که شرایط جریان ثقلی قادر به تامین نیاز منطقه به مقدار ۲۰ لیتر در ثانیه نبوده و باید از سیستم پمپاژ استفاده کرد. سپس تحلیل شرایط جریان غیرماندگار بدون استفاده از تجهیزات حفاظتی با نرم‌افزار Water Hammer V8i نشان داد که خط انتقال از ابتدای مسیر تا کیلومتر ۱۲ دارای فشار منفی بوده و این فشار منفی منجر به پدیده جدایی ستون مایع می‌شود و نیاز است توسط روش‌های مختلف حفاظت شوند. به منظور کنترل فشارهای منفی، سناریوهای مختلفی از ترکیب تانک ضربه‌گیر و آرایش‌های مختلف شیرهای هوا در طول خط استفاده شد. در حالت اول با قرار دادن یک تانک ضربه‌گیر ۳ مترمکعبی بلافاصله بعد از پمپ تقریباً تمام فشار منفی ایجاد شده در خط لوله برطرف شد. در حالت دوم از تجهیزات پیشنهادی مشاور شامل یک تانک ضربه‌گیر دو مترمکعبی و شش عدد شیر هوا استفاده شد و در نهایت ترکیب یک تانک ضربه‌گیر و سه شیر هوا به قطر ۵۰ میلی‌متر (حالت سوم) به عنوان گزینه مطلوب در نظر گرفته شد.

در این مرحله سناریوهای مختلفی از ترکیب تانک ضربه‌گیر و آرایش‌های مختلف شیرهای هوا در طول خط استفاده شد. در ابتدا شبیه‌سازی‌های مختلفی به منظور تعیین حداقل حجم لازم تانک ضربه‌گیر با نرم‌افزار انجام گرفت که در نهایت با قرار دادن یک تانک ضربه‌گیر ۳ مترمکعبی بلافاصله بعد از پمپ مطابق با شکل ۴ تقریباً تمام فشار منفی ایجاد شده در خط لوله برطرف شد.

در مرحله بعد به منظور کاهش حجم تانک ضربه‌گیر از ترکیب تانک با شیر هوا در طول خط انتقال استفاده شد. نتایج شبیه‌سازی‌های متعدد توسط نرم‌افزار نشان داد که با قرار دادن یک تانک ضربه‌گیر ۲ مترمکعبی بلافاصله بعد از پمپ و سه عدد شیر هوا به قطر ۵۰ میلی‌متر به صورت شکل ۵ می‌توان فشارهای منفی ایجاد شده را از بین برد.

در مرحله آخر، خط انتقال با استفاده از تجهیزات پیشنهادی مهندسین مشاور که شامل یک عدد تانک ضربه‌گیر ۲ مترمکعبی و شش عدد شیر هوا به قطر ۵۰ میلی‌متر است مدل‌سازی شد. سه عدد از شیرهای هوا در فاصله بین گره شماره ۱۰ و مخزن ۲ قرار داشته و سه عدد دیگر مطابق با پروفیل شکل ۵ هستند. نتایج شبیه‌سازی این حالت نیز نشان داد که کلیه فشارهای منفی حذف شده است و نتایج آن نیز با حالت استفاده از تانک ۳ مترمکعبی هم‌خوانی داشت. مطابق با استانداردهای طراحی تجهیزات حفاظتی خطوط انتقال آب که در آن پیشنهاد شده شیرهای هوا در فواصل حداکثر ۷۵۰ متر از یکدیگر نصب شوند، به نظر می‌رسد که طراحی مشاور منطقی است.

- احتشام منش، ج.، (۱۳۸۹)، *راهنمای نرم افزار Hammer*، انتشارات آیدین، تهران.
- حاضری، ا.، قبادیان، ر.، و فاطمی، س.ج.، (۱۳۹۵)، «بررسی ضربه قوچ در شبکه آبیاری اسماعیل آباد با استفاده از نرم افزار Hammer»، اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های نوین در علوم فنی و مهندسی، اردبیل.
- خواججه‌های زاد، ف.، و احدیان، ج.، (۱۳۹۵)، «کارایی شبکه‌های آبرسانی تحت پدیده ضربه قوچ بر مبنای ضریب پایداری (مطالعه موردی: شبکه آبرسانی شهرستان فریدون‌شهر)»، نشریه دانش آب و خاک، ۲۶(۲/۱)، ۵۹-۷۱.
- سیاحی، ع.، جلیل‌زاده، ر.، و سیاحی، ا.، (۱۳۹۴)، «بررسی پدیده ضربه قوچ در ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال آبرسانی»، اولین همایش مدیریت تقاضا و بهره‌وری مصرف آب، شرکت آب و فاضلاب استان همدان، همدان.
- سیاری، س.، و خانجانی، م.ج.، (۱۳۹۲)، «آنالیز چکش آبی در سیستم آبیگر سد آدرنجان»، دوازدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.
- قبادیان، ر.، و بهرامی، ز.، (۱۳۹۲)، «بررسی عددی تأثیر طول و قطر انشعاب بر هیدرولیک جریان‌های میرا در لوله‌های تحت فشار»، کنفرانس مهندسی عمران و توسعه پایدار با محوریت کاهش خطرپذیری در بلایای طبیعی، مؤسسه آموزش عالی خاوران، مشهد.
- کریمی، م.، (۱۳۹۱)، *Water Hammer*، انتشارات نوآور، تهران.
- محمدی، ر.، داودی، م.ج.، و رامیان، آ.، (۱۳۹۵)، «شبیه‌سازی عددی ضربه قوچ در جریان آرام درون یک لوله»، اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی مکانیک و هوا فضا، تهران.
- معصومی پهرآبادی، ع.، طحنی، آ.، و دانشفراز، ر.، (۱۳۹۳)، «بررسی ضربه قوچ در خط انتقال و ایستگاه پمپاژ آب (مطالعه موردی: دشت بناب)»، سیزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تبریز.
- Chaudhry, H. (2014), *Applied hydraulic transients*, Springer, New York, Heidelberg, Dordrecht, London.
- Holloway, M., and Chaudhry, H., (1985), "Stability and accuracy of water hammer analysis", *Advances in Water Resources*, 8(3), 128-121.
- Skulovich, O., Perelman, L., and Ostfeld, A., (2014), "Modeling and optimizing hydraulic transients in water distribution systems", *Procedia Engineering*, 70, 1565-1558.

Using Technical and Financial Review and AHP Method to Find the Best Method of the Chlorine-Based Disinfection

Ebrahim Aboutalebi Shakour^{1*} and Hossein Jamshidi²

1- MSc Student, Azad Islamic University, Sari Branch, and Expert in Toos-Ab Consulting Engineers, Gorgan, Iran.

2- MSc Student, Salehan Higher Education Institute, and Project Manager in Golestan Water Authority, Gorgan, Iran.

* Corresponding author, Email: Ebrahim_aboutalebi@yahoo.com

Received: 9/6/2017

Revised: 15/10/2017

Accepted: 16/10/2017

Abstract

In this paper, research on six chlorine-based methods, which is one of the most widely used and effective methods of disinfection, is carried out and the advantages and disadvantages and their comparisons have been investigated. Also a computational program has been produced using Excel software, which will detail the cost of disinfection in different stages to first five years. The goal is to reach the best of the economic and technical landscape which is a concern of many consultants and operators. In order to achieve this goal, some criteria must be determined and evaluated. By producing a questionnaire viewpoints of 34 experts in water, water supply and disinfection systems were collected. Then the importance of each criteria was determined and using AHP method and Expert Choice software electrolysis of sodium chloride (Multi-oxidant), bleach (Sodium hypochlorite as a disinfectant) and hypochlorinator (Calcium hypochlorite) was identified as the best chlorine-based disinfection methods.

Keywords: Chlorine, Disinfection, AHP, Expert Choice.

استفاده از بررسی فنی و مالی و روش AHP برای یافتن بهترین روش گندزدایی بر پایه کلر

ابراهیم ابوطالبی شکور^{۱*} و حسین جمشیدی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی ساری و کارشناس شرکت مهندسی مشاور طوس آب، گرگان، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی صالحان گرگان و مدیر شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: ebrahim_aboutalebi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۹

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۴

چکیده

در این مقاله تحقیقاتی بر روی ۶ روش بر پایه کلر که از پرکاربردترین و موثرترین روش‌های گندزدایی به‌شمار می‌روند انجام و به بررسی مزایا، معایب و مقایسه آنها پرداخته شده است. همچنین با استفاده از نرم‌افزار اکسل برنامه‌ای محاسباتی که هزینه گندزدایی‌ها در مراحل مختلف تا ۵ سال اول را به تفصیل عرضه خواهد کرد تهیه شده است. هدف، رسیدن به بهترین شیوه از منظر اقتصادی و فنی است که دغدغه بسیاری از مشاوران و بهره‌برداران است. برای رسیدن به این مهم باید معیارهایی تعریف و ارزش‌گذاری شود. با تهیه پرسش‌نامه، نظرات ۳۴ نفر از متخصصین صنعت آب، آبرسانی و گندزدایی آب جمع‌آوری شد. سپس اهمیت معیارهای تصمیم‌گیری مشخص شده و به کمک روش AHP و با مدد گرفتن از نرم‌افزار Expert Choice روش‌های الکترولیز نمک طعام (مولتی اکسیدانت)، آب ژاول و هیپوکلریناتور به‌عنوان بهترین روش‌های گندزدایی بر پایه کلر شناخته شدند.

کلمات کلیدی: کلر، روش‌های گندزدایی، AHP، Expert Choice

مطالعات پژوهش‌گران پیشین بیان‌گر این مسئله است که مصرف آب آلوده چه به‌صورت مستقیم و چه از طریق استفاده از آن برای مقاصد بهداشت فردی یا تفریح می‌تواند سلامت انسان را به‌خطر اندازد (استاندارد ۱۰۱۱، ۱۳۸۶). طبق آمار سازمان جهانی بهداشت میزان مرگ و میر بر اثر آب و هوای آلوده سالانه در حدود ۱۲/۶ میلیون نفر است (WHO, 2016). به‌دلیل اهمیت موضوع در سال ۱۹۷۴ میلادی در آمریکا و ۱۳۴۵ شمسی در ایران نخستین استانداردهای آب آشامیدنی (استاندارد ۱۰۵۳، ۱۳۸۶) تدوین شد. آب مصرفی و یا آشامیدنی آبی است که عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و رادیونوکلوئیدی آن در حدی باشد که مصرف و یا آشامیدن آن عارضه سوئی برای انسان در کوتاه‌مدت یا درازمدت ایجاد نکند (استاندارد ۱۰۱۱، ۱۳۸۶؛ استاندارد ۱۰۵۳، ۱۳۸۶).

تاکنون تحقیقات گسترده‌ای بر روی آب و روش‌های مختلف گندزدایی و تاثیر آن بر سلامت انسان انجام شده است مانند مضرات کلر، چگونگی به‌حداقل رساندن و حذف مواد جانبی مضر در فرایندهای کلرزنی، همچنین مقایسه‌هایی فنی موضوعی به‌صورت آزمایشگاهی و تئوری و بررسی‌های شیمیایی و میکروبیولوژی انجام گرفته است. اما خلاء مطالعه‌ای جامع بر روی تصمیم‌گیری و یافتن بهترین روش از میان روش‌های مرسوم کلرزنی که در آن موارد اقتصادی و فنی به‌صورت توامان در نظر گرفته شده باشد، تاثیر دادن نظرات بهره‌برداران و اولیای این امر و همچنین بالا بردن دقت مقایسه به کمک نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری، انجام نشده است.

هدف از این تحقیق مقایسه فنی و اقتصادی روش‌های موجود بر پایه کلر و یافتن بهترین روش از میان آن‌ها و در نهایت رسیدن به آب آشامیدنی سالم با کمترین هزینه و بهره‌برداری آسان‌تر است. در ابتدا دید کلی نسبت به کلر و روش‌های مختلف مورد بحث و هزینه گندزدایی هر مترمکعب آب در روش‌های گوناگون و شرایط مختلف به‌دست خواهد آمد. در مرحله بعد از طریق مصاحبه با متخصصین و بهره‌برداران این امر، معیارهای مهم برای تصمیم‌گیری شناخته شده و به‌کمک پرسش‌نامه‌ها ارزش‌گذاری می‌شوند. در انتها کلیه اطلاعات جمع‌آوری شده با کمک نرم‌افزار Expert Choice و ماتریس مقایسات زوجی AHP جمع‌بندی می‌شوند.

علامت اختصاری کلر Cl بوده، عدد اتمی آن ۱۷ و جرم اتمی آن ۳۵/۴۵۳ است (Ede, ۲۰۰۶) و در سال ۱۷۷۴ توسط کارل ویلهلم شیله^۱ (۹ دسامبر ۱۷۴۲ - ۲۱ می ۱۷۸۶) کشف شد (Black and Veatch Corporation, 2010). کلر تقریباً همیشه به‌صورت یک مولکول با دو اتم کلر پیوند داده با هم و به‌شکل Cl_۲ با وزن مولکولی ۷۰/۹۰۶ وجود دارد. کلر یکی از موادی است که بیشترین طرفداران را در گندزدایی و اکسیداسیون در فرآیند تصفیه آب به‌خود اختصاص داده است. امروزه گندزدایی بر پایه کلر به‌عنوان مناسب‌ترین و متداول‌ترین روش گندزدایی آب آشامیدنی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد و در تحقق سلامت میکروبی آب کاملاً مورد تایید سازمان جهانی بهداشت است. برخی از محاسن استفاده از کلر عبارت است از:

- تقریباً بر ضد همه باکتری‌های بیماری‌زا تأثیر بالایی دارد؛
- با ایجاد کلر باقی‌مانده از آلودگی مجدد آب جلوگیری کرده و تولید بیوفیلم‌ها در شبکه توزیع یا خط انتقال را می‌کاهد. این کار تقریباً از گندزدهای رایج دیگر که پایه کلر ندارند ساخته نیست (مانند ازن‌زنی که ماندگاری به‌شدت کمی دارد و UV که به هیچ عنوان ماندگاری در آب ندارد)؛
- با قدرت اکسیدکنندگی بالا، برای مقاصد پیش‌اکسایش مناسب است.

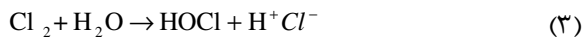
اما کلرزنی معایبی نیز دارد که محدودیت‌هایی ایجاد می‌کند:

- در طی فرآیند گندزدایی محصولات جانبی (DBPs) مانند تری‌هالومتان‌ها (THM) و هالواسیتیک‌اسیدها (HAA) را تولید می‌کند که اگر از محدوده استانداردهای تعیین شده خارج شود به‌شدت برای سلامتی مصرف‌کننده مضر است؛

- با اکسایش برمید به برم، موجب تولید محصولات جانبی آلی برمیزه شده می‌شود؛

- بر ضد برخی تک‌یاخته‌ها مانند کریپتوسپریدیوم مؤثر نیست. علی‌رغم موارد بالا که ریسک سرطان‌زایی در مصرف‌کننده‌ها را بالا می‌برد، ریسک مرگ و میر در اثر موارد بیماری‌زا ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر بیشتر از آن است (AWWA, 2006). با توجه به موارد فوق، سازمان جهانی بهداشت و همچنین سازمان ملی استاندارد ایران با تدوین دستورالعمل‌های مختلف به صراحت اعلام کرده‌اند که کلرزنی با در نظر گرفتن استانداردهای موجود برای سالم‌سازی آب آشامیدنی کاملاً بلامانع است.

۳- روش‌های رایج موجود (بر پایه کلر)



۳-۵- هیپوکلریناتور (پرکلرین)

کلسیم هیپوکلریت با فرمول $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ماده‌ای جامد و سفیدرنگ، با بوی تند شبیه به گاز کلر می‌باشد که خورنده است. معمولاً با ۶۵٪ کلر در دسترس و بیشتر به‌صورت پودر، گرانول یا قرص‌های جامد به فروش می‌رسد، که هر سه به‌راحتی در آب حل می‌شوند (Singer, 1999). فرآیند زیر در این مسیر شکل می‌گیرد.

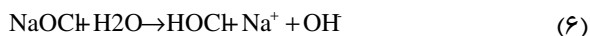


۳-۶- هیدروکلریناتور (پرکلرین)

روش هیدروکلریناتور کاملاً مشابه روش هیپوکلریناتور است که توسط مخترعین داخل ایران ساخته و به ثبت رسیده است و از زیر مجموعه‌های سیستم پرکلرین می‌باشد. تولید نیرو در این دستگاه از انرژی ریزش آب بر روی توربین تولید می‌شود. فرآیند شماره (۵) مانند روش قبل در این مسیر نیز شکل می‌گیرد.

۳-۷- آب ژاول

سدیم هیپوکلریت ماده‌ای شیمیایی با فرمول NaClO که به آن آب ژاول هم گفته می‌شود و به‌صورت محلول با غلظت کلر فعال تا ۱۵ درصد جرمی عرضه می‌شود. این محلول زلال، کمی متمایل به زرد، به‌شدت قلیایی و خورنده و دارای بوی شدید کلر است. تجزیه هیپوکلریت کلسیم طبق رابطه (۶) انجام می‌شود (Singer, 1999):



۴- مقایسه روش‌های موجود

۴-۱- مقایسه از دید فنی

در جدول ۱ که به‌صورت کلامی^۱ تدوین شده (بدین منظور که ورودی مناسبی برای روش تحلیل AHP و نرم‌افزار باشد) ویژگی‌های روش‌های مختلف که از منابع گوناگون استخراج شده است (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۹۳؛ منزوی، ۱۳۷۹؛ AWWA, 2006) به‌صورت دسته‌بندی شده آمده است.

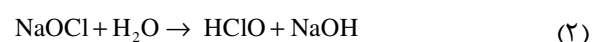
۳-۱- الکترولیز نمک طعام (مولتی اکسیدانت)

گندزدایی آب به‌روش الکترولیز آب و نمک و تولید مولتی اکسیدانت به‌عنوان یک روش نوین، ایمن و کارآمد در دنیا مطرح است. محلول مولتی اکسیدانت از الکترولیز محلول نمک طعام (کلرید سدیم) یا آب شور دریا که هر دو با کمترین هزینه در دسترس است، تولید شده و مخلوطی از ترکیبات گندزداها است. سهم اصلی این مواد گندزدا را ترکیبات کلر آزاد (ClO^- ، HClO و Cl_2 محلول) تشکیل داده و مقادیر بالایی از ترکیبات دیگر مانند دی‌اکسید کلر محلول، ازن محلول، آب اکسیژنه و اکسیژن محلول در آن وجود دارد.

۳-۲- الکترولیز نمک طعام (هیپوکلریت کلسیم)

آب تصفیه شده با کدورت پایین پس از عمل فیلتراسیون به واحد سختی‌گیری غشایی NF یا RO انتقال می‌یابد و پس از کاهش سختی، با نمک بدون ید مخلوط شده محلول نمک تولید می‌شود. محلول نمک تولیدی وارد سلول الکترولیز نمک شده و در آنجا محلول هیپوکلریت سدیم و گاز هیدروژن تولید می‌شود. در مخزن آرامش پیش از تزریق گاز هیدروژن در بالای مخزن جداسازی شده و به‌کمک دمنده‌های هوا رقیق‌سازی شده یا به غلظت پایین‌تر از اشتعال رسانده شده و سپس به هوا تخلیه می‌شود.

فرآیندهایی که در این مسیر به‌وجود می‌آیند به‌شرح زیر است:



۳-۳- گاز کلر

گاز کلر به‌صورت مایع در مخازن تحت فشار نگهداری می‌شود. سیستم کلریناتور با برداشتن فشار از روی گاز یا مایع کلر در مخزن (و با کمک دستگاه تبخیرساز در صورت استفاده از مایع برای ظرفیت‌های بالا) دوز مناسب را برای تزریق آماده‌سازی می‌نماید. گاز کلر توسط انژکتور به آب تزریق می‌شود و سپس محلول غلیظ برای گندزدایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرآیندهایی که در این مسیر به‌وجود می‌آیند به‌شرح زیر است (Singer, 1999):

این معیارهای ۹ گانه برگرفته از تجارب بهره‌برداران، اساتید و متخصصان این امر می‌باشد.

در معیار زمان تماس، که کاملاً به شرایط موجود آب (مانند دما و pH که تاثیرات قابل توجهی بر جای می‌گذارند) بستگی دارد، زمان موجود در شرایط نرمال در نظر گرفته شده است. امکان خطر ایمنی در سایت شامل خطرانی است که در حین بهره‌برداری و انبارداری و جابجایی مواد و تجهیزات موجود ممکن است در سایت گندزدایی به وجود آید. امکان خطر ایمنی در آب نیز مخاطراتی است که مواد جانبی تولید شده در فرآیند گندزدایی (مانند تری‌هالومتان‌ها) به وجود می‌آورند.

۴-۲- مقایسه از دید اقتصادی

برای مقایسه اقتصادی روش‌های موجود جدول‌های ۲ و ۳

به ترتیب برای ۱۵۰ و ۲۰۰ لیتر در ثانیه به عنوان مثال آورده شده، که خروجی برنامه‌ای است که در محیط اکسل نوشته شده است. این برنامه قابل انعطاف بوده و براساس دبی ورودی داده شده، هزینه مواد اولیه و خرید لوازم، هزینه‌های کلی سال اول، ۵ سال اول و هزینه گندزدایی میانگین در ۵ سال نخست طرح برای هر مترمکعب را به صورت اتوماتیک و با دقت بالا محاسبه می‌کند. هزینه‌های خرید و مواد اولیه با مشاوره بهره‌برداران محترم و از شرکت‌های فروشنده به صورت پیش‌فاکتور اعلام گرفته شده است (استعلام‌ها با گذشت زمان باید به روزرسانی شوند).

همان‌طور که مشاهده می‌شود روش گندزدایی آب ژاول در محدوده دبی ۱۵۰ لیتر در ثانیه مقرون به صرفه‌ترین روش از

جدول ۱- مقایسه روش‌های گندزدایی از منظر فنی

آب ژاول	پرکلرین هیدروکلریناتور	پرکلرین هیپوکلریناتور	گاز کلر	الکترولیز هیپوکلریت سدیم	الکترولیز مولتی اکسیدان	
تقریباً ۲۰ تا ۴۵ دقیقه	تقریباً ۲۰ تا ۴۵ دقیقه	تقریباً ۲۰ تا ۴۵ دقیقه	تقریباً ۲۰ تا ۳۰ دقیقه	تقریباً ۲۰ دقیقه	حداکثر ۱ دقیقه	زمان تماس (وابسته به شرایط موجود و pH آب)
نسبتاً طولانی	نسبتاً طولانی	نسبتاً طولانی	نسبتاً طولانی	نسبتاً طولانی	طولانی	اثر ماندگاری
متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	قوی	عملکرد ضد عفونی
نسبتاً کم	نسبتاً کم	نسبتاً کم	خیلی زیاد	کم	خیلی کم	امکان خطر ایمنی در سایت
خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	کم	خیلی کم	امکان خطر ایمنی در آب (تولید مواد جانبی)
راحت	راحت	راحت	دشوار	نسبتاً دشوار	نسبتاً دشوار	سهولت بهره‌برداری و تعمیرات
خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد	کم	بسیار کم	پراکندگی در ایران
متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	زیاد	پراکندگی در اروپا و آمریکا
کم	کم	کم	زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	وابستگی به بازارهای جهانی

جدول ۲- مقایسه روش‌های گندزدایی از منظر اقتصادی برای دبی ۱۵۰ لیتر در ثانیه (مبالغ به ریال)

آب ژاول ۱۵٪	پرکلرین ۶۵٪ (هیدروکلریناتور)	پرکلرین ۶۵٪ (هیپوکلرید کلسیم)	گاز کلر	الکترولیز (هیپوکلریت سدیم)	الکترولیز (مولتی اکسیدان)	
۴۰	۱۵	۲۰	۶۰	۴۰	۴۰	مساحت مورد نیاز (m ³)
متوسط	متوسط	متوسط	خیلی زیاد	زیاد	زیاد	لوازم استاندارد مورد نیاز
۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱,۶۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰	هزینه خرید اولیه دستگاه و لوازم مربوط
۱۳,۳۳	۳,۰۷	۳,۰۷	۲	۶	۱۴	تزریق مورد نیاز گرم در مترمکعب
۵,۱۸۳	۱,۱۹۴	۱,۱۹۴	۷۷۸	۲,۳۳۳	۵,۴۴۳	میزان مواد مصرفی (کیلوگرم در ماه)
۴,۵۰۰	۶۵,۰۰۰	۶۵,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۲,۷۰۰	۲,۷۰۰	هزینه مواد مصرفی (کیلوگرم ریال)
۲۳,۳۲۲,۱۶۸	۷۷,۵۸۵,۰۴۰	۷۷,۵۸۵,۰۴۰	۸,۵۵۳,۶۰۰	۶,۲۹۸,۵۶۰	۱۴,۶۹۶,۶۴۰	هزینه مواد مصرفی در ماه
۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۰۰۰,۰۰۰	هزینه بهره‌برداری و پرسنل
۸۵۹,۸۶۰,۰۱۶	۱,۱۸۱,۰۰۲,۰۴۸	۱,۳۵۱,۰۰۲,۰۴۸	۱,۲۰۳,۶۴۳,۲۰۰	۲,۰۲۵,۵۸۲,۷۲۰	۲,۹۷۶,۳۵۹,۶۸۰	هزینه کل در سال اول
۲۶۹۹,۳۳۰,۰۸۰	۵,۶۲۵,۱۰۲,۴۰۰	۵,۷۹۵,۱۰۲,۴۰۰	۲,۸۱۳,۲۱۶,۰۰۰	۳,۵۲۷,۹۱۳,۶۰۰	۴,۸۸۱,۷۹۸,۴۰۰	هزینه کل در ۵ سال اول
۱۱۶	۲۴۱	۲۴۸	۱۲۱	۱۵۱	۲۰۹	هزینه گندزدایی ۱ مترمکعب در ۵ سال

جدول ۳- مقایسه روش‌های گندزدایی از منظر اقتصادی برای دبی ۲۰۰ لیتر در ثانیه (مبالغ به ریال)

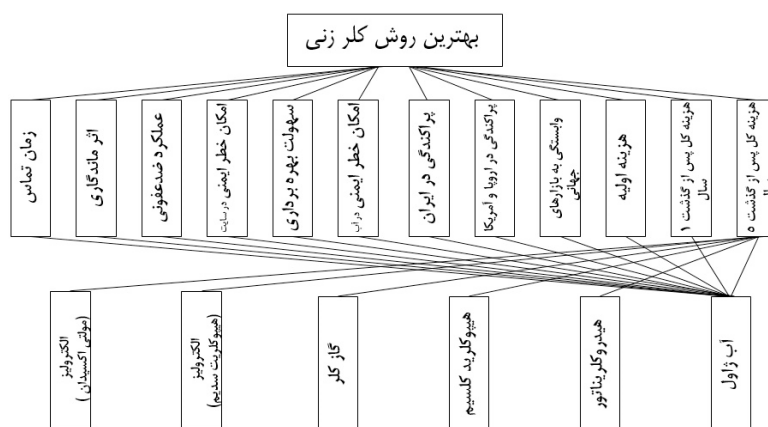
آب ژاول ۱۵٪	پرکلرین ۶۵٪ (هیدروکلریناتور)	پرکلرین ۶۵٪ (هیپوکلرید کلسیم)	گاز کلر	الکترولیز (هیپوکلریت سدیم)	الکترولیز (مولتی اکسیدان)	
۴۰	۱۵	۲۰	۶۰	۴۰	۴۰	مساحت مورد نیاز (m ³)
متوسط	متوسط	متوسط	خیلی زیاد	زیاد	زیاد	لوازم استاندارد مورد نیاز
۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱,۶۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰	هزینه خرید اولیه دستگاه و لوازم مربوط
۱۳,۳۳	۳,۰۷	۳,۰۷	۲	۶	۱۴	تزریق مورد نیاز گرم در مترمکعب
۶,۹۱۰	۱,۵۹۱	۱,۵۹۱	۱,۰۳۷	۳,۱۱۰	۷,۲۵۸	میزان مواد مصرفی (کیلوگرم در ماه)
۴,۵۰۰	۶۵,۰۰۰	۶۵,۰۰۰	۱۱,۰۰۰	۲,۷۰۰	۲,۷۰۰	هزینه مواد مصرفی (کیلوگرم ریال)
۳۱,۰۹۶,۲۲۴	۱۰۳,۴۴۶,۷۲۰	۱۰۳,۴۴۶,۷۲۰	۱۱,۰۴۴,۸۰۰	۸,۳۹۸,۰۸۰	۱۹,۵۹۵,۵۲۰	هزینه مواد مصرفی در ماه
۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۰۰۰,۰۰۰	هزینه بهره برداری و پرسنل
۹۵۳,۱۵۴,۶۸۸	۱,۴۹۱,۳۶۰,۶۴۰	۱,۴۹۱,۳۶۰,۶۴۰	۱,۳۳۶,۸۵۷,۶۰۰	۲,۰۵۰,۷۷۶,۹۶۰	۳,۰۳۵,۱۴۶,۲۴۰	هزینه کل در سال اول
۳,۱۶۵,۷۷۳,۴۴۰	۷,۱۷۶,۸۰۳,۲۰۰	۷,۳۴۶,۸۰۳,۲۰۰	۲,۹۸۴,۲۸۸,۰۰۰	۳,۶۵۳,۸۸۴,۸۰۰	۵,۱۷۵,۷۳۱,۲۰۰	هزینه کل در ۵ سال اول
۱۰۲	۲۳۱	۲۳۶	۹۶	۱۱۷	۱۶۶	هزینه گندزدایی ۱ مترمکعب در ۵ سال

استفاده شود.

۵- نتایج

برای نتیجه‌گیری کلی با توجه به یکسان نبودن واحد و کمی و کیفی بودن معیارهای مطرح شده، از علم تصمیم‌گیری و آمار استفاده می‌شود. در علم تصمیم‌گیری که در آن انتخاب یک راهکار از بین راهکارهای موجود و یا اولویت‌بندی راهکارها مطرح است، چند سالی است که روش‌های تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه^۲ جای خود را باز کرده‌اند. از این میان روش تحلیل سلسله مراتبی^۴ که ابزاری مناسب برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده و تعیین اولویت برای تصمیم‌گیرنده است (Saaty, 1980) محبوب‌ترین و کاربردی‌ترین روش است. اساس این شیوه بر مقایسه زوجی استوار است. در ابتدا معیارها و گزینه‌ها دسته‌بندی می‌شود. ساختار سلسله مراتبی این

میان روش‌های موجود برای مدت یک سال و همچنین تا افق ۵ سال است. روش گندزدایی آب ژاول در محدوده دبی ۲۰۰ لیتر در ثانیه مقرون به صرفه‌ترین روش در سال اول و گاز کلر در افق ۵ سال اول مقرون به صرفه‌ترین شیوه هستند. با بررسی دبی‌های مختلف این نتیجه به دست می‌آید که برای تصمیم‌گیری از منظر اقتصادی، دبی طرح نقش اصلی را ایفا می‌کند و برای هر محدوده دبی، روش متفاوتی صرفه اقتصادی پیدا می‌کند. لازم به توضیح است فاکتور مساحت مورد نیاز، به دلیل متغیر بودن قیمت زمین و وابستگی شدید به محل احداث سیستم (به طور مثال داخل و یا خارج شهر بودن) در هزینه پیش‌بینی نشده است و با دانستن قیمت زمین می‌توان آن را در محاسبات لحاظ کرد. فاکتورهای زیست‌محیطی و فنی نیز در این بخش از مقایسه لحاظ نشده و نتیجه‌گیری تنها از نقطه نظر اقتصادی بررسی شده است. به طور مثال پرواضح است که از روش کلر زنی گازی در محدوده شهری به دلیل خطرات احتمالی آن نباید



شکل ۱- نمونه ساختار سلسله‌مراتبی روش‌های گندزدایی و معیارها

مطالعه در شکل ۱ قابل مشاهده است که در سطر اول هدف، در سطر دوم معیارها و در سطر سوم گزینه‌های حل مسئله به صورت شماتیک آمده است. به دلیل کمبود فضا دو نمونه مقایسه زوجی در آن انجام گردیده است.

در ادامه باید پرسش‌نامه‌ای برای نظرسنجی از افراد متخصص در زمینه آب و گندزدایی تهیه شود. اگر پرسش‌نامه برای ۱۲ معیار به‌طور استاندارد انجام شود، شخصی که پرسش‌نامه را پر می‌کند باید به ۶۶ سوال پاسخ دهد که بسیار وقت‌گیر است و احتمال خطای انسانی بسیار بالا می‌رود. برای تسهیل این کار پرسش‌نامه‌ای ابتکاری تنظیم شده که خروجی آن پس

پرسش‌نامه اهمیت معیارهای کلرزنی		
میزان تحصیلات تکمیل‌کننده فرم:		
سابقه فعالیت در زمینه آبرسانی:		
لطفا درجه اهمیت هر کدام از معیارهای جدول زیر را با عددی مابین ۱ الی ۱۰ وارد کنید		
ردیف	فاکتور	درجه اهمیت
۱	زمان تماس (ثانیه)	۵/۴۷
۲	اثر ماندگاری	۶/۸۸
۳	عملکرد ضدعفونی	۸/۸۲
۴	امکان خطر ایمنی در سایت	۷
۵	سهولت بهره‌برداری و تعمیرات	۶/۴۱
۶	امکان خطر ایمنی در آب (مواد جانبی)	۸/۶۵
۷	پراکندگی در ایران	۵/۱۸
۸	پراکندگی در اروپا و آمریکا	۳/۷۱
۹	وابستگی به بازارهای جهانی	۳/۶۵
۱۰	هزینه اولیه	۴/۵۳
۱۱	هزینه کل پس از گذشت ۱ سال	۵
۱۲	هزینه کل پس از گذشت ۵ سال	۴/۸۸

شکل ۲- اهمیت معیارها و پرسش‌نامه خبره جمع‌آوری شده از متخصصین امر

از قرارگیری در ماتریسی که در نرم‌افزار اکسلی که برای این منظور تهیه شده است با پرسش‌نامه استاندارد برابری می‌کند. با جمع‌آوری ۳۴ پرسش‌نامه در انتها مقادیر میانگین درجه اهمیت طبق شکل ۲ به‌دست آمده است.

پس از وارد کردن تمامی اطلاعات در نرم‌افزار Expert Choice و طی مراحل مختلف در محیط نرم‌افزار، در انتها خروجی طبق شکل‌های ۳ و ۴ به‌صورت دسته‌بندی شده به‌دست می‌آید. وزن نهایی معیارها نشان‌دهنده این است که هر معیار دارای چه ارزشی می‌باشد و در تصمیم‌گیری نشان‌دهنده این است که عملکرد ضدعفونی و امکان خطر ایمنی در آب، نسبت به معیار وابستگی به بازارهای جهانی از اهمیت بالاتری برخوردار است. اولویت‌بندی گزینه‌ها نیز روش‌های مختلف را براساس ارزش مرتب‌سازی کرده است.

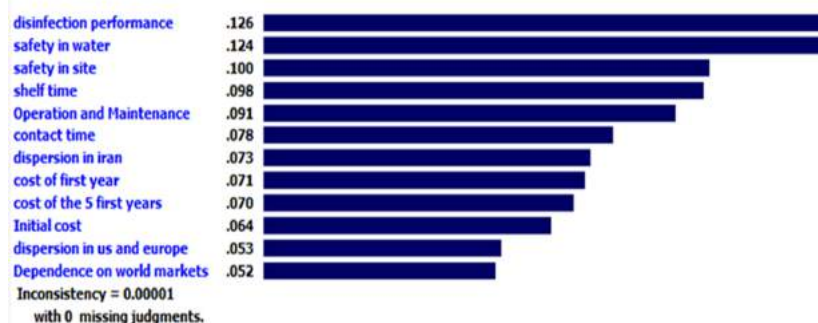
۶- جمع‌بندی

با توجه به نتیجه‌گیری و خروجی نرم‌افزار Expert Choice روش «الکترولیز مولتی اکسیدانت» بهترین روش و پس از آن «آب ژاول» و «هیدروکلریناتور» اولویت‌های دوم و سوم از روش‌های گندزدایی موجود با توجه به جمع‌بندی مقایسه‌های فنی، اقتصادی و اهمیت معیارهای موجود براساس نظرسنجی از افراد خبره در این امور هستند.

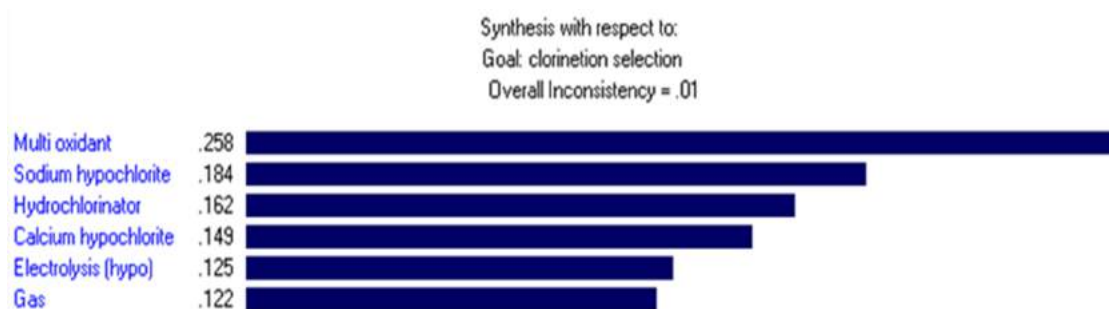
۷- قدردانی

از گروه هم‌اندیشی واحد آبرسانی شرکت آب منطقه ای استان

Priorities with respect to:
Goat chlorination selection



شکل ۳- تعیین ارزش هر معیار توسط نرم افزار Expert Choice



شکل ۴- تعیین ارزش هر گزینه توسط نرم افزار Expert Choice

Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
Singer, P., (1999), *Formation and control of disinfection by-products in drinking water*, AWWA, USA.
Ede, A., (2006), *The chemical element: a historical perspective*, Greenwood Press, USA.
Saaty, T.L., (1980), *The analytic hierarchy process*, McGraw Hill International, New York, USA.
WHO, (2016), "Deaths attributable to unhealthy environments", Visited 15 March 2016, <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/en/>

گلستان، مهندس اردوان الباسی سرپرست نظارت کارگاهی شرکت مشاور طوس آب و تمامی کارشناسان و متخصصان این امر که ما را از پیشنهادهای سازنده خود محروم نکرده، با صبر و حوصله پرسش‌نامه‌ها را تکمیل نموده و در برطرف کردن کاستی‌های این بررسی و تحقیق کمک شایانی کردند تقدیر و تشکر می‌شود.

۸- پی‌نوشت‌ها

- 1- Carl Wilhelm Scheele
- 2- Verbal
- 3- MADM
- 4- AHP

۹- مراجع

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۹۳)، "دستورالعمل احداث سامانه‌های کلرزنی در تصفیه‌خانه‌های آب و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب"، نشریه ۶۷۳، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران، ایران.
منزوی، م.ت.، (۱۳۷۹)، *جمع‌آوری فاضلاب*، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۸۶)، *ویژگی‌های میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی*، استاندارد ۱۰۱۱، ویرایش ششم، تهران، ایران.
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۸۶)، *ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی*، استاندارد ۱۰۵۳، ویرایش پنجم، تهران، ایران.
American Water Works Association (AWWA), (2006), *Water chlorination and chloramination practices and principles*, M20, Second Edition, AWWA, USA.
Black and Veatch Corporation, (2010), *White's handbook of chlorination and alternative disinfectants*,

Using and Development of Regression Models for Predicting Pipes Failure Rate in Water Distribution Networks

Sonia Ghasemnejad¹ and Homayoun Motiei^{2*}

1- M.Sc., Faculty of Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Faculty of Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

* Corresponding author, Email: H_Motiei@sbu.ac.ir

Received: 13/6/2017

Revised: 24/11/2017

Accepted: 29/11/2017

کاربرد و توسعه مدل‌های رگرسیونی برای
پیش‌بینی میزان شکست لوله‌های شبکه توزیع
آب شهری - مورد مطالعاتی ناحیه یک منطقه
یک تهران

سونیا قاسم‌نژاد^۱ و همایون مطیعی^{۲*}

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد عمران - آب، دانشکده آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- نویسنده مسئول، استادیار دانشکده آب و محیط زیست - دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: h_motiei@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۲۳

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۹/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۸

Abstract

Pipes failure events in water distribution networks leads to leakage of water. Failures cause the loss of significant fresh water and investments losses. The most important parameters of pipe failures are: material, age, length, diameter and hydraulic pressure. In this paper four statistical methods have used for analyzing pipe incidents, with the goal of estimation of failure probability in future, with finding the most influencing parameters on the incidents. The statistical regression models used in this research are linear, exponential, Poisson, and Logistic regression models. For evaluation of these models, the data of a region in the District 1 of the Tehran Water and Wastewater Company with more than 48500 consumers, total pipe length of 582702 meter, different materials and diameters were used. The results demonstrated that the logistic model has a better performance than the others to predict the future events with a higher probability.

Keywords: Events, Leakage, Pipe failure, Regression model, Water distribution networks.

چکیده

شکست لوله‌ها در شبکه‌های توزیع آب شهری، باعث نشت جریان از شبکه شده و نه تنها باعث هدررفت مقادیر قابل توجهی از آب تصفیه شده می‌شود، بلکه سبب اتلاف سرمایه‌های مادی نیز می‌شود. جنس، سن، طول، قطر و فشار هیدرولیکی از مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار در شکست لوله‌ها هستند. در این مقاله، از چهار روش آماری، برای تحلیل این متغیرها در شکست لوله‌ها استفاده شده است که هدف، یافتن معادلات لازم برای تخمین احتمال شکست لوله‌ها در آینده و تعیین پارامترهایی است که بیشترین تاثیر را بر روی احتمال شکست دارند. این چهار مدل رگرسیونی آماری عبارتند از مدل‌های رگرسیون خطی، نمایی، پواسون و لجستیک. به منظور ارزیابی روش‌های ارائه شده از داده‌های جمع‌آوری شده حوادث لوله‌ها در شبکه توزیع آب ناحیه ۱ از منطقه ۱ آب و فاضلاب شهر تهران با تعداد بیش از ۴۸۵۰۰ مشترک و ۵۸۲۷۰۲ متر طول کل لوله و متشکل از لوله‌هایی با جنس و قطرهای مختلف، استفاده شد. نتایج نشان دادند که از میان مدل‌های آماری بررسی شده، مدل رگرسیون لجستیک عملکرد بهتری داشته و با احتمال بالاتری می‌تواند حوادث آینده را پیش‌بینی کند.

کلمات کلیدی: شبکه‌های آب شهری، مدل رگرسیون، شکست لوله، نشت، حوادث و اتفاقات.

مناسب برای شناخت الگوی شکست لوله‌ها است. مدل‌های به کار رفته در این تحقیق عبارتند از مدل خطی^۲، مدل نمایی^۳، مدل خطی تعمیم یافته پواسون^۴ و مدل خطی تعمیم یافته لجستیک^۵، (Shamir and Kettler, 1985; Howard, 1979). روش بکار رفته در این مقاله بدین صورت انجام گرفت که ابتدا کلیه مدل‌های آماری رگرسیونی از نظر تئوری مورد مطالعه قرار گرفت و سپس با جمع‌آوری آمار و اطلاعات شبکه منطقه یک تهران مدل‌های آماری بر اطلاعات این منطقه فرمول‌بندی و برای کلیه متغیرهای فوق براساس این مدل‌ها روابطی تهیه شد که کلیه متغیرها در این روابط وجود داشته باشند. به دلیل تاثیر و اهمیت زیاد متغیرهایی نظیر قطر، طول، جنس، سن و فشار داخلی لوله که تاثیر بالایی در شکست لوله‌ها دارند این متغیرها انتخاب شدند.

۲- مواد و روش‌ها

روش رگرسیون از روش‌های آماری برای بررسی و مدل‌سازی ارتباط بین متغیرها است. تحلیل رگرسیونی، پرکاربردترین روش در بین تکنیک‌های آماری است (تابش و همکاران، ۱۳۸۷). آنچه در رگرسیون حائز اهمیت می‌باشد یافتن معادله‌ای است که بیان‌گر رابطه بین متغیرها بوده و از این معادله، پیش‌بینی یا برآوردهای لازم انجام گیرد. در بخش‌های زیر روش‌های رگرسیونی توضیح داده شده‌اند.

۲-۱- مدل رگرسیون خطی

در این مدل فرض بر آن است که متغیر Y تابعی از متغیر توصیفی X_i است (Montgomery et al., 1992):

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \varepsilon \quad (1)$$

که β_0 و β_i مقادیر ثابت یا پارامترهای رگرسیون هستند که تخمین زده می‌شوند. ε : مقدار خطا است با این فرض که خطاها با میانگین صفر و واریانس نامعلوم، توزیع نرمال داشته و مستقل باشند.

رابطه خطی بین تعداد شکست‌های یک قطعه از لوله و سن لوله، اولین بار توسط Kettler and Goulter (1985) مطرح شد (معادله ۲).

خرابی و شکست لوله‌ها در شبکه توزیع آب، چالش‌های زیادی را برای شرکت‌های آب و فاضلاب در سراسر جهان ایجاد می‌کند. خوردگی^۱ و پوسیدگی لوله‌ها منجر به شکست لوله‌ها، نشت جریان، کاهش ظرفیت حمل آب، افزایش هزینه‌های تعمیرات، کاهش ظرفیت آتش‌نشانی و آلودگی آب می‌شود. (Kropp and Herz, 2005) نشان دادند که برای یک لوله با شرایط محیطی ثابت، گذر زمان لوله را فرسوده و کارایی آن را کاهش می‌دهد. یکی از راهکارها و کلیدهای مهم مدیریت بهینه بهره‌برداری، اتخاذ استراتژی‌های صحیح نوسازی و بازسازی در شبکه‌های توزیع آب شهری، پیش‌بینی نرخ شکست لوله‌ها و ارزیابی قابلیت کاربری آن‌ها است. در نتیجه لازم است بررسی کاملی از حوادث و اتفاقات شبکه، عوامل مؤثر در ایجاد حادثه و تأثیر مشخصات لوله‌ها در تعداد حوادث و اتفاقات شبکه داشت. در سال ۲۰۰۰ به طور متوسط ۷۰۰ شکست لوله در روز در کانادا و آمریکا روی داده که هزینه‌ای معادل با ۱۰ میلیارد دلار کانادا در سال برای دولت‌های این دو کشور در برداشته است (Kabir et al., 2015). در تاکید اهمیت موضوع در شبکه‌های توزیع آب ایران، در سال ۱۳۷۶، حدود یک میلیون حادثه در سامانه‌های توزیع آب کشور رخ داده که بیش از ۲۰ درصد از کل درآمدهای شرکت آب و فاضلاب کشور را برای تعمیر، بازسازی و اصلاح به خود اختصاص داده است که حدود ۳۰ درصد این حوادث روی لوله‌های شبکه توزیع بوده است (بیگی، ۱۳۷۸). در کلان شهر تهران براساس وضعیت موجود تلفات آب بین ۲۵ تا ۳۰ درصد حجم کل آب تامین شده بوده که یکی از عوامل اصلی آن پوسیدگی و شکست لوله‌ها می‌باشد. قبل از اتخاذ هر تصمیمی برای تعمیر و تغییر لوله‌های فرسوده، نیاز است که درک بهتری از مکانیسم شکست و عوامل ایجاد شکست، به وجود بیاید. عواملی نظیر جنس لوله، محیط قرار گرفتن لوله و ویژگی‌های عملکردی سیستم می‌توانند روی احتمال شکست لوله‌ها تأثیر گذارند (جلیلی قاضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). روش‌های مختلف مدل‌سازی فیزیکی، مدل‌سازی توصیفی و مدل‌سازی آماری برای تحلیل شکست لوله‌ها، قابلیت اعتماد و عمر باقیمانده آن‌ها ایجاد شده است (Nishiyama and Filion, 2013).

هدف از این تحقیق، مقایسه‌ی مدل‌های آماری مختلف

$$N = k_0 \times A \quad (2)$$

که N : تعداد شکست‌ها در هر قطعه از لوله در سال، k_0 : پارامتر رگرسیون و A : سن لوله در اولین شکست هستند. این معادله حاصل از بررسی داده‌های شکست در طی ۱۰ سال در شهر Winnipeg کانادا است. آن‌ها همچنین دریافتند که رابطه‌ای خطی منفی بین قطر لوله‌ها و نرخ شکست وجود داشته که نشان می‌دهد قطر لوله‌ها با نرخ شکست رابطه عکس دارد.

در تحقیق حاضر، با تغییراتی که در فرم ابتدایی رابطه (۱) اعمال شد، عواملی مانند جنس، طول، فشار داخلی و قطر لوله به معادله اولیه که فقط شامل زمان بود اضافه شدند. مدل اصلاح شده در رابطه (۳) آمده است.

$$N = \beta_0 + \beta_1(L) + \beta_2(P) + \beta_3(D) + \beta_4(Age) + \beta_5(AC) + \beta_6(DI) + \beta_7(GCI) + \beta_8(PE) + \beta_9(PVC) \quad (3)$$

که N : تعداد شکست‌ها، P : فشار داخل لوله، D : قطر لوله، Age : سن لوله، AC : آبست، DI : داکتایل، GCI : چدن، PE : پلی‌اتیلن و PVC : لوله‌ی پی‌وی‌سی هستند.

۲-۲-۲ مدل رگرسیون نمایی

فرم کلی یک مدل رگرسیون غیرخطی عبارت است از (Kettler and Goulter, 1985):

$$y = f(x, \beta) + \varepsilon \quad (4)$$

که y : متغیر وابسته، $f(x, \beta)$: یک تابع غیرخطی با پارامترهای $\beta_0, \beta_1, \dots$ و ε : میزان خطای باقی‌مانده هستند. بزرگ‌ترین مزیت مدل‌های غیرخطی این است که می‌توانند طیف وسیعی از توابع را برازش دهند.

Shamir and Howard (1979) تحلیل رگرسیون غیرخطی را برای یافتن رابطه نمایی بین سن لوله و شکست‌های آن به‌کار بردند. مدل ارائه شده آن‌ها در معادله (۵) نشان داده شده است.

$$N(t) = N(t_0) \times e^{A(t+g)} \quad (5)$$

که $N(t)$: تعداد شکست‌ها در واحد طول در سال، $N(t_0)$: تعداد شکست‌ها در واحد طول در سال نصب لوله، t : زمان بین شکستگی یک سال تا سال شکستگی قبلی، g : سن لوله در زمان t و A : ضریب نرخ شکستگی در yr^{-1} است.

(Walski and Pellica 1982) با اضافه کردن دو پارامتر مؤثر دیگر در مدل فوق آن را به‌صورت معادله (۶) به‌دست آوردند:

$$N(t) = C_1 \times C_2 \times N(t_0) \times e^{A(t+g)} \quad (6)$$

که C_1 : بیانگر تأثیر شکست‌های قبلی لوله، براساس مشاهداتی است که لوله‌ای که قبلاً دچار حداقل یک شکست شده باشد، احتمال شکست مجدد آن بیشتر است و C_2 : بیانگر تفاوت نرخ شکست در لوله‌های چدنی با قطر متفاوت هستند.

۲-۳-۲ مدل خطی تعمیم‌یافته‌ی پواسون

این مدل پاسخ میانگین یک توزیع شرطی خاص را به یک تابع پیش‌بینی مرتبط می‌کند، که مبتنی بر یک تابع توزیع احتمال^۶ (PDF) فرضی برای داده‌های گسسته (شمارشی) و همچنین یک تابع اتصال بوده و پارامترهای تابع توزیع احتمال را به متغیرهای موجود ارتباط می‌دهند (Agresti and Kateri, 2011). اگر $x_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}]$ بردار متغیرهای کمکی از قطعه i -ام سیستم ($i=1, 2, \dots, m$) باشد، تعداد شکست‌های قطعه i با y_i نمایش داده می‌شود. سیستم مورد نظر در این تحقیق، سیستم توزیع آب و قطعات آن قطعات لوله‌ها خواهند بود. Guikema and Davidson (2006) مثال‌هایی از روش پواسون را برای تخمین خطر شکست در یک شبکه زیرساخت به‌کار بردند.

یک مدل رگرسیونی بر مبنای توزیع پواسون، مشخص می‌کند که میانگین شرطی آمارها در یک تابع پیوسته $(\vec{x}_i, \beta)$ از مقادیر متغیرهای مستقل، طبق معادله (۷) می‌باشد که در آن بردار $n \times 1$ از پارامترهای رگرسیون است (Cameron and Trivedi, 1998).

$$E(y_i | x_i) = \mu(\vec{x}_i, \beta) \quad (7)$$

با داشتن تابع x_i تابع y_i و برای مقادیر صحیح مثبت y_i روابط (۸) و (۹) به‌دست می‌آید.

$$f(y_i | x_i) = \frac{\mu_i^{y_i} \times e^{-\mu_i}}{y_i!} \quad (8)$$

$$E(y_i | x_i) = \exp(\vec{x}_i, \beta) \quad (9)$$

در مدل تعمیم‌یافته خطی پواسون فرض بر این است که میانگین شرطی و واریانس شرطی، برابرند.

$$\text{Logit}[P(x)] = \text{Log} \left[\frac{p(x)}{1-p(x)} \right] = \alpha +$$

$$\beta_0(D) + \beta_1(AC) + \beta_2(GCI) + \beta_3(DI) + \beta_4(PE) + \beta_5(PVC) + \beta_6(Age) + \beta_7(L) + \beta_8(P) \quad (16)$$

که $P(x)$: احتمال وقوع شکست، $1-P(x)$: احتمال عدم وقوع شکست، α : عرض از مبدا و β_i : پارامترهای رگرسیونی هستند که تخمین زده می‌شوند.

۲-۵- نرم‌افزار R

در این تحقیق برای مدل‌سازی آماری از نرم‌افزار R که یک نرم‌افزار متن‌باز برای محاسبات آماری و پردازش داده‌ها است استفاده شد (Maindonald, 2008; Everitt and Hothorn, 2010). این نرم‌افزار دارای توانایی‌های گسترده‌ای از محاسبات آماری نظیر مدل‌سازی خطی و غیرخطی، آزمون‌های کلاسیک آماری، تحلیل سری‌های زمانی، رده‌بندی و خوشه‌بندی بوده و دارای قابلیت بالایی در ترسیم اشکال گرافیکی و نمودارها است. در این نرم‌افزار کاربر علاوه بر استفاده از توابع موجود در آن، قابلیت ایجاد توابع جدید را داشته و می‌تواند به توابع قبلی اضافه کند (موسوی ندوشنی، ۱۳۹۱). اطلاعات بیشتر در مورد نحوه کارکرد و قابلیت‌های نرم‌افزار در سایت <http://cran.r-project.org> قابل دسترس است.

۳- منطقه مورد مطالعه

پایلوت مورد مطالعه، ناحیه ۱ از نواحی سه‌گانه منطقه شمیرانات تهران است. شکل ۱ نشان‌دهنده محدوده پایلوت مورد مطالعه است. تعداد مشترکین این ناحیه بالغ بر ۴۸۵۰۰ نفر و طول کل لوله‌های این ناحیه در حدود ۵۸۲۷۰۲ متر و دارای حوادث ثبت شده بالایی است. به‌عنوان مثال، تعداد حوادث در یک دوره زمانی از تیرماه ۱۳۸۳ تا آذرماه ۱۳۸۶ بیش از ۶۵۰۰۰ مورد بوده که از این میان سال ۱۳۸۶ به‌تنهایی بیش از ۲۵۰۰۰ مورد ثبت شده است. به‌دلیل محدودیت‌های موجود در جمع‌آوری اطلاعات، در نهایت پارامترهای جنس، قطر، طول، فشار و سن لوله برای بررسی در این تحقیق انتخاب شدند. در منطقه مورد مطالعه عمدتاً از لوله‌هایی با جنس‌های داکتایل، آریست، چدن، پلی‌اتیلن و PVC استفاده شده است و میانگین سن لوله‌ها حدود ۳۰ سال است. خلاصه‌ای از داده‌های ورودی در جدول ۱ آمده است.

$$\mu_i = \exp(\vec{x}_i, \vec{\beta}) \quad (10)$$

مدل خطی تعمیم یافته‌ی پواسون در اینجا به شکل معادلات (۱۱) تا (۱۳) است.

$$P(Y = y|\vec{x}) = e^{-\mu} \frac{\mu^y}{y!} \quad (11)$$

$$\mu = E(Y|\vec{x}) \quad (12)$$

$$\text{Log}(\mu) = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(AC) + \beta_3(GCI) + \beta_4(DI) + \beta_5(PE) + \beta_6(PVC) + \beta_7(L) + \beta_8(Age) + \beta_9(P) \quad (13)$$

که Y : تعداد شکست‌ها، β_i : پارامترهای رگرسیون و متغیرهای مستقل مطابق آنچه در بخش قبل توضیح داده شد هستند.

۲-۴- مدل خطی تعمیم‌یافته‌ی لجستیک (رگرسیون لجستیک)

در بسیاری از موارد هدف بررسی وقوع یا عدم وقوع شکست در یک لوله در یک بازه زمانی خاص است و نه تعداد شکست‌ها در آن لوله در کل. متغیر وابسته یک متغیر باینری است که وقتی حداقل یک شکست در یک بازه زمانی، در لوله‌ای رخ دهد مقدار متغیر پاسخ ۱ خواهد بود. متغیرهای مستقل می‌توانند مقدار یک را با احتمال P و مقدار صفر با احتمال $(1-P)$ داشته باشند.

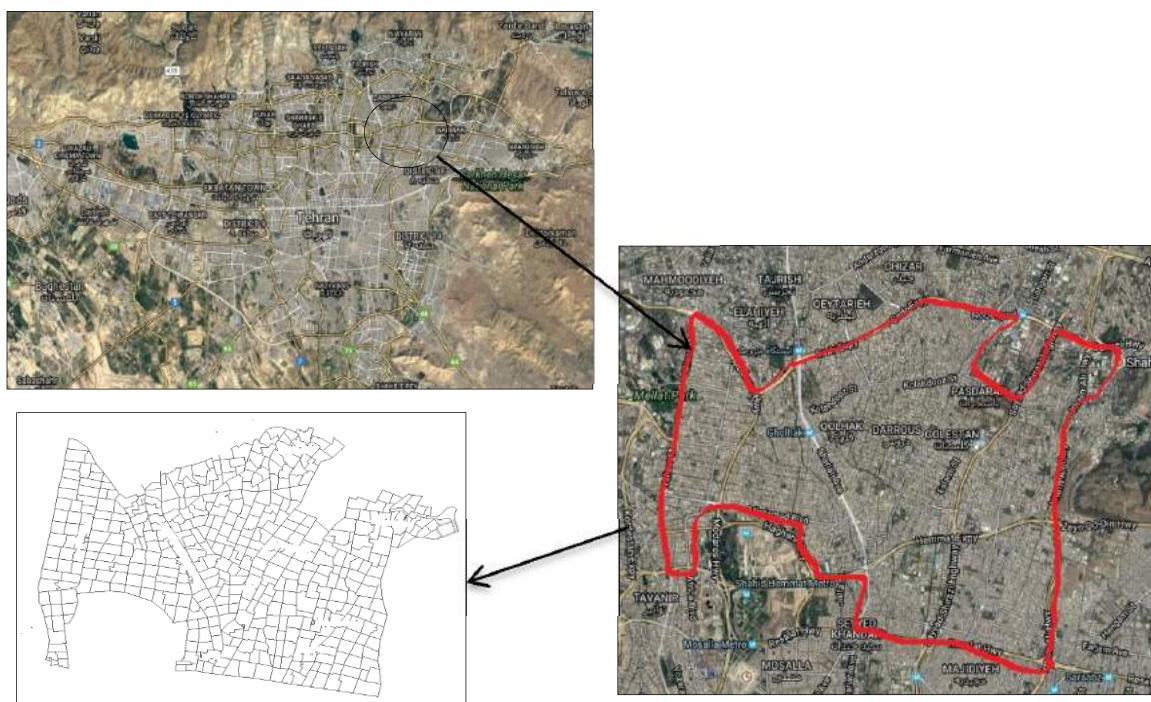
یک تابع رگرسیون لجستیک که تبدیل یافته P به لجیت^۷ آن است در معادله (۱۴) آمده است.

$$P = \frac{e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i}}{1 + e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i}} \quad (14)$$

که α : پارامتر ثابت رگرسیون، β_i : ضرایب رگرسیون برای متغیرهای توصیفی و x_i : متغیرهای مستقل هستند. یک فرم جایگزین برای این مدل، مدل لجیت است که در آن تابع اتصال یک تابع لجیت است. این تابع لجیت در معادله (۱۵) نشان داده شده است.

$$\text{Logit}[P(x)] = \text{Log} \left[\frac{p(x)}{1-p(x)} \right] = \alpha + \beta_1(x_1) + \beta_2(x_2) + \dots + \beta_i(x_i) \quad (15)$$

معادله (۱۶) مدل لجستیک تعمیم‌یافته خطی پیشنهاد شده است.



شکل ۱- محدوده‌ی پایلوت مورد مطالعه، ناحیه ۱ از منطقه ۱ شبکه آب تهران

p-value استفاده و سطح معناداری روی ۰/۰۵ تعریف شد. داده‌ها به مدل خطی برازش داده شدند و p-value برای متغیرهای مختلف محاسبه شد. متغیرهایی که سطح معناداری پایینی داشتند (با p-value بزرگ‌تر از ۰/۱) در برازش داده‌ها به مرحله بعدی حذف شدند، به عبارتی ارتباط معناداری بین آن‌ها و تعداد شکست‌ها وجود ندارد. این چرخه تا زمانی ادامه می‌یابد که تمام متغیرهای موجود در مدل سطح معناداری بالایی داشته باشند (p-value کوچک‌تر از ۰/۰۰۱). خلاصه‌ای از شش مرحله انجام شده در جدول ۲ آمده است. در نهایت مناسب‌ترین حالت، حالتی است که در معادله (۱۷) نشان داده شده است.

$$NB = 1.024 + 0.00073L - 1.293 DI \quad (17)$$

بالاترین مقدار p-value برای پارامترهای موجود در معادله (۱۷) مربوط به متغیر L و مقدار آن برابر $8/25 \times 10^{-16}$ بوده و برای متغیر DI از این مقدار نیز کمتر است. برای اطمینان از نتایج، باید دقت مدل‌های پیش‌بینی‌کننده با استفاده از مقادیر میانگین خطای مربعات (MSE) ارزیابی شود (جدول ۳). برای سنجش دقت مدل پیش‌بینی‌کننده، داده‌های موجود به دو دسته تقسیم شدند، به این صورت که

جدول ۱- متغیرهای ورودی پایلوت و واحد آن‌ها

متغیر	توضیحات	واحد
NB	تعداد شکست	-
D	قطر لوله	میلی‌متر
AC	سیمان آربست	-
DI	داکتایل	-
GCI	چدن	-
PE	پلی اتیلن	-
Age	سن لوله	سال

۴- نتایج و بحث

با تحلیل داده‌های موجود با روش‌های رگرسیونی، رابطه میان پارامترهای تأثیرگذار و نرخ حوادث به‌وقوع پیوسته، به‌دست آمده است. برای تحلیل مدل‌های حاصل از هریک از روش‌ها، دو رویکرد کلی مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا مدل به تمام داده‌های موجود برازش یافت. سپس در یک مرحله از ۷۰٪ داده‌ها به‌عنوان داده‌های مدل‌سازی و از ۳۰٪ باقیمانده، به‌عنوان داده‌های آزمون استفاده شد.

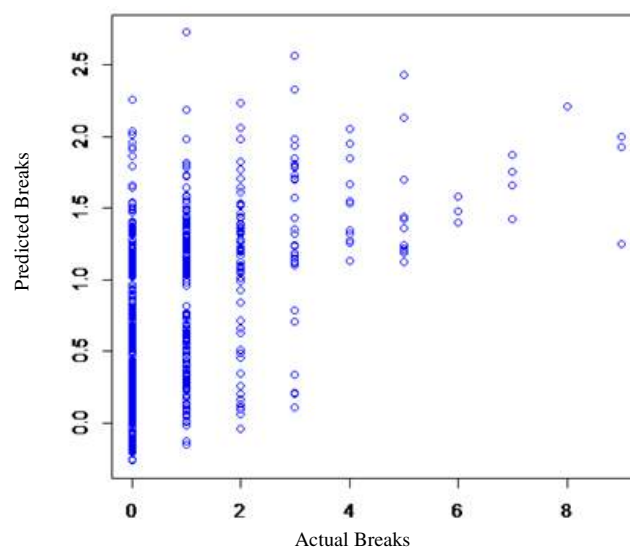
۴-۱- نتایج مدل خطی

در این بخش از یک رگرسیون خطی گام‌به‌گام بنابر مقادیر

جدول ۲- نتایج آزمون معناداری پارامترها در مدل خطی

حالت	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴	حالت ۵	حالت ۶
عرض از مبدا	****	****	****	****	****	****
L	****	****	****	****	****	****
P	*	*	*	.	.	-
D	.	-	-	-	-	-
Age	.	.	.	-	-	-
AC	.	.	.	-	-	-
DI	****	****	****	****	****	****
GCI	.	.	.	.	-	-
PE	NA	-	-	-	-	-
R ²	۰/۱۹۱۳	۰/۱۹۰۶	۰/۱۹۰۲	۰/۱۸۹۱	۰/۱۸۸۱	۰/۱۸۵۶
درجه آزادی	۷۷۱	۷۷۲	۷۷۳	۷۷۴	۷۷۵	۷۷۶

****	p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰ تا ۰/۰۰۱ است.
***	p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ است.
**	p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ است.
*	p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ است.
.	p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۱ تا ۱ است.
-	از پارامتر مورد نظر در مدل استفاده نشده است.



شکل ۲- نمودار تعداد شکست‌های پیش‌بینی شده در مقابل تعداد واقعی در مدل خطی

۴-۲- نتایج مدل نمایی

برآزش یک مدل رگرسیون غیرخطی، به مقادیر اولیه برای پارامترهای مدل نیاز دارد. استفاده از مقادیر اولیه مناسبی که به مقادیر صحیح پارامترها نزدیک باشد، مشکلات هم‌گرایی را به حداقل می‌رساند و یک انتخاب نامناسب منجر به دستیابی

۷۰٪ از لوله‌های هر جنس برای مدل‌سازی و ۳۰٪ باقیمانده به آزمون اختصاص یافت. شکل ۲ نشان‌دهنده تعداد شکست‌های پیش‌بینی شده در مقابل تعداد واقعی آن‌ها در سال است. میانگین مربعات خطاها (MSE) برای نرخ شکست‌های غیرصفر ۲/۳۷ و برای نرخ شکست‌های صفر ۰/۶۵ است (جدول ۳).

۳-۴- نتایج مدل پواسون

در این مدل نیز مشابه مدل‌های خطی و نمایی، مدل‌سازی با ۹ متغیر ابتدایی آغاز شده و سپس در طی عملیاتی گام به گام، در هر مرحله متغیری که سطح معناداری پایینی داشت، حذف شده و برازش مجدداً با متغیرهای باقیمانده انجام شد. مدل به‌دست آمده در معادله (۱۹) ارائه شده است.

$$\text{Log}\mu = 0.7158 + 0.00089 L - 0.144 P - 0.0034 D - 1.585 DI \quad (19)$$

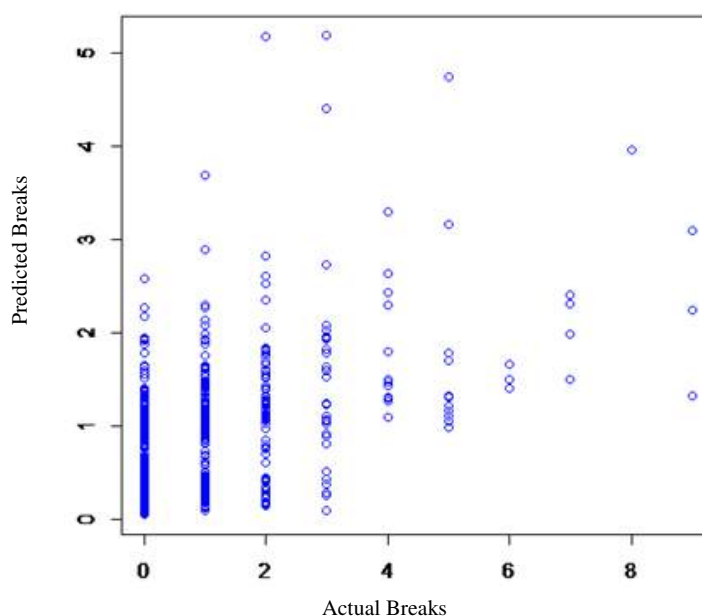
متغیرهای موجود در رابطه (۱۹) عبارتند از: طول لوله (L)، فشار داخلی لوله (P)، قطر لوله (D) و جنس لوله داکتایل. با تعریف سطح معناداری روی ۰/۰۵، متغیرهای فشار و جنس لوله داکتایل بالاترین سطح معناداری را از لحاظ آماری دارند. در این مدل تعداد شکست‌ها با افزایش طول لوله افزایش و با افزایش قطر، کاهش می‌یابند. همچنین استفاده از لوله‌های داکتایل منجر به کاهش تعداد شکست‌ها می‌شود.

تحلیل مدل‌سازی و آزمون درمورد این مدل انجام شد و نتایج نشان‌دهنده این مطلب است که مدل پواسون، در پیش‌بینی تعداد شکست‌های صفر بهتر از شکست‌های غیر صفر عمل می‌کند. شکل ۴ تعداد شکست‌های مشاهداتی در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده شکست‌ها است. مقدار میانگین مربعات خطاها،

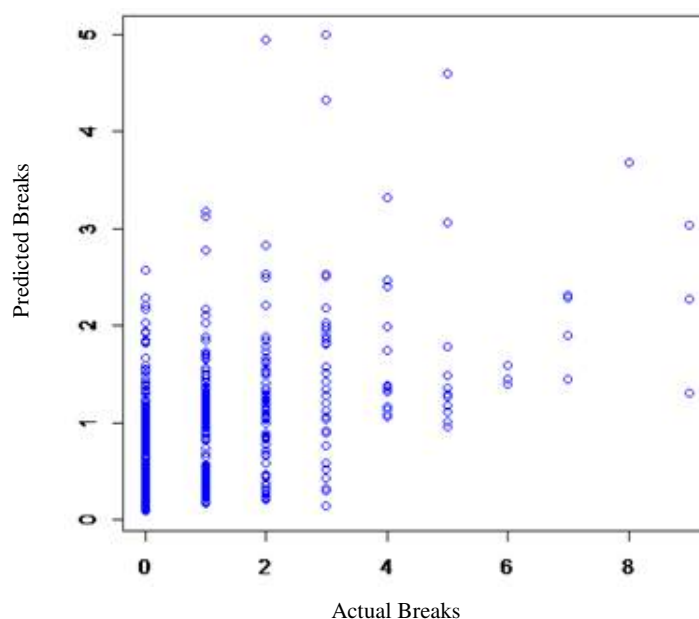
به یک مدل غیر بهینه می‌شود (Montgomery and Peck, 1992) انتخاب مقادیر اولیه، با استفاده از آزمون و خطا انجام شد و سپس این مقادیر به‌عنوان مقادیر اولیه پارامترها استفاده شد. مدل رگرسیون نمایی در معادله (۱۸) آمده است:

$$NB = \exp(0.00092L - 0.13P - 0.0049D - 0.79 AC - 0.895DI + 0.905GCI + 0.86(PE)) \quad (18)$$

بیشترین مقدار p-value برای پارامترهای موجود در معادله (۱۸) مربوط به طول لوله است و جنس لوله چدن داکتایل با کمترین مقدار p-value، بالاترین سطح معناداری از لحاظ آماری را دارد. در این معادله NB : تعداد شکست‌ها در ۳/۵ سال، L : طول لوله، P : فشار داخلی لوله، AC : جنس لوله آریست، DI : لوله با جنس داکتایل، GCI : لوله چدنی و PE : جنس لوله‌ی پلی‌اتیلن است. براساس پارامترهای برآورد شده در معادله (۱۸) برای متغیرهای موجود، با افزایش طول لوله تعداد شکست‌ها افزایش یافته است. همچنین بین قطر لوله و تعداد شکست‌های آن رابطه‌ی عکس وجود دارد و استفاده از جنس داکتایل با کاهش معناداری تعداد حوادث همراه بوده است. مقدار میانگین مربعات خطاها، برای شکست‌های صفر و غیر صفر، به‌ترتیب برابر ۰/۹۵ و ۴/۱۷ است (جدول ۳).



شکل ۳- نمودار تعداد شکست‌های پیش‌بینی شده در مقابل تعداد واقعی در مدل نمایی



شکل ۴- نمودار تعداد شکست‌های پیش‌بینی شده در مقابل تعداد واقعی در مدل پواسون

در پیش‌بینی‌ها تقریباً مشابه و مدل پواسون داده‌ها را به شکل بهتری برازش می‌دهد. مقایسه میانگین مربعات خطاها برای تعداد شکست‌های صفر و غیرصفر نشان می‌دهد که هر سه مدل تعداد شکست‌های صفر را بهتر از شکست‌های غیرصفر پیش‌بینی می‌کنند (جدول ۳). همچنین، نتایج مدل نمایی و پواسون بسیار به یکدیگر نزدیک هستند. به طور کلی، تا این جا مدل‌های به کار رفته در این تحقیق، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده مناسبی برای تعداد شکست‌های غیرصفر نیستند. برای رفع مشکل ناتوانی مدل‌های قبلی در پیش‌بینی تعداد شکست‌های غیرصفر، از مدل لجستیک استفاده شد.

برای شکست‌های صفر و غیرصفر، به ترتیب برابر $0/55$ و $2/3$ است (جدول ۳).

در جدول ۴ آماره‌های نکویی برازش، برای مدل‌های خطی، نمایی و پواسون برای رکورد $3/5$ ساله داده‌های پایلوت نشان داده شده است.

با در نظر گرفتن مقادیر AIC^A ، انحراف^۱ و GCV^1 ، مدلی که کمترین مقادیر را در این سه آماره دارد، مدل مناسب‌تر است. از سوی دیگر، با در نظر گرفتن لگاریتم احتمال LL^{11} ، مدل با بیشترین مقدار این آماره مدل بهتری است. براساس نتایج موجود به نظر می‌رسد که کیفیت مدل خطی و نمایی

جدول ۳- میانگین مربعات خطاها برای مدل‌های رگرسیون خطی و نمایی و پواسون

مدل	MSE	MSE برای شکست صفر	MSE برای شکست غیرصفر
رگرسیون خطی	۱/۴۱۴	۰/۶۵	۲/۳۷
رگرسیون نمایی	۱/۳۰۵	۰/۵۴	۲/۲۸
رگرسیون پواسون	۱/۳۱۲	۰/۵۵	۲/۳

جدول ۴- خلاصه آماره‌های نکویی برازش برای مدل‌های رگرسیون خطی و نمایی و پواسون

نوع مدل	Log Likelihood (LL)	AIC	Deviance	GCV
رگرسیون خطی	-۱۲۴۰/۴۱	۲۴۸۸/۸۳	۱۱۰۱/۸۸	۱/۴۲
رگرسیون نمایی	-۱۲۰۹/۰۸	۲۴۳۴/۱۴	۱۰۱۶/۷	۱/۳۲
رگرسیون تعمیم‌یافته خطی پواسون	-۹۰۰/۷۵	۱۸۱۱/۵	۹۹۱/۳۶	۱/۳۲

۴-۴- نتایج مدل لجستیک

برخلاف سه مدل قبلی که به خاطر وجود تعداد شکست‌های صفر زیاد در داده‌ها، مدل مناسبی نبودند، مدل لجستیک به‌طور ویژه‌ای برای کار با داده‌های باینری ۰ و ۱، در مواقعی که تعداد زیادی عدد صفر وجود دارد، طراحی شده است. چنانچه یک لوله در طی بازه زمانی ثبت داده‌های جمع‌آوری شده، حداقل یک شکست را تجربه کرده باشد، متغیر پاسخ صفر و یک برای آن، مقدار یک خواهد بود. داده‌های موجود با چهار حالت لجستیک برازش شدند که از میان آن‌ها حالت چهارم مناسب‌ترین مدل است. نتایج برازش نشان می‌دهد که متغیرهای طول، سن، جنس لوله چدن داکتایل و چدنی از لحاظ آماری، در سطح ۰/۰۵ معنادارند.

در طی مدل‌سازی، متغیرهای دیگر تا قبل از رسیدن به حالت چهارم، متغیرهای مستقل دیگر اگر دارای وضعیت معناداری نبودند حذف شدند. نتایج معناداری در برازش مدل کلی در

جدول ۵ آمده است. در معادله (۲۰) مدل نهایی با پارامترهای برآورد شده آمده است.

همان‌طور که دیده می‌شود با افزایش طول و سن لوله، تعداد شکست‌های مدل افزایش می‌یابد، همچنین استفاده از لوله‌هایی با جنس چدن داکتایل باعث کاهش تعداد شکست‌ها و برعکس،

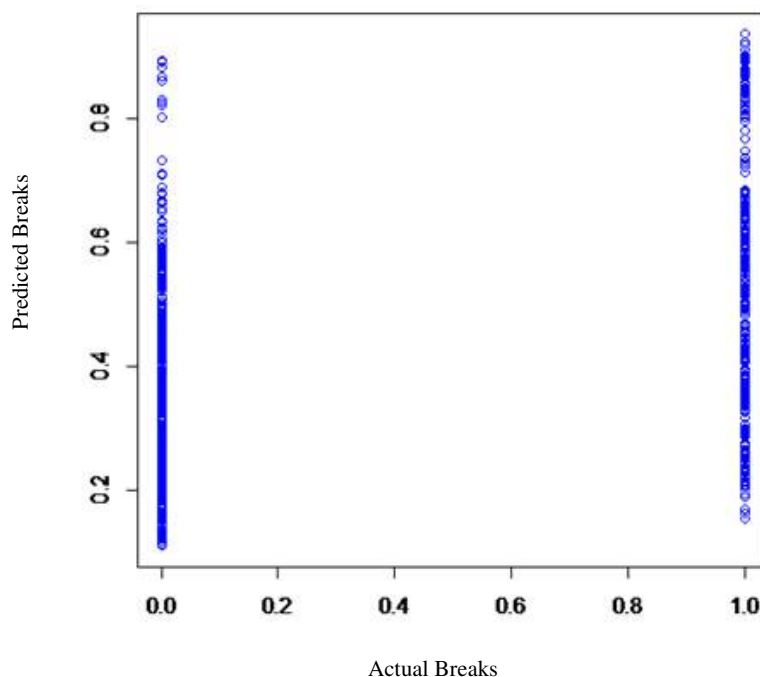
$$\text{Logit}(P(x)) = 0.0009L - 0.2P + 0.025\text{Age} - 0.76DI + 1.38GCI \quad (20)$$

استفاده از لوله‌های چدنی باعث افزایش شکست‌ها می‌گردد. با توجه به جدول ۷، انحراف این مدل ۹۳۶/۶۰ و درجه آزادی ۷۷۴ و AIC برابر ۹۴۶ برای همین درجه آزادی است. مقادیر پارامترهای رگرسیون نشان می‌دهد که در لوله‌های با طول بیشتر، احتمال تجربه‌ی شکست بالاتر است. همچنین با توجه به شکل ۵ دیده می‌شود که مدل کلی در پیش‌بینی نرخ شکست‌های صفر بهتر عمل می‌کند.

جدول ۵- نتایج آزمون معناداری پارامترها در مدل خطی تعمیم‌یافته لجستیک

حالت ۴	حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	
-	-	-		عرض از مبدا
****	****	****	****	L
****	**	**	**	P
-	*	*	*	D
***	***	***	**	Age
-	-	*	*	AC
****	****	****	****	DI
****	****	**	**	GCI
-	-	-	NA	PE
۹۳۶/۰۶	۹۳۴/۰۱	۹۳۳/۱۴	۹۳۲/۷۱	Residual Deviance
۹۴۶	۹۴۶	۹۴۷/۱۴	۹۴۸/۷۱	AIC

p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰ تا ۰/۰۰۱ است.	****
p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ است.	***
p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ است.	**
p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ است.	*
p-value برای پارامتر مورد نظر بین ۰/۱ تا ۱ است.	.
از پارامتر مورد نظر در مدل استفاده نشده است.	-



شکل ۵- نمودار تعداد شکست‌های پیش‌بینی شده در مقابل تعداد واقعی در مدل لجستیک

۵- نتیجه‌گیری

مدل نمایی، پواسون و لجستیک، نتایج فشار با میزان شکست در پایلوت مورد مطالعه هم‌خوانی نداشته که این موضوع می‌تواند ناشی از دو علت باشد:

اول- داده‌های موجود در مورد فشار کافی نبوده و نیاز به اطلاعات بیشتر بوده و یا مقادیر آن‌ها به اندازه داده‌های موجود در سایر پارامترها نبوده است؛

دوم- تاثیر پارامترهای دیگر نظیر نو بودن لوله‌ها و یا افزایش قطر لوله‌ها بر پارامتر فشار تاثیر داشته است.

۶- تشکر و قدردانی

از شرکت آب و فاضلاب منطقه ۱ تهران برای دریافت داده‌ها و از آقای دکتر موسوی ندوشنی عضو هیئت علمی و آقای آهنی دانشجوی دکترای منابع آب دانشگاه شهید بهشتی برای همکاری در این تحقیق تشکر می‌شود.

۷- پی‌نوشت‌ها

- 1- Corrosion
- 2- Time linear model
- 3- Exponential model

بررسی نتایج برازش داده‌ها با مدل خطی نشان می‌دهد که مدل مناسبی برای پیش‌بینی نرخ شکست در شبکه‌ی توزیع آب نیست. مدل نمایی ارائه شده در رابطه (۱۸)، نشان می‌دهد که با افزایش طول لوله، تعداد شکست‌ها افزایش می‌یابد و با افزایش مقادیر متغیرهای قطر، تعداد شکست‌ها کاهش می‌یابد. همچنین استفاده از لوله چدن داکتایل باعث کاهش شکست‌ها و برعکس استفاده از لوله‌های با جنس سیمان آریست، چدن و پلی‌اتیلن، رابطه مستقیم با افزایش تعداد شکست‌ها دارد. مقادیر MSE (میانگین مربعات خطاها) در دو مدل نمایی و خطی تعمیم‌یافته پواسون بسیار نزدیک و کمتر از مدل خطی هستند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل پواسون، در مقایسه با دو مدل نمایی و خطی مدل مناسب‌تری در پیش‌بینی شکست‌ها است.

مدل رگرسیون لجستیک، با توجه به مقدار پایین MSE برای لوله‌های با شکست صفر، نتایج بسیار خوبی ارائه می‌دهد. در مجموع می‌توان گفت مدل لجستیک، مدل مناسب‌تری در تخمین و پیش‌بینی احتمال شکست لوله‌های سیستم توزیع پایلوت مورد نظر در بازه زمانی سه سال و نیم بوده است. در سه

Nishiyama, M., and Fillion, Y., (2013), "Review of statistical water main break prediction models", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 40(10), 972-979.

Shamir, U., and Howard, C., (1979), "An analytical approach to scheduling pipe replacement", *Journal of American Water Works Association*, 71(5), 248-258

- 4- Poisson generalized linear model
- 5- Logistic generalized linear model
- 6- Probability distribution function
- 7- LOGIT
- 8- AKAIKE Information Criterion
- 9- Deviance
- 10- Generalized Cross Validation
- 11- Log likelihood
- 12- Mean Squared Error

۸- مراجع

- بیگی، ف.، (۱۳۷۸)، «آسیب‌شناسی شبکه‌های توزیع آب شهری»، فصلنامه آب و محیط زیست، ۳۷، ۱۰-۱۶.
- تابش، م.، آقای، آ.، و ابریشمی، ج.، (۱۳۸۷)، «بررسی نقش عوامل موثر بر فراوانی حوادث در لوله‌های اصلی آبرسانی با استفاده از الگوی رگرسیونی ترکیبی»، نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۴۲(۶)، ۶۹۱-۷۰۳.
- جلیلی قاضی‌زاده، م.، حنیفی یزدی، س.ح.، و راستی اردکانی، ر.، (۱۳۸۷)، «ارائه روابط پیش بینی وقوع حوادث در شبکه‌های توزیع آب شهری»، دومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران.
- موسوی ندوشنی، س.س.، (۱۳۹۱)، آشنایی با زبان آماری R، انتشارات دانشگاه شهید عباسپور.
- Agresti, A., and Kateri, M., (2011), *Categorical data analysis*, Springer.
- Cameron, A.C., and Trivedi, P.K. (1998), "Regression analysis of count data", 53, Cambridge University.
- Everitt, B., and Hothorn, T., (2010), *A handbook of statistical analyses using R*, Second Edition, CRC Taylor and Francis Groups.
- Kabir, G., Tesfamariam, S., Francisque, A., and R. Sadiq, (2015), "Evaluating risk of water mains failure using a Bayesian belief network model", *European Journal of Operational Resources*, 240(1), 220-234.
- Kettler, A., and Goulter, I., (1985), "An analysis of pipe breakage in urban water distribution networks", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 12(2), 286-293.
- Kropp, I., Gat, Y.L., and Poulton, M., (2009), "Application of a failure forecast model at the strategic asset management planning level", In: *Proceedings of LESAM 2009*, Miami, USA.
- Maindonald, J.H., (2008), *Using R for data analysis and graphics introduction, code and commentary*, Centre for Mathematics and Its Applications, Australian National University.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A., and Vining, G.G., (2012), *Introduction to linear regression analysis*, 821, John Wiley & Sons.

The Crises of 4000 Patients in Pardis City

Ahmad Moshiri¹ and Mehrshad Samadi²

1- Advisor to General Director of Tehran Water and Wastewater Company in Water Sanitation and Quality Control and Former Director of Water Sanitation and Quality Control Department

2- Director of Research and Improve Productivity Department of South-West Tehran Water and Wastewater Company

Abstract

One of the necessary systems for today's organizations is "knowledge management". Acquiring tacit knowledge of organization's experts and converting it to explicit knowledge, which is more capable and easier to be shared compared to tacit knowledge, is one of the most important procedures in knowledge management. In this paper, sample experiences regarding sickness of 4000 habitant in Pardis city because of water quality crises and activities to identify and troubleshooting of the problem has been described. This article can be useful for managers and experts in exploitation of water and waste water especially those at field of water and waste water quality and hygiene.

Keywords: Crises management, Experience, Knowledge acquisition, Knowledge management, Quality and hygiene of water and wastewater.

بحران، واژه‌ای آشنا در مدیریت آب و فاضلاب شهری است. اهمیت آب به‌عنوان مهم‌ترین عامل حیات بشری باعث کم بودن آستانه تحمل مشترکین و به‌طور کلی مصرف‌کنندگان آب است که این امر، در کنار سرعت بالای گستردگی بحران، واکنش سریع و صحیح شرکت‌های آب و فاضلاب در زمان مواجهه با مشکلات و یا بحران‌های کیفی در آب و فاضلاب را می‌طلبد. داشتن دانش بالا برای مسئولین در مدیریت چنین بحران‌هایی حائز اهمیت است. در این مقاله، سعی شده چکیده دانش حاصله از رویارویی با یک بحران در حوزه کیفیت آب و بهداشت فاضلاب ارائه شود.

روش به‌کار گرفته شده در این تحقیق، براساس ابزارهای معمول در کسب دانش ضمنی خبرگان از جمله روش

بحران ۴۰۰۰ بیمار در شهر پردیس

احمد مشیری^۱ و مهرشاد صمدی^۲

۱- مشاور مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب استان تهران در زمینه کنترل کیفیت و بهداشت آب و فاضلاب و مدیر اسبق کنترل کیفیت و بهداشت آب و فاضلاب استان تهران (صاحب تجربه)

۲- سرپرست دفتر پژوهش و بهبود بهره‌وری شرکت آب و فاضلاب جنوب غربی استان تهران (نگارنده تجربه)

چکیده

یکی از نظام‌های ضروری در سازمان‌های امروزی، مدیریت دانش است. اکتساب دانش ضمنی خبرگان سازمان و تبدیل آن به دانش صریح که قابلیت و سهولت به اشتراک گذاری بیشتری نسبت به دانش ضمنی دارد، از مهم‌ترین رویه‌ها در مدیریت دانش است. در این مقاله، نمونه‌ای از تجربیات حاصله در مدیریت بحران‌های کیفی آب که مربوط به بیمار شدن ۴۰۰۰ نفر در شهر پردیس و اقدام‌های انجام شده برای شناسایی علت وقوع و نیز رفع مشکل انجام شده، تدوین شده است. این مقاله می‌تواند برای مدیران و کارشناسان بهره‌برداری آب و فاضلاب خصوصاً در حوزه کنترل کیفی و بهداشت مفید باشد.

واژگان کلیدی: مدیریت دانش، اکتساب دانش، تجربه، کیفیت و بهداشت آب و فاضلاب، مدیریت بحران

۱- مقدمه و بیان مسئله

یکی از متداول‌ترین راه‌های انتقال دانش، تبدیل دانش ضمنی افراد به دانش صریح برای در اختیار قرار دادن برای سایرین است. همانند هر حوزه کاری دیگری، در حوزه بهره‌برداری آب و فاضلاب، قسمتی از دانش لازم برای انجام درست فعالیت‌ها، چه اقدامات برنامه‌ریزی شده در زمان‌های عادی و چه اقدامات کوتاه‌مدت و واکنشی در زمان بحران‌ها، به‌طور تدریجی و با قرار گرفتن در موقعیت‌های زمانی و مکانی خاص حاصل می‌شود و الزاماً در کتب و مراجع فنی و مدیریتی به‌طور صریح قید نشده‌اند. بنابراین باید این دانش بین خبرگان، مسئولین و متخصصان صنایع انتقال یابد.

داستان‌سرایایی و تکنیک مصاحبه است. مراحل ثبت تجربه به شرح زیر بوده است:

- ثبت هر مورد بدون ویرایش نگارشی توسط تیم نگارش تجربه (با هدف از دست ندادن هیچ یک از تکه دانش‌های موجود در ذهن فرد خبره)؛

- ویرایش نگارشی مورد‌های ثبت شده؛

- استخراج تکه دانش‌های اصلی و ناب از هر تجربه.

دسته بندی موضوعی: پس از بررسی کلیات تجارب ثبت شده، سه نوع کلی در حل مسئله بحران‌ها شناسایی شد:

- عامل اصلی بحران در شبکه یا تأسیسات مربوط به شرکت آب و فاضلاب شهری بوده است؛

- عامل اصلی بحران خارج از شبکه یا تأسیسات مربوط به شرکت آب و فاضلاب شهری بوده است؛

- مشکل خاص یک مشترک بوده است.

۲- نمونه تجربه: بحران ۴۰۰۰ بیمار منطقه پردیس

شرح حادثه: در دی‌ماه ۱۳۹۲، طی گزارش‌های واصله از مسئولین وزارت بهداشت، نشانه‌هایی از بیماری با علائم مشابه مسمومیت شامل ناراحتی‌های گوارشی (اسهال و استفراغ) شدید در سطح نسبتاً وسیعی از شهر پردیس واقع در شرق استان تهران گزارش شد. تا ساعت ۲۰ (چیزی حدود ۱۴ ساعت پس از اعلام حادثه)، بیماری حدود ۴۰۰۰ نفر تأیید شد. پیامدهای اجتماعی حادثه دارای شدت و گستردگی بالایی بود به‌طوری‌که ظرف مدت کوتاهی، رسانه‌های جمعی به اطلاع‌رسانی در این خصوص پرداختند. اهمیت و ابعاد موضوع به‌نجوی بود که در نهایت و حتی پس از رفع بحران، منجر به جابه‌جایی تعدادی از مسئولین شرکت آب و فاضلاب شد.

شناسایی و رفع علت:

ادعاهای اولیه: وجود ایراد در شبکه آب شرب شهری به‌علت یافتن دو نمونه آب در دو نقطه متفاوت، با «E.coli مثبت» توسط تیم نمونه‌گیری وزارت بهداشت

یافته‌های اولیه: بررسی اعداد و ارقام ثبت شده در دستگاه کنترل کیفی پنج‌کاناله نصب شده در تنها ورودی آب شهر: عدم مشاهده داده ثبت شده مبنی بر وجود مشکل در آب

بررسی ادعای اولیه با توجه به تضعیف فرضیه براساس نخستین یافته‌ها: محل‌های نمونه‌برداری، در اطراف لوله تخلیه خط انتقال بود که این لوله از جنس آریست بوده و در

نتیجه نمونه‌های اخذ شده غیراستریل تشخیص داده شده و فرضیه وجود مشکل کیفی در شبکه آب شهری رد شد.

خوشه‌بندی بیماران: ۷۰ درصد بیماران، کودکان ۷ تا ۱۲ ساله و ۷۰ درصد آن‌ها دختر بودند؛ و نیز ۷۰ درصد این دختران از یک مدرسه بودند.

اقدام براساس نتایج خوشه‌بندی: در حضور نیروهای امنیتی، اطراف مدرسه به‌طور کامل نمونه‌برداری شد که مشخص شد همه چیز پایدار بود، یعنی $PH < 8$ ، کلر (0.5 ppm) تا (0.8 ppm) و کدورت کمتر از یک بود.

یافته خاص: فضای سبز نزدیک مدرسه

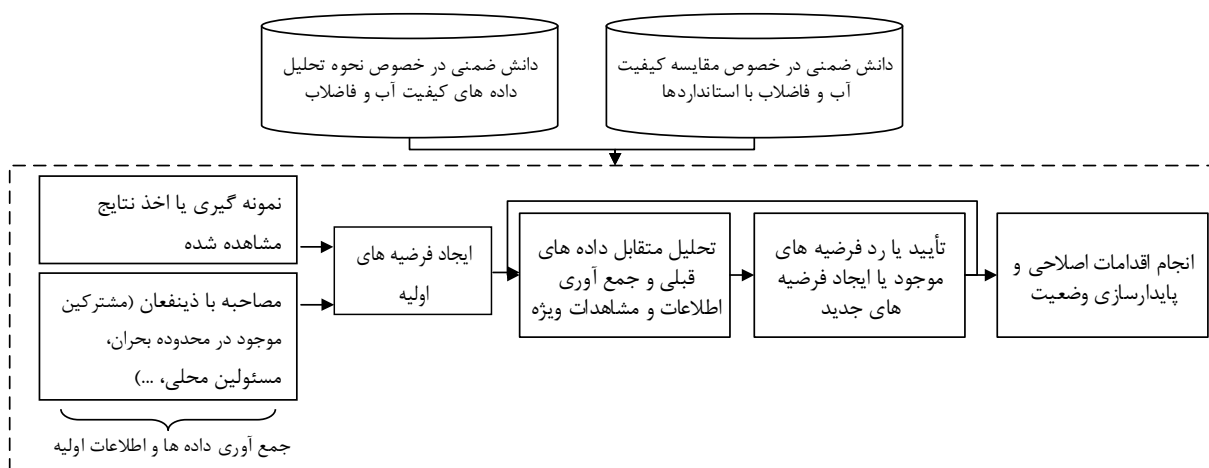
تهیه نمونه آب از محل فضای سبز در (۱) حالت عادی و (۲) پس از قطع کردن آب کل شبکه: تغییر مشخص‌های کیفی آب
فرضیه: استفاده از آب غیرمجاز: پیمانکار فضای سبز شهرداری در یکی از حوضچه‌های خط انتقال، با یک لوله مستقل از شبکه آب شهری، آب غیرمجاز برداشت کرده است (تأیید فرضیه).

تأثیرگذاری فرضیه بر مورد تحت مطالعه: زمانی که فشار شبکه بالا بوده از شبکه آب شهری برای آبیاری فضای سبز استفاده شده است و مواقعی که فشار شبکه آب شهری کم می‌شده، آب فضای سبز شهرداری که از یک قنات فرسوده بوده (آبی فاقد کلر و E.coli مثبت) به شبکه آب شهری نفوذ می‌کرده است.

اقدامات نهایی: یافتن لوله آب غیرمجاز و رفع مشکل منطقه، افزایش تعداد سیستم‌های آنلاین ۵ کاناله (کلر، کدورت، دما، PH و EC) در انتهای شبکه پردیس، مخازن توزیع و کولکتورها (برای حصول اطمینان از پایداری در پایش کیفیت).

۳- نتیجه گیری و پیشنهاد

مطابق با درس‌های فراگرفته شده (که نمونه‌ای از آن‌ها در این مقاله قید شده است)، مدل کلی که به‌طور ذهنی در هنگام مواجهه با بحران‌های کیفی آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته در شکل ۱ قید شده است. در این مدل دانش ضمنی فرد خبره نقش یک توانمندساز در انجام تحلیل‌های فنی را دارا است. همچنین به محققان پیشنهاد می‌شود، با استفاده از ابزارهای مهندسی دانش از جمله استدلال مبتنی بر مورد و یا استدلال قانون‌گرا برای ثبت و بازیابی دانش خبرگان خصوصاً



شکل ۱- مدل ذهنی رفع بحران کیفی آب و فاضلاب

دانش حاصله از بحران‌ها، زمینه‌هایی برای تصمیم‌گیری سریع‌تر و اثربخش‌تر در شرایط بحران را ایجاد کنند.

۴- منابع

اخوان، پ. و باقری، ر.، (۱۳۸۹)، مدیریت دانش از ایده تا عمل، جلد اول، چاپ اول، انتشارات آتی‌نگر.
 دری، ب. و صالحی، م.، (۱۳۸۹)، مدیریت تجربه (مبانی، رویکردها و روش‌های به‌کارگیری مدیریت تجربه)، جلد اول، چاپ اول، انتشارات سرآمد.
 یاریگر روش، ح.، (۱۳۹۳)، راهنمای درس‌های فراگرفته شده، جلد اول، چاپ اول، انتشارات پژوهشی هانی.



آقای مهندس سید علیرضا طباطبایی مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد

✿ لطفا ضمن معرفی اجمالی از خود یک معرفی مختصر نیز از شرکت آب و فاضلاب مشهد ارائه فرمائید.

اینجانب سید علیرضا طباطبایی متولد سال ۱۳۴۸، دارای تحصیلات مهندسی مکانیک و فوق لیسانس مدیریت اجرایی، مدیریت عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد و عضو اصلی هیئت مدیره شرکت آب و فاضلاب مشهد هستم. سمت‌های قبلی اینجانب عبارت از: معاون بهره برداری شرکت آب و فاضلاب مشهد، مدیریت آب و فاضلاب منطقه ۳ شرکت آب و فاضلاب مشهد، مدیر امور اجرایی طرح‌های فاضلاب شهری شرکت آب و فاضلاب مشهد، رئیس گروه توسعه شبکه شرکت آب و فاضلاب مشهد و کارشناس تاسیسات می‌باشد.

در سال ۱۳۰۷ شعبه میاه در شهر مشهد با هدف تامین آب شرب شهر از طریق اجاره و در اختیار گرفتن قنوات و نگهداری آن‌ها تشکیل شد که در ۱۳۲۰ به دایره میرآبی تغییر نام یافت. در سال ۱۳۲۸ اولین شبکه توزیع در منطقه‌ای از شهر مشهد با حفر تعدادی چاه فعال شد. در ۱۳۳۷ اولین طرح آب‌رسانی با حفر ۸ حلقه چاه آب شرب عمیق در منطقه قاسم آباد و ساخت ۱۵۰۰۰ مترمکعب مخزن ذخیره آب و اجرای خطوط انتقال به‌طول ۱۹ کیلومتر آغاز شد. در سال ۱۳۴۲ سازمان آب با مسئولیت تامین و توزیع آب آشامیدنی از شهرداری مجزا شد. در سال ۱۳۵۶ سازمان آب مشهد و اداره کل آبیاری خراسان در یکدیگر ادغام و شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان تشکیل شد. سال ۱۳۶۹ قانون تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب شهری مصوب و شرکت آب و فاضلاب خراسان از آب منطقه‌ای جدا شد که در سال ۱۳۷۱ نیز شرکت آب و فاضلاب مشهد از

آب و فاضلاب استان جدا و به‌طور مستقل ایجاد شد.

✿ نکته تمایز شرکت آب و فاضلاب مشهد نسبت به دیگر شرکت‌های آب و فاضلاب چیست؟

پیشرو بودن در کاهش هدررفت آب علیرغم گسترش محدوده خدماتی، به‌دلیل جدیت در امر اصلاح و توسعه خطوط و شبکه‌های موجود، استفاده از دانش روز برای اجرای پروژه‌های جدید، روش‌های مختلف حفاری و استفاده از تجهیزات به‌روزتر و بهبود بهره‌وری در پروژه‌های در حال بهره‌برداری با ارتقای آن‌ها مثل ارتقای تصفیه‌خانه فاضلاب پرکند ۲ به‌گونه‌ای است که در بسیاری از ارزیابی‌ها دارای رتبه‌های برتر می‌باشد. تحت پوشش قراردادن ۱۰۰ درصدی جمعیت تحت پوشش آب شرب و بیش از ۶۵ درصدی جمعیت تحت پوشش خدمات فاضلاب، استفاده از تسهیلات ارزی برای ساخت دو تصفیه‌خانه فاضلاب شهر مشهد با سیستم‌های پیشرفته تصفیه، پیگیری مجدد استفاده از تسهیلات ارزی برای ساخت ۲۸۶۰۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز تصفیه‌خانه فاضلاب جدید و استفاده از منابع مالی غیردولتی (فاینانس) داخلی برای اولین بار در کشور و توسعه آن به سایر شرکت‌های آب و فاضلاب برای تسریع در اجرای پروژه‌های فاضلاب از جمله اقدامات متمایز این شرکت است.

✿ علت تفکیک آب و فاضلاب مشهد از خراسان رضوی

چيست و چگونه يکنواختی و عدالت در سرویس‌دهی بین شهرهای استان حفظ می‌شود؟

تشکیلات آب شرب سایر شهرهای خراسان در آن زمان تحت مدیریت شهرداری‌های ۴۹ شهر اداره می‌شد که با توجه به تعداد شهرها و مشکل تحویل‌گیری تاسیسات و پرسنل از شهرداری‌ها این‌کار تحت برنامه‌ای زمان‌بندی شده شروع و ادامه یافت ولی با توجه به این‌که شهر مقدس مشهد به لحاظ محدودیت منابع آبی و فرسودگی تاسیسات آب آن از یک‌طرف و افزایش جمعیت، آن‌هم در فصل تابستان از طرف دیگر، مستلزم استقرار مدیریتی مستقل بود، پس از بررسی و هماهنگی با مقامات استان و مسئولین وزارت نیرو در دی‌ماه ۱۳۷۱، شرکت آب و فاضلاب مشهد به‌طور مستقل ایجاد شد.

نقاط ضعف و قوت عملکرد شرکت آب و فاضلاب مشهد را بیان کنید.

نقاط قوت عبارتند از:

- وجود برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری در فعالیت‌های شرکت و تدوین نقشه راه؛
- وجود زیرساخت مبتنی بر IT در کلیه فعالیت‌های شرکت؛
- شناسایی فرآیندهای کاری شرکت و تدوین دستورالعمل‌های کاری برای آن؛
- وجود سیستم‌های مدیریت کیفیت، مدیریت انرژی، امنیت اطلاعات، کنترل پروژه؛
- منابع انسانی توانمند و دارای دانش فنی مرتبط؛
- استفاده از بستر پژوهش و تحقیقات برای رفع آسیب‌های شرکت و ارتقای بهره‌وری؛
- ستفاده از سیستم‌های کنترل از راه دور، تله‌متری و سامانه‌های پایش لحظه‌ای در تاسیسات، مخازن و شبکه‌های توزیع به‌منظور بهره‌برداری بهتر؛
- کنترل فنی و کیفی تجهیزات و مواد مصرفی در هنگام خرید؛
- استفاده از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی برای اجرای پروژه‌ها.

نقاط ضعف عبارتند از:

- بالا بودن قیمت تمام شده آب تولیدی و عدم تناسب آب‌بها با

هزینه‌های تولید آب و زیان‌ده بودن شرکت به علت عدم واقعی بودن تعرفه فروش آب؛

- فرسودگی برخی از تاسیسات و تجهیزات بهره‌برداری و عدم وجود جایگزین؛

- بالا بودن دوره وصول مطالبات نسبت به صنعت؛

- عدم اجرای کامل پروژه‌های اضطراری مورد نیاز با توجه به کمبود منابع مالی.

باتوجه به بحران آب در استان خراسان و حضور بیش از ۲۰ میلیون زائر در طول سال برای تأمین درازمدت آب شهر مشهد چه برنامه‌ای دارید؟

تأمین آب شرب شهر مشهد با توجه به منابع محدود در دسترس به شرح ذیل برنامه ریزی شده است. نظر به پهنه‌بندی شهر مشهد به ۲۱ زون فشاری و پیش‌بینی جمعیت ساکن ۴۹۳۹۲۴۵ نفری و متوسط حضور زائر ۷۷۰۰۰۰۰ نفری تا سال ۱۴۲۰، حداکثر نیاز آبی روزانه ۱۵۸۶۸۴۴/۷ مترمکعب در روز خواهد بود. استفاده از منبع ذخیره آب شرب کمک شایانی در ساعات پیک مصرف خواهد داشت که برآورد وجود ۹۵۰ هزار مترمکعب در شبانه‌روز حجم مخازن ذخیره از جمله برنامه‌های پیش‌روی شرکت است. پیگیری اجرای خطوط رینگ و اصلاح شبکه‌ها و طرح‌های تله‌متری به‌منظور مدیریت در مصرف و توزیع یکنواخت کمی و کیفی بین تمام پهنه‌های شهر مشهد از جمله اقدامات این شرکت است که در قالب طرح سامانه توزیع آب شرب شهر مشهد در نظر گرفته شده است. طرح مذکور در لایحه بودجه سال ۱۳۹۷ به مجلس ارائه شد و پیگیری برای ایجاد ردیف اعتبار مورد نیاز، ادامه دارد.

تسریع در تکمیل پروژه‌های ایجاد تاسیسات فاضلاب شهر مشهد به‌منظور جایگزینی پساب با آب مصرفی توسط کشاورزان، با روش‌های نوین تصفیه درحال انجام است، به‌طوری‌که هم‌اکنون بیش از ۷۵ درصد اهداف مندرج در موافقت‌نامه فاضلاب شهر مشهد اجرایی شده و ۶۵ درصد از مشترکین محدوده خدماتی شهر مشهد از خدمات دفع فاضلاب بهره‌مند شده‌اند. ظرفیت فعال تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ۲۶۳ هزار مترمکعبی در شبانه‌روز که امکان جایگزینی با منابع آبی در بخش کشاورزی و یا فضاهای سبز را فراهم نموده، یکی از

منابع مهم جایگزین در تامین آب است. در برنامه پیش رو احداث ۲۸۶۰۰۰ مترمکعب ساخت تصفیه‌خانه فاضلاب با استفاده از تسهیلات ارزی در دست انجام است که متعاقب آن تا ۱۴۲۰ کل ظرفیت تصفیه خانه های فاضلاب به ۸۱۴۰۰۰ متر مکعب در شبانه‌روز خواهد رسید.

سایر منابع پیش بینی شده به منظور تامین آب شرب شهر مشهد شامل طرح انتقال آب از دریای عمان و طرح انتقال آب از کوه‌های هزار مسجد نیز از جمله برنامه‌های تامین است که توسط شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی در حال پیگیری است.

علت وجود تفکر سازه‌ای برای تأمین آب بیشتر (ساخت سدهای طرق و کارده، دوستی و حفر چاه‌های متعدد) و تمرکز کمتر بر مدیریت مصرف و تقاضا در برنامه‌های کلان شرکت‌های آبفا چیست؟

اجرای برنامه‌های جامع مدیریت مصرف در سطوح مختلف (شرب، صنعت، کشاورزی و سایر) ضمن زمان‌بر بودن نیازمند اعتبارات قابل توجه و متنوعی است. بنابراین توقف و عدم اجرای برنامه‌های تامین آب مورد نیاز به‌منظور اجرای کامل برنامه مدیریت مصرف امکان‌پذیر نیست، ضمن این‌که بسیاری از برنامه‌های مدیریت مصرف نتیجه‌گیری شده از نحوه مصارف است. بنابراین رفع مشکلات موجود در تامین آب شرب شهر، هم‌زمان ضمن پیگیری منابع قابل اتکا برای تامین به موازات آن برنامه‌های مدیریت مصرف نیز در حال اجرا است. پروژه پایلوت جداسازی آب شرب از غیرشرب، جداسازی آب فضای سبز و اجرایی نمودن پکیج تصفیه فاضلاب کلی (برای اولین بار برای فضای سبز مجموعه ورزشی) استفاده از لوازم کاهنده مصرف و توزیع آن در مراکز عمومی شامل مدارس، مساجد و... شروع عملیات پیاده‌سازی سیستم‌های تله‌متری در شبکه و تأسیسات و مخازن و پیش‌بینی در اجرای پروژه‌های پیش‌رو، استفاده از روش‌های افزایش هزینه و جریمه مشترکین پر مصرف، برنامه‌های فرهنگ‌سازی و اقدامات فرهنگی برای مشترکین پر مصرف و بستر سازی با اجرای برنامه‌های فرهنگی در مدارس و مساجد و بیلوردها و برنامه‌های رادیو و تلویزیونی و از جمله اقدامات مستمر و در حال تشدید است.

نتایج اقدامات شما در مورد مدیریت مصرف و تقاضا چیست؟ چه مقدار توانستید مصرف آب مشهد را کم کنید؟

- برگزاری کارگاه‌های آموزشی تحت عنوان آشنایی با لوازم استاندارد و نوین کاهنده مصرف برای ادارات دولتی، هتل‌ها، نهادهای عمومی، مساجد، مدارس، دانشگاه‌ها، اماکن نظامی و انتظامی و بیمارستان‌ها به‌همراه توزیع لوازم و تجهیزات کاهنده مصرف از قبیل پرلاتور، رگلاتور، شیرآلات الکترونیک و اهرمی، سرروش کاهنده مصرف، شناور کولر که کاهش مصرف حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد را نسبت به دوره‌های مشابه گذشته برای هر مشترک در پی داشته است.

- بهره‌گیری از فضای رسانه ملی، مطبوعات، سایت‌ها و شبکه‌های اجتماعی و استفاده از فضای اطلاع‌رسانی شبکه‌های مجازی و بیلوردهای سطح شهر، همچنین نمایشگرهای قطار شهری و اتوبوس‌های شهری

- فعالیت‌های گروه مروجین فرهنگ مصرف بهینه آب، به‌صورت گشت‌های میدانی، به‌همراه تذکر به مشترکین پر مصرف و ارائه برنامه‌های آموزشی در مدارس

میزان آب بدون درآمد در مشهد چقدر است و برای کاهش آن به‌میزان استاندارد چه برنامه‌ای دارید؟

میزان آب بدون درآمد در مشهد ۲۱ درصد است اما به‌این معنا نیست که این مقدار هدر می‌رود بلکه آب بدون درآمد به سه بخش مصارف مجاز بدون درآمد، هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی تقسیم می‌شود. از این ۲۱ درصد تنها ۸/۲ درصد در شبکه و تأسیسات به‌صورت واقعی هدر می‌رود و مابقی، ۱/۵ درصد مصارف مجاز بدون درآمد نظیر شششویهای شبکه، مصارف داخلی، شیرهای آتش‌نشانی و ... است و ۱۱/۴ درصد نیز شامل مصارف غیرمجاز و خرابی کنتورهای مشترکین است که به هدررفت ظاهری موسوم است. برنامه‌های کاهش آب بدون درآمد در سال ۱۳۹۷ عبارتند از:

- ۱- اجرای پروژه نبی اکرم (ص) که کمک به متعادل‌سازی شبکه می‌نماید.
- ۲- جداسازی زون‌ها که در تعادل فشار در شبکه و متعادل سازی مصرف کمک می‌کند.

۳- اجرای بیش از ۲۵۵۰ کیلومتر نشتیابی با تجهیزات پیشرفته که کمک خواهد کرد میزان هدررفت واقعی به مقدار ۲/۵ میلیون مترمکعب کاهش یابد.

۴- اجرای استاندارد سازی انشعابات مشترکین به میزان ۱۶۰۰۰ انشعاب

۵- اصلاح شبکه به میزان ۱۵۰ کیلومتر

۶- تعویض کنتور مشترکین به میزان ۸۵۰۰۰ دستگاه

۷- مجازسازی انشعابات غیرمجاز به میزان ۱۰۰۰۰ انشعاب

۸- توسعه تله متری شبکه توزیع آب و مدیریت فشار شبکه البته با اجرای این برنامه ها آب بدون درآمد تا حدی کاهش خواهد یافت. اما نباید از نظر دور داشت که فرسوده شدن شبکه و کنتورها و نیز افزایش های غیرمجاز هم در این فاصله خواهیم داشت. میزان استاندارد اعلام شده برای آب بدون درآمد از سوی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور ۱۵ درصد است.

چرا بخشی از مردم به فعالیتهای شرکت های آبفا اعتماد لازم را ندارند و در برنامه ریزی های آن مشارکت ندارند؟

به دلیل وضعیت نرخ گذاری و تعرفه های ابلاغی که در حقیقت هنوز تا اخذ بهای قیمت تمام شده به خصوص در طبقات پایین فاصله دارد چه بسا کاهش مصارف مشخصاً در کاربری خانگی زیاد به لحاظ ریالی شاید برای مردم به صورت جدی ملموس نبوده و آن جذابیت ها را نداشته باشد. نکته حائز اهمیت نیز این که بیش از ۶۰ درصد از مشترکین در بازه های کمتر از ۲۰ متر مکعب قرار می گیرند.

آبفای مشهد تا چه حد تلاش کرده است امور اجتماعی، جامعه شناسی، فرهنگی و آموزشی را در برنامه ریزی و تصمیم گیری خود لحاظ کند؟

توسعه فرهنگ مدیریت مصرف آب اهمیت ویژه ای دارد و با توجه به تغییرات اقلیم، افزایش مصارف و کاهش میزان ذخایر آب های سطحی و زیرزمینی، فعالیتهای مختلفی در این خصوص در حال اجرا است. جمعیت شهر مقدس مشهد در طی سه دهه گذشته ۶ برابر شده است و در برابر این افزایش جمعیت، ناگزیر از اجرای برنامه های اصلاح الگوی مصرف

هستیم. در این راستا شرکت آب و فاضلاب مشهد اقدامات فرهنگی وسیعی را همه ساله به اجرا می گذارد، ایجاد گروه های مروجین فرهنگ مصرف بهینه آب به منظور آموزش و نیز تذکر به مصادیق اسراف آب، اجرای برنامه های آموزشی در سطح مدارس، حضور در مساجد، حسینیه ها، هتل ها، ادارات و ...، بهره گیری از ظرفیت تبلیغاتی سطح شهر مشهد شامل بیلبورد، تلویزیون شهری، نمایشگرهای اتوبوس و قطار شهری از جمله برنامه های فرهنگی به منظور کاهش مصرف آب است. علاوه بر این استفاده از فرصت و ظرفیت رسانه ملی در برنامه های مختلف مورد توجه واقع شده و در بخش های مختلف خبر، مستند، گزارش، کودک و... به موضوع آب پرداخته می شود.

ضرورت تشکیل انجمن آب و فاضلاب ایران و نقشی که می تواند در حوزه آب و فاضلاب ایفا کند را بیان کنید.
با توجه به کاستی های موجود در زمینه بهره گیری از فناوری ها و علوم جدی مرتبط در صنعت آب و فاضلاب، انجمن آب و فاضلاب ایران از نقطه نظر ایجاد پل ارتباطی بین حوزه آکادمیک و صنعت نقش ضروری و مهمی می تواند داشته باشد. از جمله فعالیتهای مفید که این انجمن می تواند داشته باشد عبارتند از:

- برگزاری دوره های آموزشی مفید برای کارکنان صنعت آب و فاضلاب؛

- برگزاری همایش های ملی و بین المللی با هدف آشنایی هرچه بیشتر کارکنان صنعت آب و فاضلاب با فناوری های روز دنیا؛
ایجاد بسترهای مناسب برای ارتباط هرچه بیشتر اساتید دانشگاهی با کارکنان صنعت آب و فاضلاب به ویژه در سطوح مدیریتی و تصمیم گیری؛

- برقراری ارتباط با موسسات بین المللی و انتقال تجربیات ایشان به صنعت آب و فاضلاب ایران؛

- حمایت از فعالیتهای علمی - پژوهشی کارکنان صنعت آب و فاضلاب از طرق مختلف؛

- برنامه ریزی برای انجام بازدید از پایلوت های علم و فناوری مختلف؛

- شناسایی و رصد فناوری های ملی و بین المللی در حوزه آب و فاضلاب، ثبت دانش آن ها و انتقال و اطلاع رسانی آن به

شرکت‌های آب و فاضلاب سراسر کشور با هدف یکپارچه سازی فعالیت‌های فناورانه.

🌟 نحوه ارتباط آب و فاضلاب مشهد با انجمن آب و فاضلاب ایران چگونه است و دو طرف چه کمکی می‌توانند به هم بکنند؟

در بدو تاسیس انجمن آب و فاضلاب ایران (اواخر سال ۱۳۹۳)، مکاتبه‌ای به‌منظور عضوگیری این انجمن با شرکت‌های آب و فاضلاب سراسر کشور صورت پذیرفت و پیرو این مکاتبه برخی از همکاران شرکت آب و فاضلاب مشهد نیز به عضویت این انجمن درآمدند. لکن طی سه سال گذشته، انجمن آب و فاضلاب ایران علیرغم فعالیت‌های متعدد و ارزشمندی که داشته است، در زمینه اطلاع‌رسانی و فراخوان فعالیت‌ها قوی عمل نکرده است، به‌نحوی که اطلاعات کامل و جامعی از فعالیت‌های انجمن به اطلاع این شرکت رسانده نشده است.

همچنین اولین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب نیز که با همکاری این انجمن در سال ۱۳۹۵ برگزار شد، توسط شرکت آب و فاضلاب مشهد مورد حمایت مادی و معنوی قرار گرفت که می‌توان به‌عنوان اولین فعالیت مشترک و ارتباط دو سویه این شرکت و انجمن از آن یاد نمود. این شرکت باتوجه به سیاست‌ها و چشم‌انداز پژوهش و فناوری خود، آمادگی هرگونه فعالیت مشترک و ارتباط دو جانبه با انجمن را نیز اعلام می‌دارد.

🌟 چرا وقتی ارگان‌های مرتبط مانند انجمن‌های علمی وجود دارند، شرکت‌های آبفا کماکان به‌طور مستقیم در برگزاری همایش‌ها، نمایشگاه‌ها، دوره‌های آموزشی و انتشار کتب و مجلات درگیر می‌شوند؟

یکی از مسئولیت‌های شرکت‌های آبفا حمایت از برگزاری کنفرانس‌های علمی و انتشار کتب است. بنابراین حسب درخواست‌های دریافت شده برحسب بسته‌های تدوین شده سطح حمایت مشخص و اقدام می‌شود. سعی بر این است تا با حمایت از کنفرانس‌ها بتوانیم بر ارتقای سطح علمی همکاران افزایش یافته و استفاده متقابل از این فضا ایجاد شود. در خصوص چاپ و انتشار کتب نیز روال بر همین است و حسب درخواست ناشر و بعد از طی مراحل اخذ مجوزات لازم

نسبت به این موضوع اقدام می‌شود. این شرکت نیز در جریان آخرین انتشارات قرارگرفته و نسخ مورد نیاز را دریافت می‌کند. همچنین در همه این مقوله‌ها دریافت مجوز از شرکت مهندسی آبفای کشور ضروری بود و برای شرکت‌های آبفا امتیاز محسوب می‌شود. درانتها نیز آنچه مهم است اعمال نقطه‌نظرات کاربردی مورد نیاز صنعت به برگزارکنندگان و ناشرین است تا این همایش‌ها و انتشارات جنبه کاربردی نیز پیدا کند.

🌟 چه مقدار از تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان در شرکت آبفای مشهد از طریق مشارکت اتاق‌های فکر با حضور دانشگاهیان و خبرگان صنعت و انجمن‌های علمی انجام می‌شود؟

شرکت آب و فاضلاب مشهد در حال حاضر ارتباط گسترده‌ای با مجامع دانشگاهی، اتاق فکر و... برقراری نموده است. از نمونه این فعالیت‌ها می‌توان موارد ذیل را عنوان نمود:

- عضویت تعدادی از همکاران شرکت آب و فاضلاب مشهد در اتاق فکر استان خراسان رضوی (در کارگروه کشاورزی، آب و منابع طبیعی و کارگروه محیط زیست از اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵) و حضور مستمر ایشان در جلسات اتاق فکر که در نهایت منجر به انتقال مسائل و چالش‌ها از حوزه صنعت به دانشگاه و بالعکس شده است؛

- شرکت آب و فاضلاب مشهد یکی از اعضای اصلی و از برگزارکنندگان کارگروه تدبیر آب مشهد است که از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ با همکاری دانشگاهیان (اعضای هیأت علمی و اعضای اتاق فکر استان) فعالیت گسترده‌ای در زمینه تدوین سیاست‌های حوزه آب و فاضلاب داشته است؛

- حضور کلیدی شرکت آب و فاضلاب مشهد در شورای هماهنگی حوزه آبریز کشف‌رود به‌عنوان دبیر یکی از کمیسیون‌های تخصصی و برگزاری جلسات مستمر با دانشگاهیان و فرهیختگان حوزه آب و فاضلاب در این زمینه که خود بستر انتقال تجربیات بین این دو حوزه را فراهم نموده و تا حد زیادی در تصمیم‌سازی‌های کلان این شرکت تاثیر داشته است؛

- برگزاری بازدیدهای مختلف (بازدید از تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب، پایلوت طرح‌های فناوری و نوآوری شرکت، تأسیسات

و...) برای دانشگاهیان و انجمن‌های علمی دانشگاهی با هدف آشنایی ایشان با زیرساخت‌های شرکت آب و فاضلاب مشهد و در نتیجه بهره‌گیری از دانش ایشان برای تصمیم‌سازی‌ها و حل چالش‌های موجود؛

- انعقاد تفاهم‌نامه‌های همکاری مشترک با چندین دانشگاه، موسسه پژوهشی و... در سطح استان به‌منظور بهره‌مندی از دانش و تخصص ایشان در حل چالش‌های صنعت آب و فاضلاب.

شرکت آب و فاضلاب مشهد چه ارتباط ارگانیک با دانشگاه‌ها داشته است؟ چقدر توانسته برای دانشگاه مسأله تعریف کند و چقدر از تحقیقات دانشگاهی را برای رفع مشکلات خود به‌کار گرفته است؟ چقدر شرکت آب و فاضلاب توانسته داده‌های مورد نیاز طرح‌های تحقیقاتی دانشگاهی را تأمین کند. لطفاً همه موارد به‌صورت کمی بیان شود.

شرکت آب و فاضلاب مشهد در راستای رسالت خود در جهت ارتقای تعاملات با مراکز دانشگاهی، با حضور در دفتر نمایندگان صنایع دانشگاه فردوسی مشهد از سال ۱۳۸۷، ارتباط مستقیم خود را با دانشگاه‌ها آغاز نمود. این اقدام و ارتباط رو در رو با جامعه دانشگاهی و دانشجویان، بخش پژوهش را با مشکلات صنعت آب و فاضلاب آشنا نموده و منجر به انعقاد تفاهم‌نامه همکاری با این دانشگاه و همچنین انعقاد قرارداد حمایت از پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی که مسائل مرتبط با صنعت آب و فاضلاب را مرتفع نمایند شد. همچنین این شرکت با برگزاری جلسات متعدد با مدیران گروه‌های دانشگاهی به‌دنبال برقراری ارتباط مؤثر با مجامع علمی کشور بوده که با تعریف درست مسائل مبتلابه صنعت، طرح‌های پژوهشی به سمت کاربردی‌بودن حرکت کند.

بخش دیگری از فعالیت‌های این شرکت، برگزاری تورها و بازدیدهای علمی دانشجویان و اساتید دانشگاه‌ها از تأسیسات شرکت بوده تا جامعه دانشگاهی با فعالیت‌های این بخش آشنا شده و پژوهش‌های حوزه آب و فاضلاب با نگاه جامع به این حوزه تعریف شود. همچنین برگزاری کارگاه برای انتقال تجربه صنعت به دانشگاهیان نیز از جمله این موارد می‌باشد. برگزاری جلسات متعدد با گروه‌های مختلف دانشکده‌ها برای تبیین نحوه

ارتباط دانشگاه با مجموعه آبفا و نیز برگزاری پنل‌های تخصصی برای تبیین نیازهای پژوهشی از جمله دیگر این اقدامات می‌باشد. از طرفی ایجاد بستر الکترونیکی برای تسهیل ارتباط دانشگاهیان، امکان دریافت جزئیات نیازهای پژوهشی از طریق این بستر و نیز رصد کلیه مراحل از طریق دانشگاهیان از جمله این اقدامات بوده است.

در زمینه فراهم‌نمودن داده‌های مورد نیاز طرح‌های پژوهشی دانشگاهی از سوی شرکت آب و فاضلاب مشهد، به استحضار می‌رساند این شرکت تاکنون، در رابطه با تمامی طرح‌های پژوهشی و پایان‌نامه‌های دانشجویی مورد حمایت مستقیم خود که مشتمل بر ۸۰ طرح پژوهشی پایان یافته از سال ۱۳۹۰ و ۵۰ پایان‌نامه تحت حمایت از سال ۱۳۹۰ می‌باشد تأمین کلیه داده‌های مورد نیاز طرح را به‌عهده گرفته است. در خصوص سایر موارد که مورد حمایت این شرکت نبوده و درخواست دریافت اطلاعات از سوی مجامع علمی مطرح می‌شود، عمده داده‌های مورد نیاز پژوهشگران، طبق ضوابط در اختیار ایشان قرار می‌گیرد.

علت ضعف وضعیت آموزش و تحقیقات در شرکت‌های آبفا و ارتباط ضعیف با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی را در چه می‌دانید و برای رفع این ضعف‌ها چه اقداماتی باید انجام شود؟

در زمینه ارتباط با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، شرکت آب و فاضلاب مشهد با انعقاد بیش از ۲۰ تفاهم‌نامه همکاری با دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، شرکت‌های فناوری و... قدمی بزرگ در این زمینه که این ارتباط منجر به انجام همکاری‌های متعدد با مراکز شده است. همچنین این شرکت در اقدامی جدید در سال ۱۳۹۶ و تدوین الگوی حمایت از محصولات فناور در قالب‌های ایده‌سازی، خرید و توسعه محصول، حمایت از فناوران و شرکت‌های دانش‌بنیان را در دستور کار ویژه خود قرار داده است.

در رابطه با سؤال مطرح‌شده، می‌توان به فقدان آموزش‌های کافی برای شاغلین بخش تحقیقات شرکت‌های آب و فاضلاب اشاره کرد. در این بخش، به‌نظر می‌آید لازم است سرفصل‌های آموزشی مورد نیاز پرسنل این بخش مورد بازنگری قرار گرفته و

فاضلاب، مسائل و مشکلات شرکت نیز مرتفع شود.

وضعیت تصفیه آب و کیفیت آب تحویلی به مردم مشهد چگونه است؟

آب شرب مشهد از چهار سد و حدود ۴۲۰ حلقه چاه تامین میشود که کیفیت آب در کلیه مراحل استحصال تا مصرف توسط آزمایشگاه‌های پیشرفته شرکت پایش می‌شود. این شرکت دارای چهار آزمایشگاه مجهز و به‌روز شیمی فیزیک، ریزآلاینده، باکتریولوژی و فاضلاب است که استاندارد بین‌المللی صلاحیت آزمایشگاهی ایزو ۱۷۰۲۵ را اخذ نموده‌اند. با توجه به آزمایشات مستمر انجام شده در سطح شبکه، در حال حاضر کیفیت آب شرب شهر مشهد در حد استانداردهای ملی (۱۰۵۳) است.

لطفا برنامه خود را برای بهبود کیفیت آب مشهد بیان کنید.

پروژه‌ها و برنامه‌های بهبود کیفیت آب عبارتند از:

- اجرای خطوط جمع‌آوری چاه‌ها و ساخت مخزن برای اختلاط و بهبود و یکنواختی کیفیت آب؛
- سیمان‌تاسیون چاه‌ها؛
- تصفیه آب چاه‌ها به‌روش اسمز معکوس؛
- جداسازی آب شرب و بهداشتی؛
- اجرای برنامه ایمنی آب (WSP)؛
- نصب سیستم‌های سنجش لحظه‌ای کیفیت آب؛
- پروژه احیای چاه‌های خارج از مدار با استفاده از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی (BOT).

وضعیت شبکه فاضلاب مشهد چگونه است و در شبکه و تصفیه‌خانه‌ها با چه چالش‌هایی روبرو هستید؟

اجرای شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر مشهد از سال ۱۳۷۳ آغاز شد. تا پایان آذرماه سال جاری در سطح شهر مشهد ۳۱۶۳ کیلومتر شبکه جمع‌آوری فاضلاب اجرا و ۳۱۰،۰۰۰ انشعاب فاضلاب نصب شده است. با توجه به کمبود منابع مالی و عدم تخصیص به‌موقع اعتبارات از مهم‌ترین دلایل تأخیر در اجرای شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب شهری بوده است، شرکت آبفای مشهد روش مشارکتی فاینانس داخلی را

موارد ضروری که سبب ارتقای سطح دانش و مؤثر در ارتباط با مراکز پژوهشی می‌شود در سرفصل‌ها گنجانده شود. چالش دیگر در این بخش، جابجایی مکرر مدیران بخش تحقیقات شرکت‌ها است که با این اتفاق، سیاست‌ها و فعالیت‌های تعریف‌شده در این حوزه، دچار گسستگی شده و می‌تواند موجب کندی در انجام اقدامات شود.

میزان بودجه تحقیقاتی شرکت آب و فاضلاب مشهد و نحوه هزینه‌کرد آن و نتیجه عملکرد واحد تحقیقات آن شرکت را بیان کنید.

بر اساس ابلاغیه وزارت نیرو و اختصاص یک درصد از درآمدهای حاصل از فروش آب و حق انشعاب آب و فاضلاب برای امور پژوهش و توسعه فناوری، شرکت آب و فاضلاب مشهد نیز خود را متعهد به صرف مؤثر این هزینه در اجرای پژوهش‌های کاربردی در سازمان، حمایت از مراکز پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان و توسعه فناوری‌های نوین در صنعت آب و فاضلاب می‌داند. بر این اساس، بودجه سال ۱۳۹۶ رقمی معادل ۲۱ میلیارد و ۱۲۰ میلیون ریال بوده که پیش‌بینی می‌شود تا پایان امسال، بیش از ۸۰ درصد آن در بخش‌های مختلف هزینه شود. از مهم‌ترین حوزه‌های هزینه‌کرد بخش پژوهش، حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و قراردادهای مختلف با این مراکز نوپا در جهت خرید و توسعه محصولات فناورانه آن‌ها و حمایت از تولید و پژوهشگران داخلی می‌باشد (نزدیک به ۸۰ درصد از هزینه‌کرد بخش پژوهش در این حوزه است). تعریف طرح‌های پژوهشی کاربردی که حاصل از نیازها و مشکلات حوزه‌های مختلف شرکت است، حمایت از پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی، حمایت از مقالات علمی، کنفرانس‌های مرتبط با حوزه آب و فاضلاب و حمایت از تألیف، ترجمه و چاپ کتب مرتبط با این حوزه، از سرفصل‌های هزینه‌کرد بخش پژوهش شرکت آب و فاضلاب مشهد می‌باشد.

ماحصل فعالیت‌های شرکت آب و فاضلاب مشهد در حوزه پژوهش، ارتباط مؤثر و تنگاتنگ با شرکت‌های دانش‌بنیان و دانشگاه‌ها و شناسایی قریب به ۷۰ فرد و شرکت فناور در سال جاری است تا با ادامه همکاری و تعیین ساز و کار مدون برای حمایت از ایشان، ضمن تقویت نیروهای نوپا در صنعت آب و

به‌عنوان راهکاری در جهت اجرا و تأمین مالی هم‌زمان پروژه‌ها از سال ۱۳۸۹ در دستور کار قرار داده است. از همین محل تاکنون ۶۷۰ کیلومتر شبکه جمع‌آوری فاضلاب اجرا شده و ۸۱,۰۰۰ فقره انشعاب فاضلاب نصب شده است.

اجرای شبکه جمع‌آوری فاضلاب در حاشیه شهر نیز از سال ۱۳۹۴ به‌روش فاینانس داخلی در دستور کار قرار گرفت. فاز اول اجرای شبکه جمع‌آوری فاضلاب در حاشیه شهر به مترائ ۱۱۴ کیلومتر و ۲۴,۰۰۰ فقره انشعاب با اعتبار ۴۴۵ میلیارد ریال در محدوده‌های طبرسی، گلشهر، پنجمین، صابر و طوس اجرا شد. فاز دوم نیز به‌مترائ ۲۱۰ کیلومتر شبکه و ۳۸,۰۰۰ فقره انشعاب فاضلاب با اعتبار ۸۵۰ میلیارد ریال در محدوده‌های رسالت، طبرسی، خواجه ربیع، ۲۲ بهمن، نظام‌دوست، مهرآباد، شهرک شهید چمران، بلال و شهرک شهید مطهری با ۶۶ درصد پیشرفت در حال اجرا است.

در سال‌های اخیر روند تخصیص اعتبارات عمرانی کاهش داشته و علاوه بر آن باتوجه به کاهش ساخت و سازهای شهری، درآمد‌های جاری شرکت نیز کاهش داشته است که این موارد باعث تاخیر در اجرای پروژه‌ها می‌شود. از دیگر موانع موجود در اجرای شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، محدودیت‌های اجرایی به دلیل بافت متراکم و پرتراфик معابر در بافت مرکزی شهر است که روند اجرای پروژه‌ها را کند می‌سازد.

همچنین از جمله چالش‌هایی که در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب با آن روبه‌رو هستیم، هزینه‌های بالای عملیات ساخت تصفیه‌خانه‌ها و نبود نقدینگی از محل اعتبارات دولتی و مشکلات بر سر راه تأمین مالی طرح‌ها از محل تسهیلات بانک‌ها یا فاینانسورهای خارجی، هزینه‌های بالای راهبری و عدم مجوز برای تخصیص پساب استاندارد برای تأمین برخی از هزینه‌های راهبری از طریق واگذاری کار به سرمایه‌گذار و همچنین موانع اعتباری و اجرایی بر سر راه بازچرخانی پساب در جهت تأمین آب شرب می‌باشند.

❁ مهم‌ترین چالش‌های پیش رو در حوزه آب و فاضلاب در کشور را چه می‌دانید؟

عمده چالش‌های پیش روی شرکت‌های آب و فاضلاب در کشور عبارتند از:

- عدم تناسب عرضه و تقاضای آب در دراز مدت؛

- کمبود منابع مالی به علت:

* تحویل‌گیری خط انتقال آب سد دوستی و عدم امکان دریافت هزینه‌های آن از مشترکین؛

* عدم انطباق تعرفه‌های ابلاغی فروش آب و خدمات دفع فاضلاب با قیمت تمام شده فعالیت‌ها؛

* خرید تضمینی پساب و عدم امکان تخصیص جدید؛

* افزایش هزینه‌های بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب؛

* تحریم اقتصادی و محدودیت خرید خارجی درخصوص اقلام مورد نیاز تأسیسات آب و فاضلاب.

- وجود کنتورهای فرسوده و خراب؛

- کمبود آب در شهر و توسعه بی‌رویه و نگران‌کننده حاشیه‌نشینی به‌خصوص در مناطق منفصل شهری با توجه به کمبود شدید آب در این مناطق؛

- نبود راهکار مناسب برای وصول مطالبات از نیروهای مسلح و آبفای روستایی؛

- تعیین سهم خارج از توان شرکت برای پروژه‌های سرمایه‌گذاری با روش BOT و عدم امکان ارائه تضامین مورد درخواست سرمایه‌گذار؛

- تداخل وظایف و مسئولیت‌های شرکت‌های آب منطقه‌ای با آب و فاضلاب درخصوص مصارف خدماتی در سطح شهر با توجه به بخشنامه‌های اخیر.

❁ چرا تلاش لازم توسط مسئولین شرکت‌های آب و فاضلاب برای توجیه ضرورت واقعی شدن قیمت آب در ارگان‌های تصمیم‌گیری کشور انجام نشده است و وضعیت منفی مالی شرکت‌های آبفا روز به روز وخیم‌تر می‌شود؟

این‌گونه نیست که تلاشی صورت نگرفته بلکه یکی از مخاطرات و دغدغه‌خاطرهای شرکت‌های آب و فاضلاب از جمله شرکت آبفای مشهد موضوع مهم و اساسی تعرفه‌ها است که با اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها پیگیری بیشتری نیز صورت گرفت. اما همان‌گونه که می‌دانید وضع تعرفه‌ها براساس نظام تعرفه‌گذاری باید پس از تهیه و در نظر گرفتن تمامی جوانب آن حتی به‌لحاظ اجتماعی و غیره برای تایید به شرکت مهندسی آب و فاضلاب

کشور ارسال و پس از نهایی شدن برای تایید در وزارتخانه و برای تصویب و اجرایی شدن به تأیید شورای اقتصاد نیز برسد. این روند زمان‌بر بوده و گاهی با تغییر افراد تاثیرگذار در مجموعه وزارت نیرو و شورای اقتصاد تمامی معادلات به هم می‌خورد. با تصویب ضریب آب شهری برای موضوع آبرسانی از سد

دوستی و همچنین استفاده از ظرفیت شورای شهر برای تصویب تبصره ۳ کمک‌های شایانی در امر خدمات‌رسانی انجام شده است ولی باتوجه به برنامه‌های شرکت برای خدمات‌رسانی بهتر و پایدار برای مردم و هزینه‌های روزافزون این برنامه‌ها نیاز به برنامه‌ریزی مالی داریم که بسیار ضروری است که دستگاه‌های تصمیم‌گیرنده در این زمینه همسو باشند.

فراخوان ایده کاوی

محور کاوش:

استفاده مجدد از پساب به عنوان یک منبع پایدار آب

اهداف کاوش:

- مدیریت پایدار منابع آب در شهرهای کلان با توجه به بحران کمبود سرچشمه‌های آبی
- شناسایی روش‌های نوین در تصفیه فاضلاب (پساب) جهت آماده سازی و تزریق در منابع آبی
- بررسی جوانب بازچرخانی پساب در منابع آب

انتظارات مورد نظر از کاوش:

- ارائه ایده‌های کاربردی مدیریت منابع آبی با استفاده از بازچرخانی آب
- ارائه فناوری و ایده‌های نوین در بازچرخانی پساب و ارتقا کیفیت پساب جهت تزریق به منابع آبی زیرزمینی و سایر ایده‌هایی که می‌تواند راهگشا باشد.

فرهیختگان گرامی می‌توانند ایده‌های خود را، تا حداکثر دو ماه پس از انتشار مجله، از طریق پست الکترونیکی انجمن آب و فاضلاب ایران به نشانی info@irwwa.ir به دبیرخانه انجمن ارسال نمایند. پس از جمع آوری و ارزیابی ایده‌های دریافتی، به ارائه کنندگان ایده‌های برگزیده، از طرف شرکت آب و فاضلاب استان تهران جوایز نفیسی اهدا می‌شود.

آنالایزر کلر آنلاین

ارائه شده در دومین ایده بازار- فن بازار آب و فاضلاب ۱۳۹۶، به انتخاب شرکت آب و فاضلاب استان تهران

اقدامات بنیادی

- خلق ایده بر اساس نیازسنجی
- طراحی و تست اجزای منفرد و سپس ساخت نمونه اولیه
- نصب چند دستگاه پایلوت و جمع‌آوری نتایج
- تولید در ابعاد کارگاهی
- بازاریابی و معرفی محصول
- استاندارد سازی
- شرکت طرح در همایش ایده بازار
- مجوز نصب در تصفیه‌خانه های جلالیه، کن و پنجم به‌منظور پایش
- ارائه گزارش عملکرد موفق دستگاه توسعه مراجع کنترل کیفی
- ارائه برنامه عقد قرارداد برای خرید توسط استان تهران

شرکت آب و فاضلاب استان تهران با اتکا به دانش فنی شرکت دانش بنیان، اقدام به حمایت مادی و معنوی از طرح توسعه یافته شرکت سیال ابزار دقیق میهن (سام) با عنوان آنالایزر کلر آنلاین نموده است.

هدف

- طراحی و تولید آنالایزر کلر باقیمانده در آب شرب و پساب
- تکنولوژی: آمپرومتریک تماس مستقیم یا تمیزکننده خودکار
- سیستم کنترل: PID یا خروجی‌های 4-2 MA و پالس و PWM
- اتصال تله‌متری: خروجی 4-20 MA و MOOBUS_RTU
- حفاظت سنسور: IP67 با طراحی مقاوم در برابر یخ‌زدگی
- استانداردها: IEC 61326-1-2012



شکل ۲- نمایی از تابلو سیستم



شکل ۱- نمای شماتیک از سیستم آنالایزر کلر آنلاین



شکل ۳- بخش کنترل کیفیت سیستم

دستاوردها

- فروش موفق بیش از ۲۵۰ دستگاه در دو سال اخیر
- توسعه ارزآوری در قالب صادرات به کشورهای آذربایجان و فدراسیون روسیه
- شرکت در نمایشگاه های تخصصی آب و فاضلاب در داخل و یا خارج کشور

- اخذ استاندارد IEC61326-1-2012

- انتخاب به عنوان یکی از فناوری های برگزیده در دومین رویداد ملی، ایده بازار، فن بازار، صنعت آب و فاضلاب



شکل ۴- محل نصب آنالایزر در تصفیه خانه های شرکت آب و فاضلاب استان تهران



شکل ۵- پایش سیستم توسط گروه کنترل کیفیت شرکت دانش بنیان

دریچه قابل تنظیم در ارتفاع و شیب

شماره اختراع: ۸۵۰۷۶، مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۲۹

ارائه شده در دومین ایده بازار- فن بازار آب و فاضلاب ۱۳۹۶، به انتخاب شرکت آب و فاضلاب استان تهران

نیاز به نصب دریچه در خیابان‌های دارای شیب باشد، می‌توان بعد از نصب پایه پیچش در عمق کنده شده زمین و ریختن بتن مورد نیاز دور آن، بالارونده پیچشی را روی لبه پایه پیچش آن‌قدر گرداند تا شیب بالارونده با شیب خیابان یکی شود. این دریچه در قالب حمایت مادی و معنوی طرح‌های توسعه صفر توسط شرکت آب و فاضلاب استان تهران در شرکت فاضلاب تهران اجرائی شد.

مشخصات فنی

- طراحی و تولید مطابق الزامات استاندارد INSO 14976
- مناسب نصب در محل عبور خودروهای سنگین (کلاس D400)
- جنس درب و کفاف با گرید GJS 400
- لولای ضد سرقت به صورت یک‌طرفه
- عدم نیاز به حفاری برای تغییر مونتاژ دریچه

بعد از نصب دریچه‌ها در کف خیابان‌ها، با تغییر تراز سطح خیابان بعد از هرگونه عملیات عمرانی و پوشش آسفالت روی آن معمولاً سطح تمام دریچه‌ها پایین‌تر از روکش آسفالت جدید بوده و به صورت چاله‌هایی در خیابان دیده می‌شوند که گاهی باعث بروز حوادث ناگواری برای عابرین پیاده و مخصوصاً سواره‌ها خواهد شد. با طراحی نسل جدید دریچه‌ها، در شرکت نشکن ریزان آسیا می‌توان در صورت بالا آمدن سطح خیابان، با تغییر مونتاژ قسمت‌های مختلف دریچه بر روی هم، ارتفاع آن را تنظیم نمود. این کار با تغییر محل قرارگیری زبانه‌های تعبیه شده بر روی قسمت بالارونده، در قسمت بالارونده پیچشی که به صورت پلکان‌هایی با عمق متفاوت تعبیه شده انجام می‌گیرد و نهایتاً درب در جای خود قرار می‌گیرد.

در صورت شیب دار بودن یا شیب دار شدن محل نصب دریچه‌ها، آن‌ها قابلیت تغییر شیب را با مونتاژ متفاوت دارند. در صورتی که

تغییر در شیب

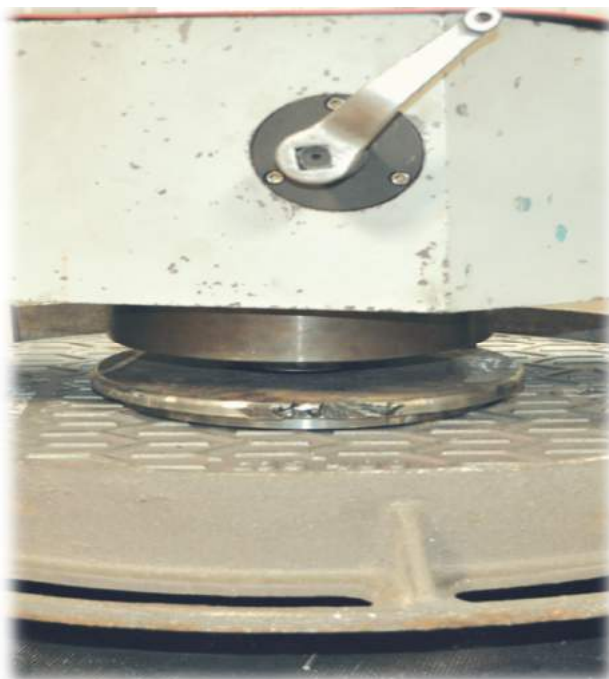
تغییر در ارتفاع



شکل ۱- عملکرد شماتیک دریچه

- پوشش دریچه از نوع الکترواستاتیک پودری با ضخامت حداقل ۴۰۰ میکرون

- دارای واشر آببندی و دورگیر کلاف از جنس NR
- دارای سیستم AMP در کلاف پایه پیچش برای قفل شونده گی کلاف در بتن



شکل ۲- عملکرد دریچه و زمان تست فشار



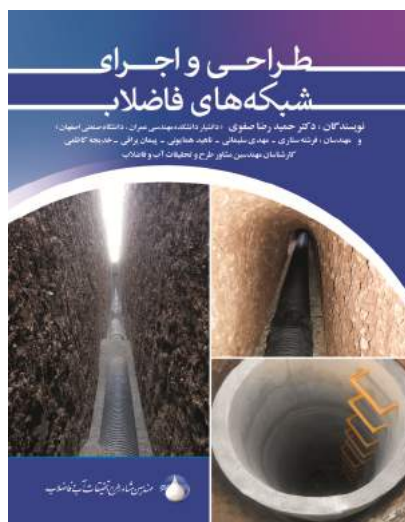
شکل ۳- جانمایی و نصب دریچه در سطح خیابان توسط شرکت فاضلاب تهران

طراحی و اجرای شبکه‌های فاضلاب

نویسندگان: دکتر حمیدرضا صفوی (استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان)، مهندس فرشته ستاری، مهندس مهدی سلیمانی، مهندس ناهید همایونی، مهندس پیمان یراقي و مهندس خدیجه کاظمی (کارشناسان مهندسين مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب)

انتشارات: مانی

چاپ اول: ۱۳۹۵



رشد جمعیت در مناطق شهری و روستایی و به دنبال آن لزوم افزایش حفاظت کمی و کیفی از منابع آب و به‌ویژه جلوگیری از آلودگی محیط زیست از طریق فاضلاب‌های بهداشتی و انواع آلاینده‌های دیگر، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی را در زمره اساسی‌ترین نیازهای زیربنایی در جوامع انسانی قرار داده است. آب‌رسانی با استفاده از شبکه‌های بهداشتی در شهرهای کشور، قدمتی بیش از هشتاد سال دارد، ولی جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های بهداشتی در کشور کمتر از چهل سال قدمت دارد و شامل تمام شهرهای ایران نمی‌شود. این مهم به‌ویژه از سال ۱۳۶۸ و پس از تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب به‌طور قانونمند پیگیری شده است. استفاده از شیوه‌های سنتی دفع فاضلاب همچون دفع در چاه‌های جذبی و رودخانه‌ها از علل اصلی آلودگی منابع آب زیرزمینی و سطحی است که سلامت عمومی جامعه به‌خطر انداخته است.

امروزه نحوه طراحی و اجرای تاسیسات فاضلاب در دانشگاه‌های کشور در رشته‌های مهندسی عمران، مکانیک و بهداشت محیط تدریس می‌شود و به دلیل اولویت اجرای این تاسیسات زیربنایی، تعداد مهندسان مشاور و پیمانکاران دارای صلاحیت در این زمینه رو به افزایش است. به دلیل هزینه‌های اجرایی بسیار زیاد این تاسیسات، تجربه طراحی بهینه و اجرای مناسب آن می‌تواند به‌طور چشمگیری هزینه‌ها را کاهش دهد. بنابراین طراحی شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب علاوه بر کاربرد معادلات حاکم در قالب توصیه‌های استانداردهای مرتبط، نیاز به تجربه طراح در زمینه انتخاب مسیرهای مناسب لوله‌گذاری، شیب مناسب کارگذاری، قطر بهینه، جنس متفاوت لوله‌ها و تاسیسات براساس موقعیت محل طراحی و نهایتاً انتخاب روش‌های اجرایی مناسب دارد.

هدف از نگارش این کتاب ارائه کلیه جنبه‌های نظری و اجرایی برای دانشجویان و نیز مهندسان مرتبط در زمینه طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب است. این کتاب حاصل تجارب آموزشی و عملی نویسنده و کلیه همکاران ایشان است که در طی بیش از دو دهه تدریس در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان و بیش از سه دهه طراحی و اجرای این گونه تاسیسات در بیش از ۸۰ شهر کشور توسط مهندسان شرکت مهندسين مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب اصفهان حاصل شده و تلاش شده است به نحوی تدوین شود که مراحل طراحی و اجرای این تاسیسات را به‌نحو ساده و کاربردی ارائه نماید.

این کتاب مشتمل بر هفت فصل است. در فصل اول مقدمه‌ای راجع به اهمیت جمع‌آوری فاضلاب و تاریخچه آن در جهان و ایران ارائه شده است. فصل دوم مروری بر معادلات حاکم در مکانیک سیالات و هیدرولیک کانال‌های باز همراه با مثال‌های کاربردی دارد. در فصل سوم مبانی طراحی شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب ارائه شده است. در فصل چهارم کاربرد این مبانی، نحوه طراحی این شبکه‌ها به همراه مثال‌های کاربردی بیان شده است تا دانشجویان و مهندسان به راحتی بتوانند روند طراحی را تجربه نمایند. در فصل پنجم به تاسیسات و متعلقات شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب پرداخته شده است. در فصل ششم انواع پمپ‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ فاضلاب به همراه مثال‌هایی از طراحی آن‌ها ارائه شده است. نهایتاً در فصل هفتم شیوه‌های اجرایی این شبکه‌ها به تفصیل بیان شده است. در تدوین این کتاب سعی شده از کلیه مراجع معتبر فارسی و انگلیسی که فهرست آن‌ها در انتهای کتاب آورده شده استفاده شود و از تجارب طراحی در واحدهای مختلف شرکت مهندسين مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب حداکثر استفاده به‌عمل آید.



رتبه اول مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۵ در مقطع دکترا
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



عنوان: بهینه سازی چندهدفه شبکه های توزیع آب و ارائه مدلی جامع برای طراحی پویای این شبکه ها

نگارش: اکبر شیرزاد

استاد راهنما: دکتر مسعود تابش

استاد مشاور: دکتر راضیه فرمانی

محل: دانشگاه تهران، پردیس دانشکده های فنی، دانشکده مهندسی عمران
رشته: مهندسی عمران- گرایش آب

زمان دفاع: مرداد ماه ۱۳۹۲

چکیده

آب شده است. اما نکته قابل تأمل این است که در حال حاضر عملیات بازسازی و نوسازی شبکه های توزیع آب کشور به صورت سنتی و غیرعلمی صورت می گیرد و هیچ توجهی به بحث هزینه، کارایی و قابلیت اطمینان شبکه ها نمیشود. همچنین در روش مرسوم طراحی شبکه ها، طراحی براساس نیازهای آبی سال انتهای طرح صورت می گیرد که باعث می شود اولاً همه هزینه های ساخت در سال ابتدای طرح متمرکز شود و ثانیاً در سال های ابتدای طرح با توجه به مقادیر کم مصرف، کارایی و قابلیت اطمینان شبکه های توزیع آب کاهش یابد. لذا ضروری است هرچه سریع تر نسبت به تغییر و اصلاح وضعیت موجود اقدام شود، به طوری که هم هزینه ها کمینه شود و هم قابلیت اطمینان و کارایی شبکه ها بیشینه شود. به عبارت دیگر باید طراحی اولیه و طراحی برنامه های اصلاح، بازسازی و نوسازی شبکه های توزیع آب به طور هم زمان بهینه شده و طرح های بهینه ارائه شود تا اولاً از صرف هزینه های اضافی غیرضروری در سال های ابتدای طرح جلوگیری به عمل آمده و هزینه ها در طول دوره طرح پخش شود و ثانیاً کارایی شبکه نیز در طول دوره طرح افزایش یابد. در این رساله از اصطلاح طراحی پویا

شبکه های توزیع آب زیرساخت های پیچیده ای هستند که ساخت، بهره برداری و نگهداری آن ها مستلزم صرف هزینه های هنگفتی است. لذا توجه به نقش اساسی این شبکه ها در نیل به هدف استفاده بهینه از منابع محدود آب و همچنین جایگاه ها به عنوان عنصر اصلی توزیع آب شرب با کیفیت، کمیت و فشار مناسب بین مصرف کنندگان، دارای اهمیت فوق العاده ای در بخش مطالعات آبرسانی است. یکی از راه کارهایی که برای افزایش سطح عملکرد این شبکه ها و کاهش تلفات آب به کار گرفته می شود، اصلاح، نوسازی و بازسازی آن ها است. بهینه سازی طرح های اصلاح، بازسازی و نوسازی شبکه های توزیع آب از جمله مهم ترین مفاهیمی است که اگر با دید کاربردی با آن برخورد شود می تواند افق روشنی در جهت بهره برداری بهینه اقتصادی و کم هزینه، سرویس دهی مطلوب به مشترکین و به خصوص استفاده صحیح از منابع محدود آب ترسیم نماید. چندان عدم قطعیت در رابطه با طراحی، بازسازی و نوسازی شبکه های توزیع آب وجود دارد. در نظر نگرفتن این عدم قطعیت ها بر عملکرد شبکه تأثیر سوء خواهد داشت. به همین دلیل تأکید زیادی بر قابلیت اطمینان شبکه های توزیع

برای این نوع طراحی استفاده شده است.

در این تحقیق مدلی برای بهینه‌سازی دوهدفه شبکه‌های توزیع آب و طراحی پویای این شبکه‌ها تدوین شده است. این مدل از تلفیق چند زیرمدل از جمله مدل ماشین بردار پشتیبان برای پیش‌بینی نرخ شکست لوله‌ها، مدل تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار برای تحلیل هیدرولیکی شبکه، مدل قابلیت اطمینان برای ارزیابی کارایی و قابلیت اطمینان شبکه و الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچگان (سیستم مورچه بهترین تکرار) حاصل شده است و با استفاده از آن می‌توان علاوه بر کمینه کردن هزینه کل شبکه توزیع آب (هزینه اجرای شبکه، هزینه اصلاح شبکه و هزینه تعمیر حوادث و اتفاقات) در طول دوره طرح، کارایی و قابلیت اطمینان آن را نیز بیشینه کرد.

برای ساخت مدل پیش‌بینی نرخ شکست، پس از جمع‌آوری اطلاعات حوادث و اتفاقات شبکه توزیع آب شهر مهاباد واقع در آذربایجان غربی، از تکنیک‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان استفاده شده و با مقایسه عملکرد این دو تکنیک، مناسب‌ترین مدل انتخاب شد. با بررسی برخی از مدل‌های موجود تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار و تجزیه و تحلیل نتایج آن‌ها، مناسب‌ترین مدل با اعمال تغییراتی در آن، برای استفاده در این رساله انتخاب شد. در این راستا به بررسی آزمایشگاهی و میدانی روابط فشار - دبی موجود پرداخته و مناسب‌ترین آن‌ها مشخص شد. همچنین بر اساس اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و میدانی به‌عمل آمده، یک رابطه فشار - دبی جدید که نسبت به روابط قبلی منطقی‌تر است، استخراج و در مدل تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار به‌کار گرفته شد. سپس به مطالعه شاخص‌های موجود قابلیت اطمینان پرداخته و با بررسی نقاط ضعف و قوت آن‌ها، شاخص جدیدی براساس تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار برای ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع آب ارائه شد که در مقایسه با شاخص‌های قبلی، کامل‌تر و جامع‌تر به‌نظر می‌رسد. مدل نهایی ارائه شده در این رساله مجموعه‌ای از جواب‌های غیرمغلوب را در قالب منحنی پارتو پیش روی تصمیم‌گیران و مدیران قرار می‌دهد که با استفاده از تکنیک‌های حل اختلاف یا دیگر روش‌ها می‌توان مناسب‌ترین گزینه را از بین آن‌ها انتخاب کرد. این مدل برای طراحی پویای یک شبکه واقعی توزیع آب (شبکه توزیع آب شهر قطور) به‌کار گرفته شده و نتایج حاصله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: شبکه توزیع آب، طراحی پویا، بهینه‌سازی دوهدفه، پیش‌بینی نرخ شکست لوله‌ها، تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار، اندازه‌گیری آزمایشگاهی و میدانی، رابطه فشار - دبی، قابلیت اطمینان، ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم جامعه مورچگان.

خلاصه فعالیت‌های انجمن در تابستان سال ۱۳۹۶ به شرح زیر است:

- ✿ ملاقات هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران با مدیرعامل آبفای استان اصفهان
- ✿ ملاقات رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران و معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان
- ✿ آغاز فعالیت مجله علمی - ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب با صاحب امتیازی انجمن آب و فاضلاب ایران به صورت فصلنامه و با هدف انتشار مقالات علمی و به‌ویژه کاربردی در صنعت آب و فاضلاب
- ✿ برگزاری جلسات هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب
- ✿ برگزاری جلسات کمیته تخصصی تلفات آب
- ✿ برگزاری جلسات هیئت تحریریه نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب
- ✿ امضای موافقتنامه همکاری انجمن آب و فاضلاب ایران با آبفای تهران
- ✿ فراخوان دومین دوره انتخاب پایان‌نامه برتر با موضوع مدیریت مصرف و هدررفت آب
- ✿ برگزاری هفتگی جلسات شورای سیاست‌گذاری اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب
- ✿ نظرخواهی در مورد میزگردهای تخصصی همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب
- ✿ درخواست همکاری در برگزاری کارگاه‌های همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب
- ✿ صدور و اعطای کارت‌های عضویت اعضا به صورت دوره‌ای
- ✿ انتشار ۳ شماره خبرنامه انجمن شامل:
- مصاحبه با جناب آقای دکتر حریری اصلی، مشاور محترم مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب شهری گیلان و عضو کمیته تخصصی "تلفات آب" انجمن آب و فاضلاب ایران
- مصاحبه با جناب آقای دکتر صراف‌زاده، دانشیار دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تهران، رئیس کرسی بازیافت آب یونسکو در دانشگاه تهران و عضو هیئت تحریریه نشریه انجمن
- مصاحبه با جناب آقای دکتر جلیلی قاضی‌زاده، عضو کمیته تلفات آب انجمن آب و فاضلاب ایران و دبیر علمی اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب
- اخبار اولین جشنواره ملی فناوری‌های آب، بهره‌وری و بازچرخانی در دانشگاه فردوسی مشهد
- معرفی کنفرانس‌های داخلی و بین‌المللی معتبر
- مهم‌ترین اخبار صنعت
- معرفی کتاب
- برای دسترسی به متن کامل مطالب و فایل pdf هر خبرنامه به سایت انجمن به آدرس irwwa.ir، بخش انتشارات < انتشارات انجمن مراجعه فرمایید.



خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

17

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال دوم - شماره پنجم - شهریور ماه ۱۳۹۶

اطلاعات تماس:
info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۴۹۱۳۹۰

نشانی پستی:
تهران، خیابان طالقانی، بین خیابان، دندس و وصال، پلاک ۲۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

آدرس نگارخانه:
<https://telegram.me/irwwa24>
www.irwwa24.com

آدرس لینکدین:
<https://www.linkedin.com/company/irwwa>

مطالب این شماره:

- مصاحبه با جناب آقای دکتر سرفراز زاده
- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

هنگامان خبرنامه:

دکتر سارا نظیف

دکتر مسعود تاشی

مهندسین ساجدها شهنشاهی

مهندسین الهام قاضی

سروش تاشی

سخن اول:

توسعه شهرها و افزایش جمعیت آنها منجر به تولید حجم قابل توجهی از فاضلاب میشود که عدم دفع صحیح آن منبذاتد کیفیت شدید منابع آب سطحی و به ویژه زیرزمینی را به دنبال داشته باشد. برای جلوگیری از این امر، در سالیهای اخیر توسعه شبکه های جمع آوری فاضلاب و تصفیه متمرکز فاضلاب های جمع آوری شده در دستور کار قرار گرفته است. این امر هزینه های بسیاری را به دنبال داشته و در برخی موارد نیز به دلیل عدم تأمین بودجه های موردنیاز اجرایی کردن این سیستمها با تاخیرهای قابل توجهی مواجه شد و عملا مشکل آفت کیفیت منابع آب هر روز تشدید میشود. این امر تا آنجا که هزینه های غیرمترکز تصفیه فاضلاب در دنیا به صورت گسترده ای استفاده میشود به نظر میسرند بازنگری در روشهای دفع فاضلاب و توسعه جمع آوری و تصفیه فاضلاب ضروری است.

مسئله شماره ۵

به نظر شما انعکاز اصلی برای مواجهه با کمبود آب در شهرها چیست؟

- ۱- تأمین منابع جدید
- ۲- صرفه جویی و مدیریت مصرف آب
- ۳- بازآفرینی آب
- ۴- کاهش تلفات و هدررفت

لطفأ شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل info@irwwa24.com یا irwwa@gmail.com یا irwwa24@yahoo.com یا irwwa24@gmail.com فرستاد. در قسمت Subject ایمیل، شماره مسئله را وارد کنید. در پایان هر مام به نظر برگزیده به دید فرستاده هدیه ای لطفأ می شود.

برنده مسئله شماره ۵: سحرکار سامیه حسینی لطفأ برای دریافت امتیاز به طریق ایمیل یا ما تماس بگیرید.



انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA
 The Iranian Water Wastewater Association

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال دوم - شماره چهارم - تیر ماه ۱۳۹۶

<http://irwwa.ir>

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir

۰۲۱-۸۸۲۳۱۳۹۰

نشانی پستی:

تهران، خیابان طالقانی، بین خیابان، قدس و وصال، پلاک ۲۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

آدرس وبسایت:

<https://www.irwwa.ir>

<https://www.linkedin.com/company/irwwa/>

آدرس لینکدین:

<https://www.linkedin.com/company/irwwa/>

مطالب این شماره:

- مصاحبه با دکتر کاوه حریری اصل
- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

هشکبران گهواره:

دکتر سارا تلفظ

دکتر مسعود تابش

مهندس نینوشا راثی قهیبی

مهندس سید احمدرضا شامشگیان

پروش تابش



سخن اول:

بحث انتخاب گزینه برتر از میان گزینه های پیشنهادی در طرح آب و فاضلاب موضوع جدیدی نیست. معمولاً براساس ملاحظات فنی چند گزینه پیشنهاد شده و نه نهایتاً گزینه برتر براساس معیارهای اقتصادی و یا در نظر گرفتن سایر جوابات انتخاب می شود. اما نکته ای که بسیار مهم است هزینه های مستقیم و غیرمستقیم طول عمر این پروژه ها است که اغلب مورد غفلت قرار می گیرد. هزینه های ناشی از آسیب و صدمات به محیط زیست، آلودگی گازهایی، و بسیاری موارد دیگر! با توجه به آشکار شدن آثار و هزینه های بسیار پروژه های گذشته در این ارتباط به نظر می رسد بازنگری اساسی در روند تصمیم گیری در مورد طرح آب و فاضلاب و در نظر گرفتن آثار جانبی و بلندمدت آنها یک ضرورت اجتناب ناپذیر است.

مسافه شماره ۴

به نظر شما دلیل عدم توسعه طرح آب و فاضلاب در کشور کدام یک از موارد زیر است؟

- ۱- وجود منابع کافی با کیفیت مطلوب
- ۲- مقاومت های اجتماعی
- ۳- عدم فراهم بودن زیرساخت های لازم برای فاضلاب
- ۴- عدم آشنایی با آثار سوء جوی فاضلاب آب

لطفا شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل info@irwwa.ir ارسال فرمایید. در قسمت Subject ایمیل شماره مسافه را وارد کنید. در پایان هر نام به همراه گزینه به دید فرستاده می شود.

پنج آب و فاضلاب ایران

IWWA
International Water Wastewater Association

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران - سال دوم - شماره ششم - شهریور ماه ۱۳۹۶

اطلاعات تماس:
info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۴۳۱۳۹۰

نشانی پستی:
تهران، خیابان
طالقانی، بین
خیابان قدس و
خیابان پلاک ۴۴۹.
طبقه ۴، واحد ۷

آدرس تلگرام:
[https://
telecom/
iwawa](https://t.me/telecom/iwawa)

آدرس ایمیل:
[https://
ir.linkedin.com/
in/irwwa-iwwa-
098454117](https://ir.linkedin.com/in/irwwa-iwwa-098454117)

مطالب این شماره:

- مساحین به جناب آقای دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده
- اخبار انجمن
- رویدادها و پیشرو
- معرفی کتاب

همکاران خبرنامه:

- دکتر سارا نعلیق
- دکتر سعید نائینی
- مهندس سید احمدرضا شاهگیریان
- سرروش نائینی

سخن اول:

در اخبار و گزارشات و پیام هایی که هر روز در دنیای مجازی به دست ما می رسد و مطالعه می کنیم، حتمار د و اثری از آبی بخت بحران و کمبود منابع آب در کشور مشاهده میشود. در این میان نیز گاه گاه از راه افراط و تفریط و در برخی موارد باور نکردنی و حتی ضد و نقیض در ارتباط با میزان تلفات و هدر رفت آب در سیستمهای تامین و توزیع آب و راهکارهای و رویکردهای کاهش آن سخن گفته می شود و این که در این ارتباط مسئول کبیت و هزاران سوال دیگر برای بحث و بررسی در این ارتباط و تبادل نظر بین صاحبان دانشگاه و صنعت، مایش مدیریت مصرف و هدررفت آب به همت کمیته تلفات آب انجمن آب و فاضلاب ایران در آذر ماه سال جاری در پردیس شهید مباسیر دانشگاه شهید بهشتی برگزار می شود. تصمیمات منظر همراهی شما عزیزان همیشه همراه در این مایشان به منظور پوشش نتایج کارپردی و مفید برای کشور هستیم .

درصد سه شنبه: سلامتی، جناب آقای عباسی اینجا بحث درباره ای طریق ایشل یا با شش بگریزد.

مسابقه شماره ۶

کمترین میزان هدررفت آب در شبکه توزیع آب مربوط به کدام کشور است؟

- ۱- ژاپن
- ۲- سنگاپور
- ۳- آلمان
- ۴- ایالات متحده عربی

لطفاً شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل comp.irwwa@gmail.com تا ۳۰ سپهر ارسال فرمایید. در قسمت subject ایمیل، نام خود را وارد کنید. در پایان هر ماه به نفر برنده یک نفره هدیه های اعطا می شود.



انجمن آب و فاضلاب ایران

کمیته‌های تخصصی انجمن

کمیته تخصصی هدرفت آب



IWWA Water Loss
Specialist Task
Group



Iran Water & Wastewater Association

هدف اصلی کمیته

تلاش در جهت تبیین و ارتقای مفهوم مدیریت مصرف و کاهش هدررفت آب

روش‌ها:

"آموزش، پژوهش، تبلیغات، انتشارات، ارتقای فناوری و ظرفیت سازی از طریق ارتباط با شرکتهای آب و فاضلاب شهری و روستایی، دانشگاهها، مشاورین، پیمانکاران، تولیدکنندگان، تصمیم سازان و اقشار مختلف مردم"

برنامه های در دست اقدام:

برگزاری همایش مدیریت مصرف و هدررفت آب (با همکاری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور) به صورت دو سالانه

سایر اهداف کمیته

بررسی آسیب شناسانه وضعیت موجود مدیریت مصرف و هدررفت آب و ترسیم وضع مطلوب

بررسی آسیب شناسانه روند آموزش و پژوهش در این حوزه

آسیب شناسایی آیین نامه ها و استانداردهای موجود و برنامه ریزی برای اصلاح آنها یا تدوین استانداردهای جدید

انتشار کتاب و نشریه در رابطه با موضوع

کمک به تبیین موضوع از طریق ارتباط با جامعه، صدا و سیما، خبرگزاریها، مطبوعات، مدارس، تصمیم سازان و ایجاد یک فرهنگ عمومی

فراخوان عضویت در کمیته

کلیه علاقمندان به مشارکت در برنامه‌های مدیریت مصرف و هدررفت آب می‌توانند برای عضویت در "کمیته تخصصی هدررفت آب" به ترتیب زیر عمل کنند:

فرآیند عضویت در کمیته

مراجعه به سایت انجمن آب و فاضلاب ایران
به نشانی irwwa.ir

عضویت در سایت و دریافت پسورد

تکمیل فرم عضویت انجمن و انتخاب نوع کمیته تخصصی در فرایند ثبت نام

تعیین و تایید نوع عضویت توسط انجمن و صدور کارت عضویت

ارکان اصلی کمیته

اعضای هیئت رئیسه

اعضاء اصلی	اعضاء علی‌البدل
دکتر تابش	دکتر صالحی
دکتر جلیلی قاضی زاده	مهندس غزلی
دکتر حریری اصل	
مهندس سیدزاده	
مهندس مبینی	
دکتر میرسپاسی	
مهندس هنری	



انجمن آب و فاضلاب ایران

همچنین کلیه اعضا و علاقمندان می‌توانند دستاوردهای علمی و تجربی خود را برای انتشار در نشریه علمی- ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب از طریق آدرس jwwse.ir ارسال کنند.

با ما همراه باشید

ارتباط مستمر با هیئت مدیره انجمن برای ارائه نظرات و مشارکت در برنامه‌ریزی و فعالیت‌های انجمن

تهران، خیابان طالقانی، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷



irwwa.ir
info@irwwa.ir

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

۱۰۰۰۲۱۶۱۱۱۲۲۶۴

<https://telegram.me/irwwa94>

<https://ir.linkedin.com/in/irwwa-irwwa-098454117>



Iran Water & Wastewater Association

از علاقه‌مندان به حوزه‌های مرتبط با علوم و صنعت آب و فاضلاب دعوت می‌شود تا برای شروع فرآیند عضویت خود در انجمن آب و فاضلاب ایران، از طریق لینک <http://irwwa.ir>، به سایت انجمن مراجعه و با ایجاد حساب کاربری در سایت، اقدام به دریافت نام کاربری و رمز ورود اقدام کنند. سپس وارد حساب کاربری خود شده و گزینه عضویت را انتخاب نموده و با تکمیل فرم عضویت حقیقی، عضویت خود را در انجمن تکمیل نمایند. مراحل پرداخت حق عضویت و اعطای کارت پس از ارسال ایمیل تأییدیه از سوی انجمن، شروع خواهد شد.

حق عضویت اعضای حقوقی

نوع شرکت	حق عضویت سالانه (ریال)
کوچک	۳۰۰۰۰۰
متوسط	۶۰۰۰۰۰
بزرگ	۱۰۰۰۰۰۰

حق عضویت اعضای حقیقی

نوع	مبلغ (ریال)
حق عضویت با تاخیر سال ۱۳۹۵	۵۵۰۰۰۰
حق عضویت سال ۱۳۹۶	۵۰۰۰۰۰
حق عضویت با تخفیف سال ۱۳۹۷	۴۵۰۰۰۰
حق عضویت با تخفیف سال ۱۳۹۸	۴۰۰۰۰۰
هزینه صدور و ارسال کارت عضویت	۲۰۰۰۰۰

* هزینه چاپ آگهی در نشریات انجمن

نوع	مبلغ (ریال)
۱ صفحه در یک شماره	۱۲۵۰۰۰۰
۲ صفحه در یک شماره	۲۵۰۰۰۰۰
۱ صفحه در چهار شماره پیاپی*	۵۰۰۰۰۰۰
۲ صفحه در چهار شماره پیاپی*	۸۰۰۰۰۰۰

* شامل یک سال عضویت حقوقی انجمن

شماره حساب: ۱۳۵۷۲۰۶۲۳

شماره شب: IR9301800000000000135720623

شماره کارت مجازی: ۵۸۵۸-۸۳۷۰-۰۰۱۲-۶۲۵۶

بانک تجارت شعبه اردیبهشت (کد ۱۸۷) به نام انجمن آب و فاضلاب ایران

لطفاً اسکن فیش واریزی را به ایمیل انجمن (info@irwwa.ir) ارسال فرمایید.

۱۳۹۷، براساس ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تنها اعضای حقیقی که حق عضویت خود را پرداخت نموده باشند حق رأی خواهند داشت.

تذکر مهم:

با توجه به برگزاری مجمع عمومی و انتخابات انجمن در سال

مزایای عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

مزایای عضویت			عضویت حقیقی			عضویت حقوقی (شرکت‌ها)		
			پایسته	وابسته		کوچک	متوسط	بزرگ
تخفیف شرکت در کنفرانس‌های انجمن			٪۲۰	٪۲۰		٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
تخفیف شرکت در نمایشگاه‌های انجمن			-	-		٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
تخفیف شرکت در دوره‌های آموزشی انجمن			٪۲۰	٪۲۰		٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
تخفیف شرکت در کارگاه‌ها و بازدیدهای انجمن			٪۲۰	٪۲۰		٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
تخفیف چاپ مقالات در مجلات انجمن			-	-		٪۲۰	٪۲۰	٪۲۰
تخفیف چاپ آگهی در مجلات انجمن*			٪۲۰	٪۲۰		٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
تخفیف خرید مقاله از مجلات انجمن			٪۲۰	٪۲۰		٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
تخفیف خرید انتشارات انجمن			٪۲۰	٪۲۰		٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
امکان صدور معرفی‌نامه عضویت در انجمن			*	*		*	*	*
اطلاع‌رسانی و امکان حضور در نشست‌ها، گردهمایی‌ها و کارگاه‌های انجمن			*	*		*	*	*
دسترسی به اطلاعات سایت انجمن	دسترسی به مقالات بارگذاری شده در سایت		*	*		*	*	*
	دسترسی به آموزش‌های بارگذاری شده در سایت		*	*		*	*	*

کنفرانس های داخلی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
هفتمین کنفرانس منابع آب ایران	یزد، دانشگاه یزد	۵ و ۶ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷	http://www.7wrmc.ir
یازدهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران	تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی عمران	۱۷ تا ۲۱ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷	http://11icce.ut.ac.ir/
هفدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران	شهرکرد	۱۴ و ۱۵ شهریور ماه ۱۳۹۷	http://conf.sku.ac.ir/17HYDRO
دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران	اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان	۲۲ تا ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷	http://iwwa-conf.ir/

کنفرانس های خارجی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
Water Resource Recovery Modelling 2018	Lac Beauport, Quebec City Region, Canada	10 – 14 March 2018	http://www.wrrmod2018.org/
IWA Biofilms: Granular Sludge System Conference 2018	Delft, Netherlands	18 – 21 March 2018	http://www.granularsludgeconference.org/
Water Loss 2018	Cape Town, South Africa	7 – 9 May 2018	http://www.waterloss2018.com/
10th Eastern European IWA YWP Conference	Zagreb, Croatia	7 - 12 May 2018	http://www.iwa-network.org/events/10th-eastern-european-iwa-ywp-conference/
The 2nd Disinfection and Disinfection By-Products Conference	Beijing, China	14 – 18 May 2018	http://www.iwa-network.org/events/the-2nd-disinfection-and-disinfection-by-products-conference/
Sludge Management in Circular Economy (SMICE)	Rome, Italy	23 – 25 May 2018	http://smice2018.com/
LET 2018 – The 15th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies	Nanjing, China	27 – 31 May 2018	http://iwa-let.org/
ecoSTP 2018	London, Ontario, Canada	25 – 27 June 2018	http://www.iwa-network.org/events/ecostp-2018/
13th International Conference on Hydroinformatics (HIC 2018)	Palermo, Italy	1 – 6 July 2018	http://www.hic2018.org/
Singapore Water Convention	Singapore, Singapore	8 – 12 July 2018	http://www.siww.com.sg/water-convention
6th International Dry Toilet Conference 2018 – Supported	Hiedanranta, Finland	20 – 24 August 2018	http://www.huussi.net/en/activities/dt-2018/dry-toilet-conference-2018/
IWA World Water Congress & Exhibition 2018	Tokyo, Japan	16 – 21 September 2018	http://www.worldwatercongress.org/
11th International Conference on Urban Drainage Modelling (UDM2018)	Palermo, Italy	23 – 26 September 2018	https://www.udm2018.org/
XIII Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion (DAALXIII)	Medellin, Colombia	21 – 24 October 2018	http://www.iwa-network.org/events/xiii-latin-american-workshop-and-symposium-on-anaerobic-digestion-daalxiii/



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور



شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان



پژوهشگاه آب و فاضلاب



انجمن آب و فاضلاب ایران

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران و همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی

2nd IRAN WATER & Wastewater Science Engineering Congress
National Conference on Demand Supply of Drinking Water and Sanitation



محورهای کنگره:

- تأمین، انتقال، تصفیه و توزیع آب
- جمع آوری، انتقال، تصفیه، بازچرخانی و بازیافت فاضلاب
- بهره گیری از آب های نامتعارف، پساب ها و آب های لب شور
- فناوری های نوین در آب و فاضلاب
- ارتقاء، مقاوم سازی و بازسازی سامانه های آب و فاضلاب
- مدیریت منابع انسانی و مالی در حوزه های آب و فاضلاب
- رویکردهای فنی، اقتصادی و اجتماعی در مدیریت مصرف آب
- بومی سازی ضوابط طراحی سامانه های آب و فاضلاب
- تجارب حاصل از بهره برداری بومی از سامانه های آب و فاضلاب
- ارزیابی و آسیب شناسی ساختار شرکت های آب و فاضلاب

دانشگاه صنعتی اصفهان

۲۲ الی ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷

مهلت ارسال مقالات کامل تا ۲۴ شهریور ۱۳۹۷

www.iwwa-conf.ir

info@iwwa-conf.ir

@iwwsec



آدرس دبیرخانه: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، ساختمان پژوهشگاه، طبقه ۱

تلفاکس: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۷۴۲



راهنمای نگارش و ارسال مقاله در سامانه مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب

✿ نویسنده مسئول مقاله به هنگام ثبت مقاله، فایل های

زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می نماید:

- فایل Word مقاله بدون نام نویسندگان، که محل شکل ها و جدول ها را در متن مشخص کرده است اما شکل ها و جدول ها در انتهای متن ارائه شده اند.

- فایل pdf مقاله بدون نام نویسندگان که شامل کلیه اجزا و محتویات مقاله است و شکل ها و جدول ها در جای خود جانمایی شده اند.

- فایل مشخصات نویسندگان.

- فایل کپی رایت که نامه ای است که نویسندگان با مضمون تعهد ارسال مقاله فقط برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه می کنند و با امضای کلیه مولفین با ترتیبی که قرار است چاپ شود، ارسال می نمایند (نمونه این نامه در زمان ثبت مقاله در قسمت نامه به سردبیر قابل رویت است).

✿ نرم افزار حروف چینی: نرم افزار Microsoft Word 2013

✿ عنوان: کوتاه اما معرف محتوای مقاله است و از ۱۵ واژه تجاوز نمی کند.

✿ نام نویسنده (گان): به همان ترتیبی که در مقاله چاپ می شود، در یک فایل جداگانه به طور کامل آورده می شود. عناوین دانشگاهی نویسنده (گان) به ترتیب نویسنده: مرتبه علمی، گروه، دانشکده، دانشگاه، شهر، کشور نشان داده می شود. عناوین غیر دانشگاهی نیز به ترتیب عنوان آخرین مدرک دانشگاهی، سمت، محل کار، شهر و کشور نشان داده شود. ثبت اسامی تمامی نویسندگان به همراه پست الکترونیکی و اطلاعات تماس ایشان در سامانه الزامی است. با توجه به سیستم الکترونیک مجله برای پیشبرد وضعیت مقالات، مقاله مستقیماً برای داور ارسال می شود، لذا تاکید می شود که فایل های ارسالی به مجله فاقد نام نویسنده (گان) باشد. در غیر این صورت تا اصلاح شدن فایل، ارسال مقاله برای داوران متوقف می شود.

✿ نام مؤسسه: نام مؤسسه در بخش فارسی و انگلیسی منطبق بر نام مصوب و رایج مؤسسه است (نام رسمی مندرج در سربرگ رسمی مؤسسات، دانشگاه ها، سازمان ها و ...).

✿ چکیده فارسی: شامل مقدمه، مواد و روش ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث و نتیجه گیری است. حداقل تعداد

نویسندگان محترم پس از آماده سازی مقاله مطابق راهنمای تدوین مقالات، از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب به آدرس jwwse.ir می توانند وارد صفحه شخصی خود شده و با تکمیل بخش های مربوطه، مقاله خود را ارسال نمایند.

توجه به نکات زیر در ارسال مقاله ضروری است:

- ارسال مقاله منحصراً از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب انجام می شود.

- نویسنده ای که برای بار چندم اقدام به ارسال مقاله می نماید، حتماً باید از طریق صفحه شخصی قبلی خود نسبت به ارسال مقاله اقدام نموده و به هیچ عنوان دوباره در سامانه ثبت نام نکند.

- وارد کردن اسامی تمامی نویسندگان در سامانه و در محل مربوط به مشخصات نویسندگان مقاله، الزامی است.

- نویسندگان در طی مراحل ارسال مقاله، در قسمت نامه به سردبیر، متعهد می شوند که مقاله صرفاً برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه شده و برای چاپ یا ارزیابی به مجله دیگری ارائه نشده است.

- نویسندگان در قسمت ارسال فایل ها با ارسال یک فایل word که به امضای همه نویسندگان رسیده است، حق چاپ مقاله را به مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب واگذار می نمایند. در غیر این صورت مقاله در روند داوری قرار نخواهد گرفت.

- فایل هایی که نویسنده در مرحله اولیه ارسال می کنند شامل فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، فایل Pdf بدون نام نویسندگان، فایل مشخصات کامل نویسندگان و فایل اصلی شکل ها در محیط نرم افزاری مربوطه است.

✿ دستورالعمل نگارش و تنظیم مقالات

مجله علمی- ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب به زبان فارسی و با چکیده انگلیسی چاپ می شود. تعداد صفحات مقاله کامل و نیز مروری حداکثر ۱۲ صفحه و یادداشت فنی بین ۴ تا ۶ صفحه قابل چاپ است. لازم به ذکر است که مقاله ارسالی نباید همزمان در مجله دیگری چاپ شده یا تحت داوری باشد.

کلمات در چکیده ۱۵۰ و حداکثر ۲۵۰ کلمه باشد.

🌀 **چکیده انگلیسی:** باید دقیقاً معادل چکیده فارسی باشد.
🌀 **واژه‌های کلیدی فارسی و انگلیسی:** باید یکسان و شامل حداقل چهار و حداکثر شش واژه مجزا باشد که موضوع تحقیق، بیشتر پیرامون آنهاست.

🌀 **متن مقاله:** متن کامل مقاله در دو فایل جداگانه شامل یک فایل Word با قلم نازک B Nazanin با اندازه ۱۲ برای زبان فارسی و قلم Times New Roman با اندازه ۱۰ برای زبان انگلیسی و با فاصله بین خطوط ۱/۵ سانتیمتر به صورت تک ستونی و یک فایل با فرمت pdf ارائه می‌شود. فایل word مقاله، یک مقاله کامل و شامل تمامی اجزای ضروری است، با این تفاوت که محل ارائه تمامی شکل‌ها و جدول‌ها در انتهای فایل word است و فقط محل ارجاع آن‌ها در متن اصلی جانمایی می‌شود. در فایل pdf، مقاله به صورت کامل و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه شود. همان‌طور که اشاره شد، در هر دو فایل word و pdf اسامی و مشخصات نویسندگان به طور کامل حذف می‌شوند.

متن مقاله شامل بخش‌های چکیده، مقدمه، مواد و روش‌ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و مراجع و همچنین شکل‌ها و جدول‌ها است. در صورت لزوم، بخش‌های قدردانی و بخش پی‌نوشت‌ها در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع نوشته می‌شود. بخش‌های مختلف متن و همه صفحات و همین‌طور تمام سطرها به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

- معادل انگلیسی کلمات فارسی که نیاز به توضیح به زبان اصلی دارد، وقتی برای اولین بار در مقاله به کار می‌روند، به صورت پی‌نوشت در انتهای مقاله قبل از لیست مراجع درج می‌شوند. شماره پی‌نوشت‌ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص می‌شود و به صورت مسلسل ادامه می‌یابد.

🌀 **جدول‌ها و شکل‌ها:** در صفحات جداگانه در انتهای فایل word مقاله با کیفیت مناسب چاپ ارائه می‌شوند. همه جدول‌ها و شکل‌ها شماره‌گذاری شده و عنوان جدول در بالای آن و عنوان شکل در زیر آن نوشته می‌شود. در عنوان جداول و نمودارها باید سه ویژگی «چه، کجا و کی» برای محتوای آن مشخص شود. مثلاً نوشته شود: نوسان‌های دبی آب خام در تصفیه‌خانه بابا شیخ علی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵. در ضمن اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگری اخذ شده است، به

مرجع مورد نظر در آخر عنوان جدول یا شکل اشاره می‌شود و مشخصات مأخذ در بخش مراجع درج می‌شود. همچنین ارسال فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری به همراه کاربرگ داده‌های نمودار نیز ضروری است. در فایل pdf مقاله، تمامی شکل‌ها و جدول‌ها در محل خودشان در متن مقاله جانمایی می‌شوند.

- در صورتی که در مقاله از عکس استفاده شده باشد، ارسال فایل اصلی آن الزامی است.

- در مورد نمودارهایی که با نرم‌افزارهای تخصصی تهیه شده‌اند، ارسال کاربرگ داده‌های رسم نمودار نیز ضروری است.

🌀 **معادلات:** معادلات به صورت خوانا با حروف و علائم مناسب با استفاده از Microsoft Equation تهیه می‌شوند. واحدها بر حسب واحد بین‌المللی (SI) و معادلات به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

🌀 **مراجع:** نگارش مراجع در این مجله بر اساس شیوه مرجع‌نویسی هاروارد است. در متن مقاله به منظور اشاره به مرجع به صورت انگلیسی یا فارسی (نویسنده، سال) عمل می‌شود و در انتهای مقاله مرجع‌نویسی به صورت الفبایی است. ارجاع در داخل متن به بیش از یک مرجع در کنار هم، به این صورت است که مراجع با نقطه ویرگول (;) از هم جدا می‌شوند. لازم به ذکر است که همه مراجع فارسی انگلیسی به ترتیب ارائه می‌شوند. فقط مراجعی که در متن مقاله به آن‌ها اشاره شده است، در بخش مراجع آورده می‌شوند. تاکید می‌شود که در بخش فهرست مراجع نام تمامی مجلات، انتشارات، موسسات، کنفرانس‌ها و غیره به صورت کامل درج می‌شود و از به کار بردن نام اختصاری آن‌ها (Abbreviation) خودداری می‌شود. در متن مقاله نام نویسندگان مراجع فارسی (به صورت فارسی) و مراجع انگلیسی (به صورت انگلیسی) نوشته می‌شود. در صورتی که نویسندگان تا دو نفر باشند، نام هر دو نویسنده و در صورتی که بیش از دو نفر باشند، از عبارت et al. (و همکاران) در متن مقاله استفاده می‌شود.

🌀 **مقاله غیر انگلیسی:**

تابش، م.، بهبودیان، ص.، و بیگی، س.، (۱۳۹۳)، «پیش‌بینی بلندمدت تقاضای آب شرب (مطالعه موردی: شهر نیشابور)»، تحقیقات منابع آب/ایران، ۱۰(۳)، ۱۴-۲۵.

عنبری، م.، (۱۳۹۲)، «تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب با استفاده از شبکه‌های بیزین»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

🌀 مقاله انگلیسی:

Pasha Zanousi, S., Ayati, B., and Ganjidoos T.H., (2010), "Investigation of tubifex worms potential in mass and volume reduction of sludge wastewater treatment plants in laboratory scale", *Journal of Water and Wastewater*, 24(4), 59-65.

🌀 مقاله منتشر نشده:

Foladori, P., Tamburini, S., and Bruni, L., (2017), "Bacteria permeabilisation and disruption caused by sludge reduction technologies evaluated by flow cytometry", *Journal of Water Research*, in press.

🌀 کتاب:

Briere, F.G., (2014), *Drinking-water distribution, sewage, and rainfall collection*, Presses Internationales Polytechnique, Paris.

🌀 بخشی از کتاب:

Meltzer, P.S., Kallioniemi, A., and Trent, J.M., (2002), "Chromosome alterations in human solid tumors", in: B. Vogelstein & K.W. Kinzler (eds.), *The Genetic Basis of Human Cancer*, pp. 93-113, McGraw-Hill, New York.

🌀 موسسه به‌جای نویسنده:

WHO, (2011), *Nitrate and nitrite in drinking-water-background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality*, World Health Organization, Geneva.

🌀 مقالات کنفرانسی:

Murphy, L.J., Dandy, G.C., and Simpson, A.R., (1994), "Optimum design and operation of pumped water distribution systems", *Proceedings of the International Conference on Hydraulics in Civil Engineering*, Institution of Engineers, Brisbane, Australia, pp. 149-155.

🌀 پایان نامه:

Hashemi, S.S., (2010), "Optimization of water networks by minimizing pumping energy", MSc. Thesis, School of Civil Engineering, Collage of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

🌀 سایت اینترنتی:

Burka, L.P., (2003), "A hypertext history of multiuser dimensions", Viewed 5 Dec 2015, <http://www.ccs.neu.edu/>



شرکت آب و فاضلاب استان تهران



ISSN 2588-3941

Journal of Water & Wastewater Science and Engineering

Volume 2, No. 2, Summer 2017

Preface	1
Technical Papers	
Studying Iranian Drinking Water Quality Guidelines Compared to the Authentic World Standards Ali Torabian and Shervin Shahavi	3
Investigating and Proposing a Proper Treatment System for Washing Machine Wastewater Mohammad Hossein Sarrafzadeh, Narges Shirouei and Omid Tavakoli	14
Biological Removal of Nitrate from Drinking Water in Anoxic Bioreactor–Membrane Bioreactor Hybrid System Faezeh Yadegari, Elham Abdollahzadeh Sharghi and Mehrdad Adl	24
Controlling the Negative Pressure Caused by Water Hammer in Water Conveyance Pipe Lines Using Hydropneumatics Tank and Air Valves (A Case Study of Mehran City, Ilam Province) Asrin Bahrami, Jaafar Mamizadeh, Alireza Hoseini and Hamidreza Lotfizadeh	34
Using Technical and Financial Review and AHP Method to Find the Best Method of the Chlorine-Based Disinfection Ebrahim Aboutalebi Shakour and Hossein Jamshidi	41
Using and Development of Regression Models for Predicting Pipes Failure Rate in Water Distribution Networks Sonia Ghasemnejad and Homayoun Motiei	48
The Crises of 4000 Patients in Pardis City Ahmad Moshiri and Mehrshad Samadi	59
General Section	
Interview	62
Idea Recall	70
Best Technology	71
Book Presentation	75
Best Thesis	76
News	78