



ISSN 2588-3941

نشریه علمی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ششم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

نشریه علمی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ششم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

انجمن آب و فاضلاب ایران

پیشگفتار

۲

مقالات علمی

راهکارهای شهر هوشمند برای مقابله با بحران کمبود آب مبتنی بر پروتکل KNX
منا جهانگیری خواه، منیره هوشمند و مهسا خرم پناه

۵

شناسایی و تحلیل آماری برخی عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک
محمدرضا وصالی ناصح، محمدرضا حسینی نسب، حامد صفی خانی، سجاد نوروزی، مهران مامقانی نژاد، علیرضا جوکار و
علی غیاث آبادی فراهانی

۱۵

بررسی حذف نماتد توسط واحدها و یکان های تصفیه خانه آب شرب پردیس
فرزانه فریدی راد، معصومه قلی نژاد، فاطمه تبریزی و نورمحمد سلابرزی

۲۷

بررسی عملکرد حوضچه متعادل سازی در راندمان تصفیه فاضلاب بهداشتی به روش لجن فعال
(مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب پادگان نظامی تیپ ۳۷)
محمد هادی فتاحی، محمد حسینی، سهراب کرمی

۳۸

ارزیابی عملکرد شاخص های مالی صنعت آب و فاضلاب شهری با تاکید بر اندازه شرکت،
رویکرد مدل تحلیل پوششی داده ها
عبدالمجید راه پیما و محمد داود آبادی

۵۰

کاربرد پساب ثانویه تصفیه فاضلاب شهری در آبیاری زمین های کشاورزی: ارزیابی کمی خطر میکروبی لژیونلا
مرضیه فرهادخانی، مهناز نیک آیین و قاسم یادگارفر

۵۸

مطالب عمومی

مصاحبه

۶۶

میزگرد

۸۷

پایان نامه برتر

۹۸

ایده برتر

۱۰۱

معرفی کتاب

۱۰۲

گزارش فعالیت های انجمن

۱۰۴

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

این نشریه دارای مجوز کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، به شماره ۳/۱۸/۲۹۰۱۲۹ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ و مجوز وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی به شماره ۸۶۰۹۲ مورخ ۱۳۹۸/۱۰/۳۰ است.

انجمن آب و فاضلاب ایران

دکتر مسعود تابش

دکتر حمیدرضا صفوی

دکتر مسعود تابش: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر تیکو تانیمبو: دانشیار، دانشگاه ویت واتر سراند، ژوهانسبورگ، آفریقای جنوبی

دکتر علی ترابی: استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

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

دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده: دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی

دکتر عبدالله رشیدی مهرآبادی: دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی

دکتر دراگان ساویچ: استاد، دانشگاه اگزتر، لندن

دکتر سید حسین سجادی فر: شرکت آب و فاضلاب تهران و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی

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 راضیه فرمانی: دانشیار، دانشگاه اگزتر، انگلستان

دکتر اورازیو گیوستولیسی: استاد، دانشگاه پلی تکنیک باری، ایتالیا

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

دکتر سارا نظیف: دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

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

مهندس علیرضا طباطبایی: مدیرکل دفتر نظارت بر بهره برداری آب، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

مهندس علی اصغر قانع: مشاور مدیر عامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

مهندس مجید قنادی: مشاور معاونت مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

مهندس حمیدرضا هنری: عضو هیئت علمی بازنشسته دانشگاه علوم پزشکی تهران

ناهید اختری

ناهید اختری، مهندس سید احمدرضا شاهنگیان

انجمن آب و فاضلاب ایران

۵۰۰ نسخه

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

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

2588-3941

2588-396X

info@jwwse.ir

فرشیوه

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سر دبیر

اعضای

هیئت تحریریه



شورای سیاستگذاری

صنعت آب و فاضلاب

کارشناس اجرایی:

طراح و صفحه آرا:

ناشر:

شمارگان:

آدرس:

تلفن:

نمبر:

شاپا چاپی:

شاپا الکترونیکی:

ایمیل:

چاپ:

پیشگفتار..... ۲

مقالات علمی

راه کارهای شهر هوشمند برای مقابله با بحران کمبود آب مبتنی بر پروتکل KNX..... ۵
منا جهانگیری خواه، منیره هوشمند و مهسا خرم پناه

شناسایی و تحلیل آماری برخی عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک..... ۱۵
محمد رضا وصالی ناصح، محمد رضا حسینی نسب، حامد صفی خانی، سجاد نوروزی، مهران مامقانی نژاد، علیرضا جوکار و علی غیاث آبادی فراهانی

بررسی حذف نماتد توسط واحدها و یکان های تصفیه خانه آب شرب پردیس..... ۲۷
فرزانه فریدی راد، معصومه قلی نژاد، فاطمه تبریزی و نورمحمد سلابرزی

بررسی عملکرد حوضچه متعادل سازی در راندمان تصفیه فاضلاب بهداشتی به روش لجن فعال..... ۳۸
(مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب پادگان نظامی تیپ ۳۷)
محمد هادی فتاحی، محمد حسینی، سهراب کرمی

ارزیابی عملکرد شاخص های مالی صنعت آب و فاضلاب شهری با تاکید بر اندازه شرکت،..... ۵۰
رویکرد مدل تحلیل پوششی داده ها
عبدالمجید راه پیما و محمد داود آبادی

کاربرد پساب ثانویه تصفیه فاضلاب شهری در آبیاری زمین های کشاورزی:..... ۵۸
ارزیابی کمی خطر میکروبی لژیونلا
مرضیه فرهادخانی، مهناز نیک آیین و قاسم یادگارفر

مطالب عمومی

مصاحبه..... ۶۶

میزگرد..... ۸۷

پایان نامه برتر..... ۹۸

ایده برتر..... ۱۰۱

معرفی کتاب..... ۱۰۲

گزارش فعالیت های انجمن..... ۱۰۴



تحلیلی بر برنامه‌های مدیریت جدید بخش آب



دکتر مسعود تابش

استاد دانشگاه تهران و رئیس هیئت مدیره انجمن آب و
فاضلاب ایران

با روی کار آمدن دولت جدید، مدیریت جدیدی نیز در حوزه آب شروع به کار کرد و پس از کسب رای اعتماد از مجلس شورای اسلامی، وزیر محترم نیرو نیز کار خود را براساس برنامه پیشنهادی آغاز نمود. انجمن آب و فاضلاب ایران بنابر وظیفه ذاتی خود با مشارکت در نقد و بررسی برنامه پیشنهادی وزیر محترم که طی ۵ ساعت در تاریخ ۱۴۰۰/۵/۲۹ در کلاب هاوس برگزار شد در کنار دیگر اندیشمندان و متخصصان حوزه آب دیدگاه‌های خود را در این زمینه ارائه نمود. امیدواریم نتایج این بحث‌های کارشناسی بتواند به متصدیان جدید حوزه آب کمک کند تا برنامه‌ها و اقدامات آتی خود را مستند به مبانی علمی نموده و با بهره‌گیری از نظرات خبرگان بتوانند به موفقیت بیشتری دست یابند.

به‌طور کلی با نگاه به برنامه‌های اعلام شده می‌توان آن‌ها را به سه بخش تقسیم کرد. بخش اول آن دسته است که با برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و اقدام صحیح در داخل حوزه وزارت نیرو امکان‌پذیر است. بخش دوم نیاز به زمینه‌سازی و هماهنگی میان‌بخشی با دستگاه‌های دیگر از جمله وزارت جهاد کشاورزی، وزارت راه و شهرسازی، وزارت صمت، وزارت کشور، سازمان محیط‌زیست، شهرداری‌ها و مهم‌تر از همه مردم دارد. اما بخش سوم آن دسته از اقداماتی است که اجرا و موفقیت در آن‌ها نیاز به ایجاد تغییرات و تصمیم‌گیری‌های اساسی در مملکت در عالی‌ترین سطوح تصمیم‌گیری دارد.

به‌نظر می‌رسد در مرحله اول صرفاً می‌توان امید داشت که برنامه‌ریزی‌ها و تصمیمات مربوط به دسته اول که قابلیت اعمال در زیرمجموعه‌های وزارت نیرو از جمله شرکت‌های آب منطقه‌ای و آب و فاضلاب را دارد امکان‌پذیر و قرین موفقیت باشد ازجمله افزایش کیفیت منابع انسانی و کادر مدیریتی و برنامه‌ریزی علمی برای پیشبرد امور.

در موارد مرتبط با دسته دوم متأسفانه تناقضاتی دیده می‌شود ازجمله تناقض کمبود و بحران شدید آب در کشور و سیاست

خودکفایی همه‌جانبه در محصولات کشاورزی و تامین امنیت غذایی و همچنین اقدام به ساخت ۴ میلیون مسکن جدید بدون این‌که تکلیف مطالعات زیربنایی و تامین زیرساخت‌های لازم از جمله آب و فاضلاب مشخص شده باشد. بنابراین وزارت نیرو باید این شجاعت را داشته باشد که وجود کمبود و محدودیت دائمی آب در اقلیم خشک و نیمه خشک ایران را به دیگر دستگاه‌ها بقبولاند و از تصمیم‌گیری‌ها و اقداماتی که در نهایت صرفاً بحران آب را تشدید کرده و از نظر مادی و معنوی آسایش و رفاه مردم را در درازمدت خدشه‌دار می‌کند، با ایجاد یک وفاق ملی در سطوح تصمیم‌گیری ممانعت به‌عمل آورد.

از نظر علمی اثبات شده است که آب تجدیدپذیر موجود در ایران که میزان سرانه هرساله آن با توجه به پدیده گرمایش جهانی و همچنین افزایش جمعیت روزبه‌روز کمتر می‌شود، به‌ما اجازه نمی‌دهد همانند نیم‌قرن گذشته بدون درنظر گرفتن آمایش سرزمین آب‌محور به افزایش عرضه و تقاضا مبادرت کنیم. ایده‌هایی از جمله انتقال آب بین‌حوضه‌ای (این‌بار با انتقال آب شیرین‌شده دریاها به فلات مرکزی) و یا سرمایه‌گذاری روی استفاده از آب‌های ژرف یک راه‌کار دائمی نبوده و نه تنها از نظر کمی درد زیادی را از کشور درمان نمی‌کند، بلکه تبعات بسیار زیاد اقتصادی و محیط‌زیستی نیز دربر دارد. لذا لازم است مدیریت جدید بخش آب با عنایت به نظرات علمی کارشناسان دلسوز در دام سرمایه‌سالاران پروژه‌محور در بخش آب نیفتد.

اندیشمندان حوزه آب اذعان می‌نمایند که دوران اقدامات پرهزینه سازه‌ای به‌سر آمده است و برای مدیریت بحران آب باید اقدامات نرم‌افزاری و غیرسازه‌ای محور تصمیم‌گیری‌ها باشد. اما نکته کلیدی برای موفقیت در این بخش مشارکت دادن مردم در تصمیم‌گیری‌ها و اجرای برنامه‌ها است که بدون وجود سرمایه اجتماعی و ایجاد اعتماد بین ملت و حاکمیت امکان موفقیت این نوع برنامه‌ها بسیار کم است. در این رابطه فقط وزارت نیرو نقش ندارد، بلکه کلیه قوا و مسئولین مملکتی با تصمیمات و عملکرد خود در افزایش یا کاهش اعتماد عمومی موثرند. متأسفانه علمای علوم اجتماعی و جامعه‌شناسی در شرایط فعلی میزان سرمایه اجتماعی و اعتماد مردم را پایین می‌دانند و همین مسئله مستقماً در موفقیت برنامه‌ها و اقدامات وزارت نیرو در حوزه آب نیز تاثیر می‌گذارد.

اما دسته سوم اقدامات، مواردی هستند که برای نگهداری و بهره‌برداری زیرساخت‌های موجود در حوزه آب و همچنین انجام طرح‌های توسعه، به مبالغ کلانی از منابع مالی (ارزی و ریالی) نیاز است که با توجه به زیان‌ده بودن شرکت‌های خدماتی مانند شرکت‌های آب و فاضلاب به‌دلایل مختلف از جمله قیمت‌گذاری

دستوری و یارانه‌های پنهان، عدم مدیریت بهینه منابع مالی و نیروهای انسانی، بدهی‌های انباشته قبلی، عدم دسترسی به سرمایه‌گذاری خارجی و غیره چشم‌انداز روشنی از نظر گشایش در تامین منابع مالی کافی به چشم نمی‌خورد. به گفته کارشناسان امر، حل این مشکلات قبل از این که راه‌حل اقتصادی داشته باشد نیاز به یک‌سری تصمیمات کلان سیاسی از نظر کیفیت مدیریت دستگاه‌های مختلف حاکمیتی و همچنین نحوه تعامل با کشورهای جهان دارد. بنابراین چون چشم‌انداز روشنی مبنی بر تغییر در این حوزه‌ها به چشم نمی‌خورد، عملاً مدیران جدید به منابع مالی کافی مورد نیاز دسترسی نخواهند داشت و صرفاً در صورت داشتن توان مدیریتی، می‌توانند در مورد مسائل دسته اول و بخشی از موارد دسته دوم اقداماتی را انجام دهند که بنابر تجربه گذشته منجر به تحول چشمگیری نخواهد شد.

در هر حال انجمن‌های علمی از جمله انجمن آب و فاضلاب ایران آمادگی دارند تمام توان کارشناسی خود را در اختیار مدیران محترم حوزه آب قرار دهد تا در شرایط فعلی کشور و وجود محدودیت‌های گوناگون، ضمن اتخاذ بهترین تصمیمات بتوانند در محقق ساختن برنامه‌ها نیز موفق شوند. در همین زمینه در ادامه توجه خوانندگان محترم را به بیانیه انتظارات اتحادیه انجمن‌های علوم آب که متشکل از ۱۳ انجمن علمی فعال در این حوزه است از رئیس محترم جمهور جلب می‌نماید.

حضور محترم جناب حجت الاسلام رئیسی

رئیس جمهور منتخب دوره سیزدهم

با سلام و احترام

با انتخاب جنابعالی به‌عنوان رئیس جمهور منتخب دوره سیزدهم، فرصت را غنیمت شمرده، مروری بر فعالیت‌ها و آسیب‌شناسی اقدامات گذشته و انتظارات متخصصین بخش آب برای مدیریت بهتر در دولت آتی را به سمع و نظر جنابعالی می‌رسانیم.

پوشیده نیست که آب به‌عنوان یک منبع طبیعی تجدیدپذیر، محدود، حیاتی و با ارزش و غیرقابل جایگزین در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورعامل اصلی توسعه پایدار و در برخی موارد پیشران و محرک توسعه تمدن و آبادانی به‌شمار می‌رود. ازطرف دیگر نباید از نظر دور داشت که مدیریت آب در کشور دارای پیچیدگی‌های بسیار و دربرگیرنده فعالیت‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای فراوان بوده و با توجه به ارتباط چندوجهی آن با سایر عوامل توسعه و پیچیدگی‌ها و در هم تنیدگی‌های مسائل سیاسی، امنیتی، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی، مدیریتی و فنی با آن، در حال حاضر، چالش آب به‌عنوان یک ابرچالش در کشور،

منطقه و شاید در جهان شناخته می‌شود. لذا دقت و توجه جدی و بدون فوت وقت به‌این موضوع و تعیین راهبردها و ارائه راهکارهای مبتنی بر دانش برای برخورد با این ابرچالش بزرگ در سطح کلان کشور امری حیاتی است. اتحادیه انجمن‌های علوم آب در راستای مسئولیت علمی و اجتماعی خود با تبیین فهرستی از چالش‌های پیش‌رو و ارائه راهبردها و راهکارها و اولویت‌های حل این چالش‌ها در حوزه آب، انتظارات خود را از دولت سیزدهم جهت پیگیری مجدانه آن به‌شرح ذیل مطرح می‌نماید.

الف- چالش‌های اصلی حوزه آب

۱- وقوع حوادث طبیعی و تغییرات اقلیمی، سیل و خشک‌سالی و کاهش بارندگی‌ها و از طرفی بروز بحران کم‌آبی، در کنار تداوم پیامدهای منفی زیست‌محیطی، خسارات سیل، خشک‌سالی و هدررفت میلیاردها مترمکعب منابع ارزشمند آب؛

۲- کاهش منابع آب، افت سطح آب در آبخوان‌ها و در نتیجه فرونشست دشت‌ها، شورشدن منابع آبی، بیابان‌زایی و تشدید وقوع ریزگردها، تشدید فرسایش خاک و رسوب‌گذاری در مخازن سدها، خشک‌شدن تالاب‌ها، خشک‌شدن قنات؛

۳- ناکارآمدی‌ها و اتخاذ روش‌های غلط، بهینه نبودن مصرف منابع آبی و هدررفت آب طی ادوار گذشته، پایین‌بودن راندمان مصرف آب در کشاورزی و ناکارآمدی مدیریتی؛

۴- افزایش تقاضای آب و نیز افزایش مناقشات محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای حقابه؛

۵- مدیریت ناکارآمد منابع آب و ساختار بخشی‌نگر به‌همراه مشکل ریشه‌ای موجود در نظام مالکیت آب و زمین و نظام بهره‌برداری؛

۶- تهدید جدی امنیت غذایی کشور به‌دلیل شرایط بحرانی حاکم بر منابع آب؛

۷- توسعه شهرها، صنایع و کشاورزی بدون توجه به دسترسی به منابع آبی و دست‌اندازی مداوم به سایر حقابه‌ها و نیز وقوع سیلاب در حوضه‌های شهری به‌دلیل مدیریت نادرست توسعه شهری، عدم رعایت حریم‌های منابع آبی و رودخانه‌های کشور در ساخت و سازها و توسعه شهری و روستائی؛

ب- راهبردها، راهکارها و اقدامات پیشنهادی در حل مسائل حوزه آب

۱- حمایت لازم برای حفاظت از منابع طبیعی به‌خصوص آب و خاک و برقراری مدیریت جامع و یکپارچه آبخیزداری بر

حوزه‌های آبخیز و نهادهای فرابخشی بر مبنای تقسیمات حوضه‌ای با هدف:

- تعادل بخشی و جبران کسری آبخوان‌ها به عنوان اولویت اول مشکلات بحران روز منابع آب در کشور و صیانت از ذخایر منابع آب با اقدامات غیرمتمرکز آبخیزداری و آبخوان‌داری در گستره کشور؛

- مهار سیلاب‌ها و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی حوضه‌ها به خصوص منابع آب با رعایت اصول پایداری و ظرفیت تجدیدپذیری در بهره‌برداری؛

- حفاظت خاک، کاهش فرسایش منابع ارزشمند خاک کشور و افزایش توان اکولوژیک، حفظ و احیای توان هیدرولوژیکی و تنوع زیستی آبخیزهای کشور با مدیریت جامع و به هم پیوسته آب و محیط‌زیست در قالب مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز؛

- افزایش درآمد آبخیزنشینان و توسعه اقتصادی کشور مبتنی بر بهره‌وری بهینه از منابع آب؛

- اتخاذ سیاست مناسب و ساز و کار هماهنگی بین بخشی و نظارت بر اثربخشی طرح‌های آب و خاک و بهره‌وری منابع آب اعم از آب آبی، خاکستری و یا آب سبز و توسعه پوشش گیاهی در مقیاس حوضه‌های آبخیز کشور؛

- ایجاد سازوکار مناسب به منظور رعایت تناسب در اجرای طرح‌های سدسازی، تعادل بخشی، آبخیزداری، آبخوان‌داری و شبکه‌های آبیاری، تجهیز و تسطیح اراضی؛

- اتخاذ سیاست مناسب و استقرار سامانه هوشمند به منظور بهره‌وری مناسب آب، حفظ حریم‌های منابع آبی، لحاظ استاندارد و محدودیت‌های آبی در ساخت و ساز و توسعه شهری و روستائی؛

- تقویت دیپلماسی ملی و بین المللی آب.

۲- اصلاح و روزآمد شدن قوانین و ساختار تشکیلات

مدیریتی با هدف مدیریت سرزمینی منابع آب و محیط‌زیست در ظرف حوضه‌های آبخیز و مدیریت جامع آبخیزداری، افزایش نقش سازمان‌های مردم‌نهاد و بهره‌برداران در مدیریت و سرمایه‌گذاری برای منابع آب، ایجاد بازار آب و ارزش گذاری آب به عنوان یک نهاده محوری در فعالیت‌های اقتصادی با حفظ و پایداری محیط‌زیست و اثربخش کردن نقش نهادهای فرابخشی از جمله شورای عالی آب؛

۳- حمایت همه جانبه و هدفمند از تحقیقات کاربردی و

ارتقای دانش و فناوری‌های نوین و هوشمندسازی در زمینه‌های مختلف اکتشاف، بهره‌برداری و مدیریت منابع آب، و نیز تجهیزات و دانش فنی مورد استفاده در صنعت آب کشور که امروزه بخش عمده‌ای از آنها از طریق واردات تأمین می‌شود، با

بهره‌گیری از ظرفیت‌های وسیع و موجود منابع انسانی و ساختارهای علمی-پژوهشی و ظرفیت‌های دانشگاهی کشور؛

۴- توسعه و ایجاد سامانه‌های هوشمند پایش منابع و مصارف آب، پارامترهای اقلیمی، سیل و خشکسالی و پیش‌بینی و هشدار این بخش‌ها در مقیاس‌های مختلف مزرعه تا حوزه آبخیز، واحد مسکونی تا مراکز جمعیتی و صنعتی و روستا و شهر و راه‌اندازی نظام ملی حسابداری آب در مقیاس‌های مختلف تا سطح حوزه‌های آبخیز و با تمرکز بر حفظ میکرواقلیم‌های ارزشمند و حفظ محیط‌زیست؛

۵- اعتلای جایگاه آب در نظام آموزش، برنامه‌ریزی و

اجرایی کشور و نیز ارتقای جایگاه سازمان‌های مردم‌نهاد تخصصی، صنفی و تعاونی به خصوص ضرورت تشکیل سازمان نظام مهندسی آب کشور، بازنگری در برنامه‌ها، فرآیندها، تشکیلات و ساختارهای اجرایی متناسب در حوزه آب و محیط‌زیست، نظیر تشکیل وزارت آب، منابع طبیعی و محیط‌زیست و همچنین در بخش آموزش عالی نظیر ساماندهی دانشکده‌های مهندسی آب و محیط‌زیست و یا تشکیل دانشگاه‌های آب در کشور؛

۶- اقدامات موردی و مؤثر همانند حمایت همه‌جانبه و

سیاست‌گذاری‌های مناسب برای اجرای الگوی کشت ملی، تدوین ساز و کارهای مناسب سازمانی/حقوقی/مالی برای نگهداری و تعمیرات زیرساخت‌های آب شامل سدها، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، تاسیسات انتقال و توزیع آب و تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و بازچرخانی پساب، ایجاد مرکز ملی داده‌ها و اطلاعات هواشناسی، آب و کشاورزی و ارتقای شفافیت و ایجاد دسترسی به این داده‌ها در سطح دولت و توسعه سرمایه‌گذاری در شبکه‌های آبیاری نوین و آبخیزداری.

ساختار اتحادیه انجمن‌های علوم آب که متشکل از نمایندگان ۱۳ انجمن علمی فعال در حوزه آب کشور شامل: انجمن آبخیزداری؛ انجمن آب و فاضلاب؛ انجمن آبیاری و زهکشی؛ انجمن برقابی؛ انجمن سازگاری با خشکی و خشکسالی؛ انجمن سطوح آبگیر باران؛ انجمن علوم و فنون دریایی؛ انجمن علوم و مهندسی منابع آب؛ انجمن مهندسی آبیاری و آب؛ انجمن مهندسی دریایی؛ انجمن مهندسی رودخانه؛ انجمن هیدرولوژی و انجمن هیدرولیک می‌باشد، به گونه‌ای طراحی شده است که توانایی ارائه خدمات تخصصی و کارشناسی در گستره وسیع مسائل مرتبط با آب را داشته باشد. این اتحادیه آمادگی کامل خود را برای ایفای نقش تخصصی خود در دولت محترم سیزدهم اعلام می‌دارد.



Review Paper

مقاله مروری

Smart City Solutions to Cope with Water Crisis Based on the KNX Protocol

Mona Jahangiri Khah¹, Monireh Houshmand²
and Mahsa Khorrampanah³

1- M.Sc., Department of Electrical Engineering,
Imam Reza International University, Mashhad,
Iran.

2- Assistant Professor, Department of Electrical
Engineering, Imam Reza International University,
Mashhad, Iran.

3- Ph.D student, Faculty of Electrical and
Computer Engineering, University of Tabriz,
Tabriz, Iran.

*Corresponding Author, Email:
m_houshmand61@yahoo.com

Received: 23/07/2020

Revised: 07/01/2021

Accepted: 09/01/2021

© IWWA

Abstract

A brief look at the status of statistics provided by different authorities regarding the water crisis represents a leading threat to the spiritual capital of Iran. Iran faces issues such as climate and reduced atmospheric precipitation, with a lack of resources and serious water supply constraints. Many challenges, including water crisis management, and the ever-increasing advances in information and communication technology, on the other hand, have made the move to smart cities an inescapable necessity. In a previous research, the strategies for intelligent water management and water resources control are presented from three perspectives of urban, residential and irrigation solutions and its implementation is presented with the KNX intelligent protocol.

Keywords: Smart city, Water resources, Water crisis, KNX protocol.

راه کارهای شهر هوشمند برای مقابله با بحران کمبود آب مبتنی بر پروتکل KNX

منا جهانگیری خواه^۱، منیره هوشمند^{۲*} و مهسا خرم پناه^۳
۱- کارشناس ارشد، گروه برق، دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)،
مشهد، ایران.
۲- استادیار، گروه برق، دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)، مشهد،
ایران.
۳- دانشجوی دکتری، گروه برق، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*نویسنده مسئول، ایمیل: m_houshmand61@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰

© انجمن آب و فاضلاب ایران

چکیده

نگاه کوتاهی به وضعیت آمار ارائه شده از طرف مسئولان مختلف در رابطه با بحران آب، بیانگر خطر پیشرو است. ایران در کنار مسائلی چون وضعیت اقلیمی، کاهش نزولات جوی، عدم جمع آوری هدفمند آب باران و مصارف بی رویه با کمبود منابع و محدودیت های جدی تامین آب روبرو است. چالش های متعدد از جمله مدیریت بحران آب از طرفی و پیشرفت روزافزون فن آوری اطلاعات و ارتباطات از طرفی دیگر، حرکت به سوی شهرهای هوشمند را به الزامی گریزناپذیر بدل کرده است. در پژوهش پیشرو راه کارهای مدیریت هوشمند مصرف آب و کنترل ذخایر آبی از سه منظر راهکارهای شهری، مسکونی و آبیاری ارائه شده و پیاده سازی های آن با پروتکل هوشمندسازی KNX ارائه می شود.

کلمات کلیدی: شهر هوشمند، منابع آبی، کمبود آب، پروتکل KNX.

در تحقیق Priya (2017) سیستم مدیریت آب برای اندازه‌گیری فشار و میزان pH آب، معرفی می‌شود که نشت آب و همچنین ایمن بودن میزان pH برای سلامتی انسان را تشخیص می‌دهد. در ساختار این سیستم ها، از حسگرها استفاده می‌شود. اطلاعات دریافتی از حسگرها، توسط میکروکنترلر پردازش می‌شوند و از طریق کامپیوترها و یا شبکه‌های بی‌سیم با یکدیگر ارتباط پیدا می‌کنند. همچنین همایی (۱۳۹۱) با استفاده از شبکه های حسگر بی‌سیم، تکنولوژی‌هایی برای نظارت دقیق‌تر شهرها بر سیستم‌های لوله‌کشی آب آشامیدنی و شناسایی خطرات هدر رفتن آب ارائه کرد.

Asalmol (2017) به کمک حسگرهای فراصوتی، میزان آب موجود در مخزن، کیفیت آب و نشتی آب را ارزیابی کردند که به کمک تابلو arduino بر روی وبسایتی اعلام می‌شود. Lopez (2018) بر مبنای کنترهای هوشمند روشی را برای تعیین پویای تعرفه آب و اعلام آن به کاربر ارائه دادند. پیاده‌سازی این روش در شهر والنسیا در کشور اسپانیا با ۴۳۰۰۰۰ مشترک گواهی بر کاهش ۱۸ درصد در مصرف آب دارد. Curry (2018) پنج پروژه هوشمند پایلوت برای کاهش مصرف آب در فرودگاه هوشمند، خانه هوشمند، مدرسه هوشمند و ساختمان هوشمند و میزان آب صرفه‌جویی شده ارائه کرد. Jayalakshmi (2019) و Jayalakshmi (2019) نیز یک سبک کشاورزی دقیق، مبتنی بر حسگرهای ابری برای مدیریت آب هوشمند، ارائه کردند.

۲- شهر هوشمند

شهر هوشمند یک سیستم شهری است که از ICT برای ایجاد زیرساخت و خدمات عمومی تعاملی با دسترسی آسان و بهره‌وری بالاتر استفاده می‌نماید. مبحث شهر هوشمند در شش حوزه اقتصاد هوشمند (رقابت)، دولت هوشمند (همیاری شهروندان)، مردم هوشمند (سرمایه انسانی و اجتماعی)، حمل و نقل هوشمند (حمل و نقل و ICT)، محیط‌زیست هوشمند (منابع طبیعی) و زندگی هوشمند (کیفیت زندگی) تعریف می‌شود. Cocchia (2014). به‌طور خلاصه مهم‌ترین هدف شهر هوشمند دستیابی به مدیریت بهینه در تمامی حوزه‌های یک شهر است. گسترش علم در زمینه ICT نقش اساسی در فناوری‌های لازم برای ساخت شهر هوشمند را ایفا می‌نماید.

۱-۲- پروتکل‌های ساختمان هوشمند

سیستم‌های اتوماسیون ترکیبی از دستگاه‌ها و تجهیزات

به‌دنبال گرم شدن زمین، رشد جمعیت و افزایش سرانه مصرف، موضوع کنترل مصرف آب به یک ضرورت و برنامه جدی در زندگی و مدیریت کلان شهرها تبدیل شده است. خراسان رضوی و دشت مشهد سال‌ها با بحران خشکسالی و کم‌آبی دست و پنجه نرم می‌کند، بحرانی که برداشت‌های غیرقانونی از منابع آب زیرزمینی و روند گرمای زمین آن را تشدید کرده است (Madani, 2014). در شرایط کنونی راه‌حلی موثر برای مدیریت بحران کمبود آب، تکیه بر روش‌های نوین مبتنی بر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات^۱ (ICT) برای افزایش بهره‌وری مصرف آب و مدیریت آب از منبع تا مصرف در تمام بخش‌های کشاورزی، فضای سبز، فضای شهری، مسکونی و شرب است (Kumbhar, 2016; Karwot, 2016).

افزایش روزافزون جمعیت کره زمین و محدودیت بیش از پیش منابع طبیعی این کره خاکی سبب شده تا هوشمندسازی شهرهای سراسر جهان تبدیل به یک رسالت جدی برای نسل بشر شود (Hollands, 2008; Nam, 2011; Cocchia, 2014). کشورها و مناطق مختلفی در سراسر دنیا با مشکلات جدی کمبود آب روبرو هستند (Loucks, 2017). کشورهای با بارش کم باران شامل آسیای مرکزی، هند، خاورمیانه، آفریقای شمالی و آمریکای شمالی هستند. در حدود ۱/۱ میلیارد نفر در سطح کره زمین دسترسی به آب با کیفیت مطلوب ندارند (Priya, 2017). از هر چهار شهر در دنیا یک شهر دستخوش بحران کم‌آبی است که رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی این آمار را افزایش خواهد داد. تا سال ۲۰۵۰ بالغ بر شش میلیارد نفر در شهرها زندگی خواهند کرد (McDonald, 2014).

از سال ۲۰۱۲ بیش از ۱۴۰ شهر دنیا در آمریکای شمالی، اروپا و آسیای شرقی، برنامه‌های هوشمندسازی را آغاز کرده‌اند (Mizuki, 2012). سیستم‌های هوشمند ساختمان به‌دلیل برخوردار بودن از هوش مصنوعی می‌توانند عکس‌العمل‌هایی را نسبت به شرایط محیط خود نشان داده و به‌طور خودکار برخی از کارها را انجام دهند (سرداری، ۱۳۹۵). کمپانی ژاپنی هیتاچی با بیش از صد سال سابقه در تصفیه آب در تقریباً ۴۰ کشور دنیا، در صدد است که شهرهای هوشمند را با هدف استفاده موثر از منابع آبی و زیرساخت موثر آب ایجاد کند (Mogo, 2019). در شهر آستین ایالت تگزاس، در سال ۲۰۱۵، بیش از ۵/۸ میلیارد بشکه آب شرب از لوله‌ها پیش از رسیدن به مشترک به‌دلیل نشت آب در لوله‌ها هدررفته است که حدود ۱۲٪ آب شرب مصرف‌شده در سال است (Dickey, 2018).

مختلف هستند که همگی از طریق یک شبکه محلی یا شبکه‌های بزرگتر با یکدیگر در ارتباط هستند. سیستم اتوماسیون با طیف وسیعی از تجهیزات از قبیل تجهیزات موجود در ساختمان‌های مسکونی، سیستم روشنایی فضاهای شهری، سیستم‌های آبیاری و تجهیزات تخصصی و بزرگتری از جمله چیلرها، بویلرها، تهویه‌ها و دریچه‌های برقی در یک شبکه قرار می‌گیرند. بدون در نظر گرفتن نوع پروتکل ارتباطی موجود در کنترل‌کننده‌های محلی در مکان‌ها و ناحیه‌های مختلف، اطلاعات به فضای ابری ارسال می‌شود تا توسط درگاه‌های ارتباطی سایر پروتکل‌ها استفاده شوند. حسگرها وظیفه جمع آوری اطلاعات را برعهده دارند و از عناصر مهم در سیستم‌های اتوماسیون محسوب می‌شوند. هر چه تعداد حسگرها بیشتر باشد آنالیز اطلاعات دریافتی با دقت بیشتری صورت می‌گیرد و در نهایت منجر به افزایش کارایی سیستم می‌شود.

تاکنون پروتکل‌های ارتباطی مختلفی در هر دو نوع با سیم و

بدون سیم برای سیستم‌های هوشمند ارائه شده است که هر یک دارای مزایا و معایب مربوط به خود است. بهترین پروتکل برای پروژه هوشمند سازی متناسب با نیاز پروژه، مزایای مربوط به پروتکل‌های موجود و بودجه در نظر گرفته شده انتخاب می‌شود. به دلیل محدودیت‌های هر پروتکل و با توجه به نیازهای پروژه ممکن است نیاز باشد که در یک پروژه از ترکیب چند پروتکل استفاده شود. در این صورت باید از درگاه‌های ارتباطی برای برقراری اتصال میان شبکه‌های مختلف بهره گرفت. Z-Wave، ZigBee، EnOcean و Wave نمونه‌هایی از پروتکل‌هایی هستند که بدون نیاز به سیم، داده‌ها و دستورهای کنترلی را جا به جا می‌کنند. BACnet، LonWorks، KNX، DALI، ModBus و S-Bus نیز نمونه‌هایی از پروتکل‌های با سیم هستند که برای جابه‌جایی داده نیازم به بستر کابل‌کشی شده میان تجهیزات دارند. جدول ۱ تفاوت میان ویژگی‌های پروتکل‌های مختلف را نشان می‌دهد (Lee, 2008).

جدول ۱- انواع پروتکل‌های هوشمندسازی

پروتکل	نوع استاندارد	محیط انتقال داده	محدوده فرکانسی	قابلیت اطمینان	امنیت
KNX	باز	کابل KNX، هوا و خطوط برق	در نوع KNX RF در حدود 868 MHz	بسیار بالا	بسیار بالا
ZigBee	باز	هوا	2.4 GHz	بالا	بالا
Z-Wave	اختصاصی	هوا	868 MHz	پایین	پایین
EnOcean	باز	هوا	868 MHz	متوسط	پایین
BACnet	باز	خطوط برق	868 MHz	پایین	پایین
LonWorks	باز	خطوط برق	868 MHz	متوسط	پایین
DALI	باز	خطوط برق	868 MHz	پایین	پایین
ModBus	باز	خطوط برق	868 MHz	پایین	پایین
S-Bus	باز	خطوط برق	868 MHz	پایین	پایین

قابلیت اطمینان از اطلاعات دریافتی از محیط برای آنالیز و ارسال دستورهای لازم، امکان ایجاد ارتباط میان تمامی سیستم‌ها که از لحاظ نحوه عملکرد متفاوت هستند، امنیت بالا در انتقال دستورها و اطلاعات و وجود طیف گسترده‌ای از محصولات برای کاربردهای مختلف از جمله مهم‌ترین شاخص‌ها در انتخاب پروتکل مورد نیاز برای پیاده‌سازی یک شهر هوشمند است. با توجه به مطالعات انجام شده، پروتکل KNX دارای بیشترین تنوع در واسط‌های انتقالی داده، محصولات (با توجه به این‌که محصولات بیش از ۴۰۰ شرکت معتبر در دنیا تحت استاندارد KNX هستند (<https://www.KNX.org/KNX-en/for-manufacturers/>) و بالاترین قابلیت اطمینان و امنیت است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در پیاده‌سازی شهر هوشمند از این پروتکل استفاده شود. KNX برپایه سه پروتکل قبلی ارتباطی خانه هوشمند یعنی EIB، Baitbus و EHS در سال ۲۰۰۶ توسعه یافته

است. این پروتکل مورد تایید استانداردهای بین‌المللی ISO/IEC 14543-3، استاندارد اروپا EN 13321-1 and EN 50090، استاندارد ANSI/ASHRAE و استاندارد چین GB/T 20965 است. این استاندارد در سال ۱۳۹۲ توسط سازمان ملی استاندارد ایران با شماره ۱۷۰۸۳-۳ در فهرست استانداردهای ملی ایران قرار گرفت. آنچه پروتکل KNX را از دیگر رقبا پیش متمایز می‌سازد، توانایی تعامل و سازگاری آن با دیگر پروتکل‌ها است. بدین معنی که کاربران قادرند محصول موردنظر خود را از کمپانی‌های دیگری خریده و به سایر تجهیزات KNX مجهز سازند. از نمونه‌های عملی پروتکل KNX می‌توان به پیاده‌سازی سیستم روشنایی در لهستان (Sowa, 2018)، خودکارسازی منازل در چین (Lee, 2009) و ایتالیا (Lázaro, 2008) و در کنترل مصرف آب در رومانی (Sita, 2014) اشاره کرد.

۲-۱-۱- پروتکل KNX

KNX یک استاندارد ارتباطی جهانی برای کنترل خانه و ساختمان است (Lee, 2008). این استاندارد در سال ۱۹۹۹ با ترکیب سه استاندارد قدیمی سیستم‌های خانگی اروپایی (EHS)، BatiBUS و شبکه تجهیزات اروپایی (EIB یا Instabus) توسط انجمن Konnex ایجاد شد. استاندارد KNX در ساختمان‌های مسکونی و تجاری برای کنترل یکپارچه سیستم‌های تهویه مطبوع، روشنایی، امنیتی، کنترل از راه دور، کنترل سایه‌بان‌ها و پرده‌ها، سیستم‌های مانیتورینگ و مدیریت انرژی استفاده می‌شود. برخی از مزایای پروتکل KNX به شرح زیر است:

- در حال حاضر میلیون‌ها تجهیز تحت این استاندارد نصب و راه‌اندازی شده‌اند که در حال خدمات‌رسانی هستند؛
- تمامی تجهیزات به صورت خاص برای اتوماسیون ساختمان طراحی و ساخته شده‌اند؛
- وجود یک نرم‌افزار واحد برای تمامی محصولات بدون توجه به کارخانه سازنده محصول؛
- استفاده از توپولوژی‌های درخت، خطی، ستاره یا هر ترکیب دیگری از توپولوژی‌های موجود؛
- قابلیت انتخاب میان واسطه‌های ارتباطی؛
- قابلیت اتصال به سایر پروتکل‌ها از طریق درگاه‌های ارتباطی مختلف.

واسطه‌های ارتباطی پروتکل KNX به شرح زیر است:

- استفاده از زوج سیم‌های به هم پیچیده (KNX TP): در این نوع ارتباط داده‌ها بر روی شبکه جداگانه‌ای انتقال می‌یابند. پیشنهاد می‌شود حداکثر طول خط از ۱۰۰۰ متر تجاوز نکند. در این حالت ساختار سلسله مراتبی میان خطوط و نواحی مختلف وجود دارد؛
 - خطوط قدرت (KNX PL): در این حالت داده‌ها بر روی خطوط برق موجود انتقال می‌یابد؛
 - فرکانس‌های رادیویی (KNX RF): اطلاعات از طریق سیگنال‌های رادیویی منتقل می‌شوند. ایجاد ارتباط به صورت یک‌طرفه یا دو طرفه امکان‌پذیر است؛
 - اینترنت (KNXnet/IP): این واسطه ارتباطی پرکاربرد در ارتباط با سایر واسطه‌ها استفاده می‌شود و امکان مسیریابی داده‌های KNX را در قالب ساختارهای شبکه IP ایجاد می‌کند.
- به لحاظ ارتباطات منطقه‌ای، KNX با استاندارد جهانی آمریکایی ISO/IEC 14543-3، استاندارد ANSI/ASHRAE 135، استاندارد کانادایی CSA-ISO/IEC 14543-3، استاندارد اروپایی CENELEC EN 50090 و CEN EN 13321-1 و

استاندارد چینی GB/T 2096 مطابقت دارد.

۳- راه کارهای هوشمندسازی با استفاده از پروتکل KNX برای کاهش مصرف آب

در پروژه‌های هوشمندسازی که از پروتکل KNX استفاده می‌شود، تعدادی ماژول، حسگر و ... تحت پروتکل KNX توسط کابل انحصاری این پروتکل یا سایر واسطه‌های ارتباطی با حسگرها یا تجهیزاتی که به نحوی باید با این سیستم در ارتباط باشند و کنترل شوند، در یک شبکه قرار می‌گیرند. بنابراین اطلاعات توسط حسگرها دریافت و از طریق شبکه به ماژول‌های هوشمند هدایت می‌شوند. اطلاعات دریافتی در ماژول‌ها پردازش شده و بر اساس آن اقدام مناسب صورت می‌گیرد. در این بخش راه کارهای هوشمندسازی برای کاهش مصرف آب و همچنین نحوه پیادسازی آن‌ها توسط پروتکل KNX ارائه می‌شود. این راه کارها به سه دسته راه کارهای آبیاری، مسکونی و شهری تقسیم می‌شود.

۳-۱- روش‌های هوشمندسازی در آبیاری (کشاورزی و فضای سبز شهری)

روند رو به رشد جمعیت در کشور و افزایش میزان تقاضا برای تامین مواد غذایی از یک طرف و بحران شدید منابع آبی از سویی دیگر، موجب شده تا راه کارهای نوینی برای بهره‌وری بیشتر از زمین‌های زراعی و کاهش مصرف منابع آبی ارائه شود. میزان تولید انواع محصولات کشاورزی در کشور ۹۶ میلیون تن شامل محصولات زراعی و محصولات باغی است. به طور کلی آبیاری‌های نوین به شکل تحت فشار و به دو شکل کلی آبیاری قطره‌ای و بارانی انجام می‌شود. مشکلات این نوع آبیاری اغلب شامل هزینه اجرایی بالا، نگهداری سیستم به لحاظ فنی و سرویس دوره‌ای سیستم پمپاژ، نگهداری سیستم از نظر سرقت، آسیب فیزیکی، محدودیت پاشش آب‌پاش‌ها در طرح‌های کاشت تلفیقی، پاشش آب به خارج از فضای سبز در صورت عدم طراحی صحیح یا وزش باد شدید و در نتیجه هدررفت آب می‌شود (Al-Ghobari, 2018). بازدهی آبیاری بارانی تا ۷۰ درصد و آبیاری قطره‌ای تا ۹۵ درصد است. یعنی در سیستم آبیاری بارانی تا ۳۰ درصد و در سیستم آبیاری قطره‌ای تا ۵ درصد آب تلف می‌شود، در حالی که در آبیاری مزارع به روش سطحی حتی با انجام هزینه‌های گزاف و تسطیح اراضی راندمان آبیاری از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند. در وضعیت سنتی که اکثر اراضی کشور ما به همین ترتیب آبیاری می‌شوند، این میزان حتی کمتر از ۳۵ درصد است. استفاده از آب

شیرین برای آبیاری مزارع، آبیاری بیش از نیاز محصول و در نتیجه ایجاد روان آب‌ها، آبیاری در زمان نامناسب و ... از جمله دلایل اصلی در هدر رفت آب در بخش کشاورزی است.

از طرفی احداث فضای سبز یکی از مصداق‌های مهم توسعه شهری است. در دنیای صنعتی و مکانیزه امروزی، درختان شریان‌های حیات شهرها بوده و احداث فضاهای سبز برای سلامت روحی و جسمی جامعه، ضروری است. نگهداری این فضاها یکی از اصول اساسی در مدیریت فضای سبز محسوب شده که در این میان آبیاری یکی از نیازهای اولیه و اساسی در نگهداری است. در حال حاضر با توجه به شرایط اقلیمی، زیرساخت‌های موجود، بودجه و نوع بافت گیاهی مورد استفاده آبیاری در فضای سبز شهری به یکی از روش‌هایی از قبیل استفاده از تانکرهای سیار، به‌وسیله تانکرهای ثابت و استفاده از نیروی انسانی برای آبیاری از طریق شیرهای برداشت تعبیه شده، با استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار و سیستم‌های ترکیبی انجام می‌شود.

در یک زمین زراعی هوشمند حس‌گرهای رطوبت سنج به فواصل منظم درون خاک و در کنار محصولات کاشته شده مدفون می‌شوند. این حس‌گرها با استفاده از کابل کشی مخصوص در یک شبکه قرار می‌گیرند. به محض این‌که رطوبت درون خاک از سطح تعیین شده برای گیاه کاهش یابد حس‌گر مورد نظر پیغامی برای سیستم کنترل مرکزی ارسال می‌نماید. این پیغام روی نمایشگری (نمایشگرهای کنترلر مرکزی یا نرم‌افزارهای کنترلی قابل نصب بر روی گوشی تلفن همراه) که در اختیار کشاورز قرار دارد نشان داده می‌شود. به محض دریافت پیغام کاهش رطوبت درون خاک توسط تعداد از پیش تعیین شده‌ای از حسگرهای درون خاک در هر ردیف از محصولات کاشته شده، ابتدا با استفاده از مازول کنترل از راه دور، تغییرات جوی هوا براساس مدل‌های ارائه شده در سایت هواشناسی معتبر بررسی می‌شود. چنان‌چه براساس نقشه‌های هوایی در روزهای آینده احتمال بارندگی وجود داشت، آبیاری تا زمان مذکور به تاخیر می‌افتد (تعداد روزهای قابل تاخیر در آبیاری با توجه به نوع محصول توسط کشاورز مشخص می‌شود)، در غیر این صورت فرمان آبیاری به دریچه‌های شیر برقی ارسال شده تا عملیات آبیاری از درون خاک انجام شود. تا زمانی که میزان رطوبت خاک کمتر از آستانه رطوبت تعیین شده برای حسگرهای تعبیه شده درون خاک باشد، آبیاری ادامه می‌یابد. اما به محض ایجاد رطوبت کافی آبیاری بلافاصله متوقف شده تا از هدررفت آب جلوگیری شود. علاوه بر این می‌توان سیستم را به گونه‌ای تنظیم کرد تا آبیاری را براساس تغییرات دما در طول شبانه‌روز انجام دهد، به این صورت که در فصل‌های گرم سال

آبیاری را در کمینه دما انجام دهد تا از تبخیر آب جلوگیری به عمل آید و در فصل‌های سرد سال به منظور جلوگیری از یخ‌زدگی محصولات در بیشینه دما آبیاری انجام شود.

شکل ۱، پیکربندی KNX برای آبیاری هوشمند خاک را نشان می‌دهد. تجهیزات مورد نیاز برای پیاده‌سازی سیستم آبیاری هوشمند فضای سبز شهری با استفاده از پروتکل KNX به شرح ذیل است:

۱- عملگر سوئیچ (میزان ورودی این عملگر با توجه به تنوع

پوشش گیاهی به لحاظ نوع آبیاری تعیین می‌شود)؛

۲- منبع تغذیه؛

۳- مازول اتصال به اینترنت؛

۴- نمایشگر کنترل مرکزی برای نظارت و ورود اطلاعات اولیه؛

۵- شیر برقی؛

۶- حسگر رطوبت سنج خاک؛

۷- حسگر سنجش دمای محیط؛

۸- حسگر تعیین شدت روشنایی؛

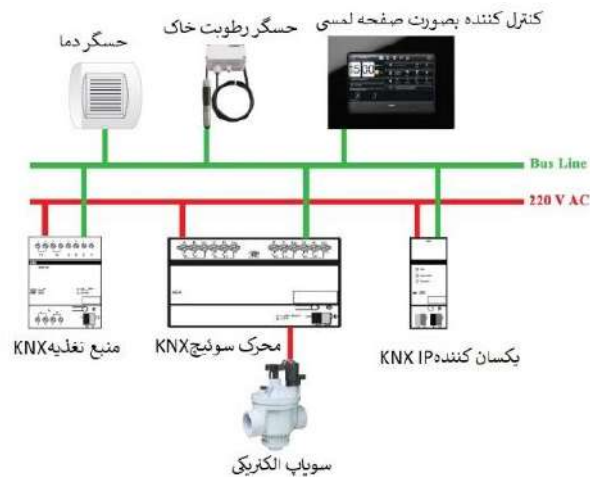
۹- بستر شبکه.

تعداد، نوع برنامه‌نویسی و نحوه ارتباط میان تجهیزات با توجه به محل تامین آب، کمیت و کیفیت آب قابل دسترس، گونه‌های مورد استفاده در طرح کاشت، پارامترهای مربوط به خاک و اقلیم منطقه تعیین می‌شود.

۳-۲- روش‌های هوشمند سازی مسکونی

۳-۲-۱- هوشمندسازی توزیع آب

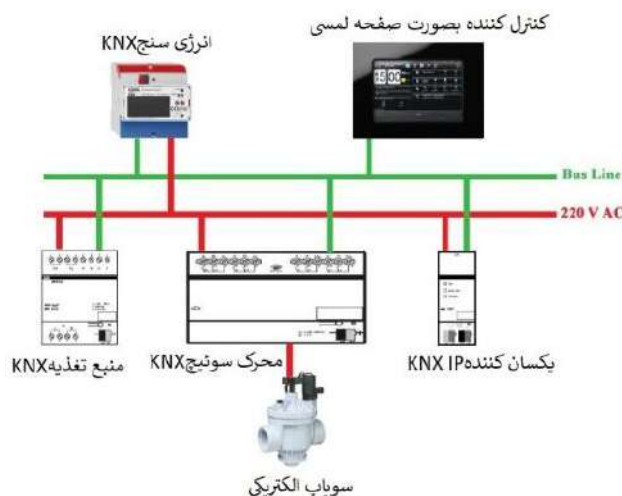
در یک شهر هوشمند خیابان‌ها و مناطق مختلفی وجود دارد. میزان آب مورد نیاز هر کدام، بسته به تراکم جمعیت، فصل و غیره متفاوت است. از طرفی میزان مصرف آب هر مشترک با توجه به تعداد افراد سکنه، وضعیت آب و هوایی و تغییرات جوی متفاوت است. مصرف آب در ایام تعطیل در خانه‌های مسکونی از آن‌جا که ماشین‌های لباس‌شویی، ظرف‌شویی و ... استفاده می‌شود بیشتر از سایر ایام است. روش‌هایی نیز مبتنی بر شبکه‌های عصبی (پاکدل، ۱۳۹۴) و تبدیل موجک (غلامی، ۱۳۹۴) برای پیش‌بینی میزان مصرف آب وجود دارد. به دلایل فوق‌الذکر، باید میزان مصرف هر مشترک با توجه به مکان و زمان، پیش‌بینی شود. با توجه به میزان تقاضا، توزیع هوشمند و پویای آب وجود داشته و کاربر باید بتواند بر نحوه مصرف خود کنترل داشته باشد.



شکل ۱- پیکربندی پروتکل KNX در آبیاری هوشمند

ارسال می‌نماید. پس از این هشدار چنانچه جریان آب وصل شود، هزینه آب به ازای هر لیتر به صورت تصاعدی افزایش می‌یابد. شکل ۲، پیکربندی KNX را نشان می‌دهد. تجهیزات لازم برای این پیکربندی عبارتند از: ۱- عملگر سوئیچ؛ ۲- منبع تغذیه؛ ۳- مازول اتصال به اینترنت؛ ۴- نمایشگر کنترل مرکزی برای نظارت و ورود اطلاعات اولیه؛ ۵- شیر برقی؛ ۶- انرژی سنج و ۷- بستر شبکه.

در یک ساختمان هوشمند اندازه‌گیر هوشمند آب، پس از لوله اصلی آب ورودی به مشترک نصب می‌شود، سپس با توجه به الگوهای مصرف آب، میزان آب مورد نیاز (با توجه به تعداد ساکنین و غیره) در طول یک شبانه‌روز تعیین می‌شود. چنانچه مصرف آب ساختمان از میزان تعیین شده بیشتر شود، اندازه‌گیر هوشمند آب با ارسال پیغامی به کنترلرها، جریان آب را قطع کرده و بر روی نمایشگرهای کنترلی یا تلفن همراه ساکنان پیام هشدار

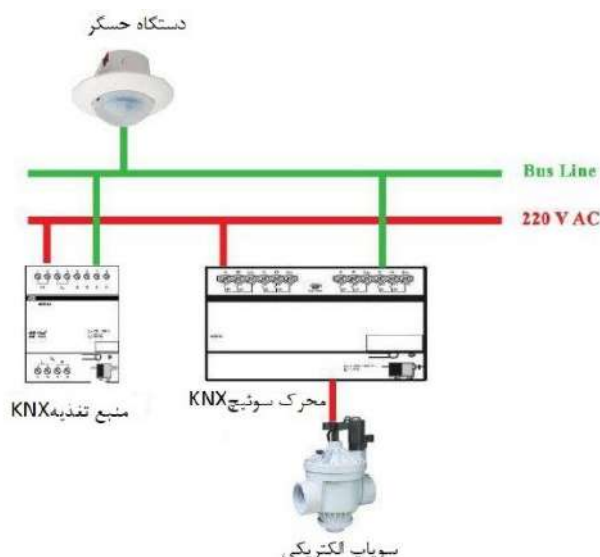


شکل ۲- پیکربندی پروتکل KNX برای اندازه‌گیری هوشمند آب

مجهز شده‌اند تا وصل و قطع آب بسته به حضور فرد در آن فضا صورت گیرد. شکل ۳، پیکربندی KNX در سیستم اتصال آب را نشان می‌دهد. تجهیزات مورد نیاز برای پیاده‌سازی سیستم هوشمند کنترل دمای آب در خانه‌های مسکونی با استفاده از پروتکل KNX به شرح ذیل است: ۱- عملگر سوئیچ؛ ۲- منبع تغذیه؛ ۳- مازول اتصال به اینترنت؛ ۴- نمایشگر کنترل مرکزی برای نظارت و ورود اطلاعات اولیه؛ ۵- شیر برقی؛ ۶- حسگر تعیین حضور انسان و ۷- بستر شبکه.

۳-۲-۲- هوشمند سازی برقراری آب

میزان زیادی از آب آشامیدنی در ساختمان‌های مسکونی به دلیل بازگذاشتن غیرعامدانه، چکه کردن یا نشت آب بر اثر وجود خوردگی و فرسودگی و اشهرها در شیر آب است که اغلب در مکان‌هایی اتفاق می‌افتد که حضور افراد در آن نقاط از ساختمان همیشگی نیست (مانند سرویس‌های بهداشتی، حمام و...). چنین مکان‌هایی در ساختمان هوشمند به حسگرهای تشخیص حضور

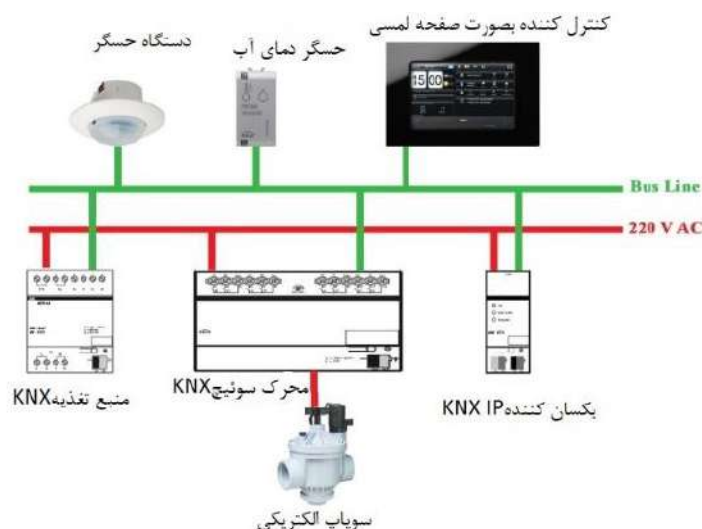


شکل ۳- پیکربندی KNX در سیستم اتصال آب

۳-۲-۳- هوشمند سازی دمای مناسب آب

حدود ۶۰ درصد از آب آشامیدنی در منازل صرف شستشو (حمام، سینک ظرفشویی و ...) می شود. در هر بار شستشو بخشی از این آب مصرفی به منظور ایجاد دمای مطلوب به هدر می رود. لذا در ساختمان هوشمند با نصب حسگرهایی در خروجی شیر آب

درجه حرارت آب مورد نظر را تعیین نموده، تا دمای آب درون لوله تا زمان رسیدن به دمای مطلوب از طریق سیستم تعبیه شده دوباره به سیستم آب شرب باز شود و پس از این که به دمای مورد نظر رسید در اختیار مصرف کننده قرار گیرد. بلوک دیاگرام و ساختار بندی پروتکل KNX به ترتیب در شکل ۴، نشان داده شده است.



شکل ۴- پیکربندی KNX در سیستم استحمام

تجهیزات مورد نیاز برای پیاده سازی سیستم هوشمند کنترل دمای آب در خانه های مسکونی با استفاده از پروتکل KNX به شرح ذیل است: ۱- عملگر سوئیچ؛ ۲- منبع تغذیه؛ ۳- ماژول اتصال به اینترنت؛ ۴- نمایشگر کنترل مرکزی برای نظارت و ورود اطلاعات اولیه؛ ۵- شیر برقی؛ ۶- حسگر سنجش دمای آب؛ ۷- حسگر تعیین حضور انسان و ۸- بستر شبکه.

۳-۳- تشخیص و اعلام هوشمند نشت آب در زیرساخت های شهری

بخش بزرگی از هدررفت آب در شهرها، به دلیل نشت آب در زیرساخت های شهری است (McDonald, 2014). همه روزه حجم زیادی از آب درون شبکه های توزیع آب شهری توسط پمپ ها با فشار بالا ارسال می شود. فشار دارای بیشترین و سریع ترین اثر

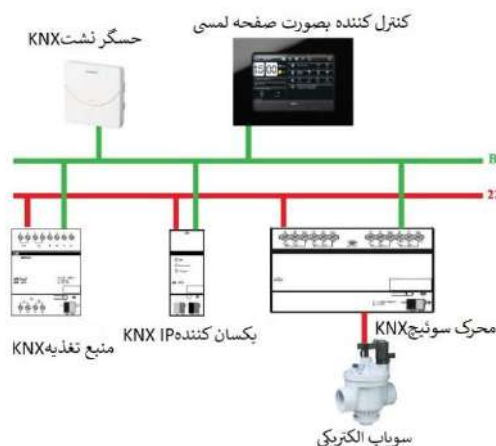
باشد. چنانچه مغایرت میان اعداد از حد تعیین شده تجاوز نماید، یک پیغام هشدار برای ناظر شبکه بر روی نمایشگر مرکزی ارسال می شود تا از وجود نشتی در شبکه توزیع مطلع شوند. همچنین شبکه حس گرهای نشت آب در اطراف زیرساخت شبکه توزیع قرار می گیرند. این حس گرها رطوبت خاک اطراف لوله ها را اندازه گیری می نمایند. چنانچه رطوبت خاک از حد استاندارد تعیین شده با توجه به اقلیم منطقه تجاوز نماید، پیغام هشدار برای مدیر شبکه ارسال می شود تا به سرعت نسبت به رفع نشتی اقدام شود.

برخی از قابلیت های سیستم هوشمند توزیع آب به شرح ذیل است:

- امکان گزارش گیری از میزان آب مصرفی مشترکان در هر منطقه؛
- امکان گزارش گیری نشت آب به همراه مکان دقیق نشتی ایجاد شده؛
- امکان تنظیم برنامه زمان بندی از پیش تعیین شده برای کاهش یا افزایش فشار آب.

شکل ۵ پیکربندی پروتکل KNX برای تعیین هوشمند نشت آب را نشان می دهد. تجهیزات مورد نیاز برای پیاده سازی سیستم تشخیص نشت آب با استفاده از پروتکل KNX به شرح ذیل است:

- ۱- عملگر سوئیچ (میزان ورودی این عملگر با توجه به تنوع پوشش گیاهی به لحاظ نوع آبیاری تعیین می شود)؛
- ۲- منبع تغذیه؛
- ۳- مازول اتصال به اینترنت؛
- ۴- نمایشگر کنترل مرکزی برای نظارت و ورود اطلاعات اولیه؛
- ۵- شیر برقی؛
- ۶- حسگر سنجش نشت آب و
- ۷- بستر شبکه.



شکل ۵- پیکربندی پروتکل KNX در تشخیص هوشمند نشت آب

اشیاء می توان مدیریت آب را امکان پذیر نمود. در پژوهش انجام شده راه کارهای مبتنی بر فن آوری اطلاعات و ارتباطات با امکاناتی نظیر ردگیری هرگونه نشتی، خودکارسازی سیستم های آبیاری، توزیع پویای آب و غیره در مدیریت هوشمند مصرف آب

هیدرولیکی بر روی مقدار نشت است (جعفری، ۱۳۹۵؛ سلطانی اصل، ۸۸). برخی از بخش های شبکه به مرور زمان و بر اثر فشار بالای آب درون لوله دچار فرسودگی و در نتیجه نشت آب می شوند. اگر آب از یک لوله شکسته به سطح بیاید، خرابی به آسانی آشکار می شود. اما اگر لوله در اعماق زمین آسیب ببیند، آب هرگز به سطح زمین نخواهد رسید و آشکارسازی و تعمیر بسیار سخت تر خواهد بود.

در یک شهر هوشمند با نصب حس گرهای تشخیص نشت آب در طول زیرساخت های آبرسانی و پمپ های کاهش فشار آب و ایجاد شبکه میان آن ها می توان تا حد زیادی از این اتلاف جلوگیری نمود. در برخی از ساعات شبانه روز میزان حجم آب مصرفی توسط کاربران کاهش می یابد، بنابراین چنانچه فشار آب درون لوله ها بیش از نیاز استفاده کنندگان باشد، نشت آب در زیرساخت های فرسوده شهری اتفاق می افتد. بنابراین با کاهش فشار آب در ساعات کم باری مصرف آب توسط مشترکان، تا حدود زیادی می توان از نشت آب جلوگیری نمود. ساعات کم باری و اوج مصرف مشترکان توسط اندازه گیرهای هوشمند آب اندازه گیری شده و اطلاعات حاصل از آن توسط شبکه سیستم هوشمند شهری به کنترلرها و نمایشگرهای مرکزی ارسال می شود تا در صورت نیاز، فشار آب توسط پمپ های تعبیه شده کاهش یا افزایش یابد. علاوه بر این در گرهای مختلفی از ساختار شبکه توزیع آب اندازه گیرهای هوشمند آب وجود دارند که میزان آب رسیده به آن گر را ثبت می نمایند. مجموع مقادیر آب پمپ شده در گر ها با میزان آب خروجی از پمپ اصلی باید مطابقت داشته

۴- نتیجه گیری

مسئله آب یکی از مهم ترین چالش های پیش رو در کل دنیا است. فن آوری های جدیدی در حال ظهور هستند که به واسطه اینترنت

۲۰ (۳)، ۹۹-۱۰۴.

غلامی، ح.، قیامی ع. و بینا، ک.، (۱۳۹۴)، "پیش‌بینی مصرف آب شرب شهر مشهد با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی"، همایش ملی مهندسی عمران و پژوهش‌های نیاز محور، مشهد.

همایی، م.ح.، فرهادی، ب. و کهوازاده، ا.، (۱۳۹۱)، "کاربرد شبکه‌های حسگر بی‌سیم به‌جهت تشخیص نشت و هدررفت آب در خطوط انتقال"، چهارمین کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک/ایران، گناباد.

Al-Ghobari, H.M., and Dewidar, A.Z., (2018), "Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions", *Agricultural Water Management*, 209, 55-61.

Asalmol, M., Datar, M., Gawade, M., Patil, A., and Gulve, T., (2017), "Water management system for smart city using IoT", *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(11), 93-107.

Cocchia, A., (2014), *Smart and digital city: A systematic literature review*, In: Dameri R., Rosenthal-Sabroux C. (eds.), *Smart City, Progress in IS*, Springer, Cham, 13-43.

Curry, E., Hasan, S., Kouroupetroglou, C., Fabritius, W., Ul Hassan, U., and Derguech, W., (2018), "Internet of things enhanced user experience for smart water and energy management", *IEEE Internet Computing*, 22(1), 18-28.

Dickey, T., (2018), *Smart water solutions for smart cities*, *Smart City, Progress in IS*, Springer, Cham, 197-207.

Dogo, E.M., Salami, A.F., Nwulu, N.I., and Aigbavboa, C.O., (2019), "Blockchain and internet of things-based technologies for intelligent water management system", *Artificial Intelligence in IoT*, Springer, Cham, 129-150.

Hollands, R.G., (2008), "Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial?", *City*, 12(3), 303-320.

Ioan-Valentin, S., and Dobra, P., (2014), "KNX building automations interaction with city resources management system", *Procedia Technology*, 12, 212-219.

Jayalakshmi, M., and Gomathi, V., (2019), "Sensor-cloud based precision agriculture approach for intelligent water management", *International Journal of Plant Production*, 14(1), 1-10.

Karwot, J., Kaźmierczak, J., Wyczółkowski, R., Paszkowski, W., and Przysławka, P., (2016), "Smart water in smart city: A case study", *Proceedings of SGEM 16th International Scientific Conference on EARTH & GEOSCIENCES*, Vol. 3, Albena, Bulgaria.

Kumbhar, M.S., and Pratibha, S.Y., (2016), "Survey on technology tools for water and garbage management for smart city planning", *International Journal of Computer Applications*, 975, 8887.

Lázaro, J., Abejón, S., Astarloa, A., Chamorro, F., and

و کنترل ذخایر آبی ارائه شد. جدول ۲، خلاصه‌ای از راه کارهای ارائه شده را در بردارد. سیستم‌های پیاده سازی شده هوشمند در جهان، حاکی از کاهش تقریباً ۲۰ درصد مصرف آب است (Curry, 2018; Jayalakshmi, 2019; Xiye, 2020). برای ادامه پژوهش می‌توان به ترکیب پروتکل KNX با سایر پروتکل‌های هوشمندسازی و همچنین بهره‌گیری از فن‌آوری نوظهور بلاک‌چین در حوزه مدیریت مصرف آب اشاره کرد (Dogo, 2018).

جدول ۲- راه کارهای ارائه شده برای مدیریت بحران آب

آبیاری	تعبیه حسگرهای رطوبت سنج درون خاک برای آبیاری هوشمند
مسکونی	• هوشمندسازی توزیع آب • هوشمندسازی برقراری آب • هوشمندسازی دمای مناسب آب
شهری	تشخیص و اعلام هوشمند نشت آب

۵- پی‌نوشت‌ها

1- Information and Communication Technology

۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان، مراتب قدردانی خود را از پیشنهادهای ارزنده آقای دکتر ایمان قلندریان، در تدوین این مقاله اعلام می‌دارند.

۷- مراجع

پاکدل، م.، قیامی، ع. و بینا، ک.، (۱۳۹۴)، "پیش‌بینی مصرف آب شرب شهر مشهد با استفاده از موجک"، همایش ملی مهندسی عمران و پژوهش‌های نیاز محور، مشهد.

جعفری، ه.، (۱۳۹۵)، "مدیریت سیستم‌های حوادث و اتفاقات در شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)"، همایش ملی بهره‌برداری در بخش آب و فاضلاب، همدان.

سرداری ح. و ملاحسینی اردکانی، م.، (۱۳۹۵)، "ارائه یک معماری مرجع مبتنی بر اینترنت اشیا برای مدیریت مصرف آب در ساختمان‌های هوشمند"، همایش ملی چشم‌انداز تکنولوژی کامپیوتر و شبکه در ۲۰۳۰، میبد.

سلطانی اصل، م. و فغفورمغربی، م.، (۱۳۸۸)، "مدیریت هوشمند فشار به‌منظور کاهش نشت در شبکه‌های آبرسانی، مطالعه موردی: منطقه سرافرازان مشهد"، مجله آب و فاضلاب،

- Bidarte, U., (2008), "SoPC implementation of the TP-KNX protocol for domotic applications", *Proceedings of International Conference on Advances in Electronics and Micro-electronics*, IEEE, Valencia, Spain.
- Lee, W.S., and Seung, H.H., (2009), "Implementation of a KNX-ZigBee gateway for home automation", *IEEE 13th International Symposium on Consumer Electronics*, Kyoto, Japan.
- Lee, W.S., and Seung, H.H., (2008), "KNX-ZigBee gateway for home automation", *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, Arlington, VA, USA.
- Lopez-Nicolas, A., Pulido-Velazquez, M., Rougé, C., Harou, J.J., and Escriva-Bou, A., (2018), "Design and assessment of an efficient and equitable dynamic urban water tariff, Application to the city of Valencia, Spain", *Environmental Modelling and Software*, 101, 137-145.
- Loucks, D.P., and Eelco, V.B., (2017), *Water resource systems planning and management: An introduction to methods, Models and Applications*, Springer.
- Madani, K., (2014), "Water management in Iran: What is causing the looming crisis?", *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(4), 315-328.
- McDonald, R.I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P.A., Gleeson, T., Eckman, S., Lehner, B., Balk, D., and Boucher, T., (2014), "Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure", *Global Environmental Change*, 27, 96-105.
- Priya, R., and Rameshkumar G.P., (2017), "A novel method to smart city's water management system with sensor devices and arduino", *International Journal of Computational Intelligence Research*, 13(10), 2391-2406.
- Sławomir, S., and Gielniak, J., (2018), "Implementation of the lighting control algorithms in the KNX system", *ITM Web of Conferences*, Vol. 19, EDP Sciences.
- Taewoo N., and Theresa A.P., (2011), "Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions", *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times*, New York, USA.
- Xiye, F., Xiaoyan, Y., Hailin, Z., Cuicui, J., Chunming, X., and Tan, C. (2020), "Research on intelligent water platform based on Cloud Computing", *Journal of Physics*, IOP Publishing, 1605(1), 12-21.



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

Research Paper

مقاله پژوهشی

Identification and Statistical Analysis of Some Factors Affecting the Residential Water Demand in Arak, Iran

Mohammad Reza Vesali Naseh^{1*}, Mohammad Reza Hosseininasab², Hamed Safikhani³, Sajjad Norouzi⁴, Mehran Mamaghaninezhad⁵, Alireza Jokar⁵ and Ali Ghiasabadi Farahani⁵

- 1- Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 2- Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 3- Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 4- Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 5- Markazi Province Water and wastewater Company, Arak, Iran, Arak, Iran.

*Corresponding Author, Email: m-vesalinaseh@araku.ac.ir

Received: 22/07/2020

Revised: 12/01/2021

Accepted: 18/01/2021

© IWWA

Abstract

In the urban water consumption management, various factors affect the amount of residential water demand (RWD). The purpose of this study is to identify and analyze some of the active factors on RWD in Arak city in 2019. To analyze RWD, a questionnaire was first designed to collect consumer information in four categories: property status and water facilities, meter status, lifestyle, and household information. Using random sampling methods, a random sample including 1400 consumers was selected, and the questionnaire was completed for them. Then, the consumer status was studied using descriptive statistics. For a more accurate analysis of consumer's behavior, 15 factors in the form of 4 mentioned categories were analyzed using the assumption test and the analysis of variance (ANOVA), based on the average monthly consumption of consumers in the past year. The analysis showed that only three factors of the 15 have a significant difference in RWD: being villa or apartment, car washing method, and carpet washing method, and the other factors didn't show a substantial difference in RWD. The results of this study indicated that some factors related to lifestyle have more essential effects on RWD. Consequently, the most crucial factor in RWD is the culture of water consumption. This seems to indicate the priority of applying advertising tools to educate the public about the correct perception of RWD, which should be on the schedule of water and wastewater companies.

Keywords: Residential water demand, Statistical analysis, Lifestyle, Arak.

شناسایی و تحلیل آماری برخی عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک

محمد رضا وصالی ناصح^{۱*}، محمد رضا حسینی نسب^۲، حامد صفی خانی^۳، سجاد نوروزی^۴، مهران مامقانی نژاد^۵، علیرضا جوکار^۵ و علی غیاث آبادی فراهانی^۵

- ۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۳- دانشیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۵- کارشناس شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی، اراک، ایران.
*نویسنده مسئول، ایمیل: m-vesalinaseh@araku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۱

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۹

© انجمن آب و فاضلاب ایران

چکیده

در مدیریت مصرف آب شهری عوامل مختلفی در میزان مصرف آب مشترکین وجود دارد. هدف از این مطالعه، شناسایی و تحلیل اثر برخی از این عوامل بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک در سال ۱۳۹۸ است. به منظور تحلیل میزان مصرف مشترکین، ابتدا بر اساس مطالعات اولیه و مرور مطالعات مشابه، یک پرسشنامه برای جمع آوری اطلاعات مشترکین در چهار بخش وضعیت ملک و تاسیسات آب، وضعیت کنتور، سبک زندگی، و اطلاعات خانوار طراحی شد. سپس با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری آماری، یک نمونه تصادفی شامل ۱۴۰۰ مشترک انتخاب و پرسشنامه موردنظر برای آن‌ها تکمیل شد. در ادامه ابتدا وضعیت مشترکین با استفاده از آمار توصیفی مورد بررسی قرار گرفت و سپس برای تحلیل دقیق‌تر رفتار مصرفی مشترکین، ۱۵ مولفه در قالب ۴ بخش اشاره‌شده با استفاده از آزمون‌های فرض و تحلیل واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این آزمون‌های آماری، میانگین مصرف ماهیانه مشترکین در یک‌سال گذشته مبنای عمل قرار گرفت. تحلیل نتایج نشان داد از بین ۱۵ مولفه مورد بررسی، فقط سه مورد ویلایی یا آپارتمانی بودن ملک، روش شستشوی اتومبیل و روش شستشوی فرش تفاوت معناداری را در میزان مصرف آب مشترکین دارند و سایر مولفه‌ها تفاوت معناداری را نشان ندادند. بنابراین آنچه در میزان مصرف آب مشترکین تعیین‌کننده‌تر است شیوه یا فرهنگ مصرف آب است. این موضوع، بیانگر اولویت ترویج و آموزش همگانی و به‌کارگیری ابزار تبلیغاتی در راستای نهادینه‌سازی فرهنگ صحیح مصرف آب است و پیشنهاد می‌شود که در دستور کار شرکت‌های آب و فاضلاب قرار گیرد.

کلمات کلیدی: مصرف آب خانگی، تحلیل آماری، سبک زندگی، اراک.

نمودند. Rathnayaka et al. (2014) تاثیر متغیرهای زیادی همچون بعد خانوار، نوع ملک (ویلائی و آپارتمانی)، کارایی تجهیزات آب‌بر، حضور کودکان زیر ۱۲ سال، حضور کودکان ۱۲ تا ۱۸ سال، نوع سکونت (اجاره)، مدت سکونت، داشتن استخر، کولر آبی و ماشین ظرف‌شویی را بر میزان مصرف آب خانگی در ملبورن استرالیا مورد بررسی قرار دادند. از بین ۱۰ متغیر مورد بررسی به‌جز سه متغیر حضور کودکان ۱۲ تا ۱۸ سال، نوع سکونت (اجاره) و مدت سکونت، بقیه در میزان مصرف نقش داشتند.

احمدی و همکاران (۱۳۹۲) رابطه گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب را با مسوولیت‌پذیری افراد در شهر یاسوج مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد مسوولیت‌پذیری، بر گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب، تاثیر معناداری دارد و با افزایش مسوولیت‌پذیری در بین شهروندان، گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب افزایش می‌یابد. تابش و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه الگویی برای انتخاب مناسب‌ترین راهبرد مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری در قالب یک مطالعه موردی در شهر تهران ارائه نمودند. از بین راهبردهای فرهنگ‌سازی در بین مصرف‌کنندگان، کاهش آب بدون درآمد، افزایش آب‌بها و استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف در نهایت راهبرد کاهش آب بدون درآمد را به‌عنوان مناسب‌ترین راهبرد از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان معرفی نمودند. دهقان و پوررضا (۱۳۹۵) متغیرهای موثر بر سرانه مصرف آب و رابطه بین آن‌ها را در منطقه ۳ آب و فاضلاب شهر تهران (منطقه ۲ و ۵ شهرداری) را از طریق تکمیل پرسشنامه برای ۳۲۵ خانوار مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد افزایش نگرش به مصرف بهینه آب و مسوولیت‌پذیری منجر به کاهش سرانه مصرف آب خانوار می‌شود. اما بین سایر متغیرها مانند اعتماد به شرکت آب و فاضلاب و یا دانش مصرف آب با سرانه مصرف رابطه معناداری وجود ندارد.

خلفی و همکاران (۱۳۹۵) الگوی مصرف آب شهروندان شهر ایلام را با رویکرد نگرشی رفتاری بررسی و خوشه‌بندی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مصرف‌کنندگانی که در خوشه‌های پر مصرف قرار دارند، دارای تحصيلات پایین‌تری هستند و همچنین درآمد و بعد خانوار در میزان مصرف نقش موثری ندارند. بازدار و همکاران (۱۳۹۵) در زمینه فاکتورهای موثر بر مصرف آب مشترکین، تاثیر آموزش بر میزان مصرف مشترکین شهر خرم‌آباد را بررسی نمودند و ضمن نشان دادن تاثیر مثبت آن در مصرف صحیح، بر ترویج فرهنگ صرفه‌جویی و تغییر در رفتار مردم نسبت به مصرف آب تاکید نمودند. شهیدی و همکاران (۱۳۹۶) عوامل موثر بر الگوی

کمبود منابع آب شیرین یک مسئله جهانی است و بهره‌برداری و مدیریت صحیح منابع آب رویکردی است که اکثر جوامع برای جلوگیری از بحران آب به‌آن روی آورده‌اند. با عنایت به محدودیت‌های جدی در توسعه استفاده از منابع آبی جدید، رویکردهای مدیریتی منابع آب از مدیریت عرضه به مدیریت تقاضا و راهبردهای مدیریت مصرف آب تغییر یافته است (تابش و همکاران، ۱۳۹۶). در این راستا متولیان صنعت آب و فاضلاب نیز به سمت شیوه‌های مدیریتی جدید از جمله مدیریت تقاضا و اقدامات صرفه‌جویانه در مصرف آب حرکت کرده‌اند که در طراحی این اقدامات و سیاست‌ها باید ابعاد اجتماعی و ذی‌نفعان اصلی این حوزه یعنی خانوارها (مشترکین) در نظر گرفته شوند (شاهنگیان و همکاران، ۱۳۹۹). برای انتخاب راهبرد صحیح مدیریت مصرف آب لازم است ابتدا عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف مصرف‌کنندگان آب مورد بررسی قرار گیرد تا راهبرد مدیریتی متناسب با آن انتخاب شود. یکی از محل‌های مصرف آب، مشترکین مسکونی شهرها هستند که شناخت عوامل تاثیرگذار در میزان مصرف آن‌ها کمک شایانی به انتخاب صحیح راهبردهای مدیریت مصرف آب شهری خواهد نمود. این عوامل می‌توانند مربوط به مواردی فیزیکی همچون وضعیت تاسیسات آبرسانی، وضعیت کنتورهای نصب شده، وضعیت ملک و تاسیسات آب‌بر مشترک باشد و یا مربوط به مواردی غیرفیزیکی همچون آب‌بها، متغیرهای جمعیت‌شناختی مانند میزان درآمد و تحصيلات خانوار، سبک زندگی، محل تولد و سکونت و مواردی از این دست باشد. در زمینه عوامل موثر بر میزان مصرف آب خانگی مطالعات متعددی صورت پذیرفته است که به‌عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

Garcia et al. (2013) اثر متغیرهای بعد خانوار، میزان تحصيلات و درآمد، محل تولد و محل سکونت ۲۳۰ خانوار از ۹ شهر مختلف در شمال شرق کاتالونیای اسپانیا را بر روی میزان مصرف آب خانگی آن‌ها بررسی نمودند. تحقیق آنها اهمیت محل تولد و اعتقاد به حفاظت از آب^۱ را به عنوان دو عامل اصلی در میزان مصرف آب خانگی نشان داد و بر لزوم توجه به این دو عامل در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب تاکید نمود. (Willis et al., 2011) تاثیر تجهیزات کاهنده مصرف و متغیرهای جمعیت‌شناختی را بر روی میزان مصرف خانگی در استرالیا مورد بررسی قرار دادند و بر رویکرد ترکیبی استفاده از تجهیزات کارآمد مصرف آب به‌همراه ترویج رفتار صرفه‌جویانه در مصرف آب تاکید

مصرف ماهیانه مشترکین در سال ۱۳۹۸ مبنای عمل قرار گرفت.

جدول ۱- مولفه‌های مورد بررسی در تحلیل مصرف آب مشترکین

دسته	ردیف	مولفه
وضعیت ملک و تاسیسات آب‌بر	۱	ویلايي یا آپارتمانی بودن ملک
	۲	عمر بنا
	۳	دارا بودن حیاط
	۴	دارا بودن وان حمام
	۵	نوع آب‌گرم‌کن
	۶	دارا بودن فلاش تانک
	۷	دارا بودن توالت فرنگی
	۸	سیستم سرمایش
	۹	سیستم گرمایش
	۱۰	نوع شیرآلات
وضعیت کنتور	۱۱	مجزا یا مشترک بودن کنتور
سبک زندگی	۱۲	روش شستشوی اتومبیل
	۱۳	روش شستشوی فرش
وضعیت خانوار	۱۴	سطح درآمدی خانوار
	۱۵	سطح تحصیلات خانوار

برای تعیین اندازه نمونه آماری مناسب برای این پژوهش، عوامل متعددی مورد توجه قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

■ **اندازه جامعه آماری:** جامعه آماری موردنظر در برگیرنده حدود ۱۲۵۰۰۰ مشترک در شهر اراک است.

■ **هدف پژوهش:** هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرگذاری برخی مولفه‌ها بر مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک است.

■ **شیوه سنجش هدف:** به‌منظور دستیابی به هدف فوق، لازم است در هریک از ۱۵ مولفه اشاره شده در جدول ۱، مشترکین طبقه‌بندی شوند. این طبقه‌بندی در مولفه‌های شماره ۲، ۱۴ و ۱۵، در سه دسته مستقل (مانند وضعیت درآمدی ضعیف، متوسط، خوب) و در سایر مولفه‌ها در دو دسته مستقل (مانند ملک ویلايي در مقابل ملک آپارتمانی) انجام می‌پذیرد.

■ **پراکندگی مقادیر مورد مطالعه:** به‌عنوان یک اصل کلی، هرچه مقادیر مشخصه مورد مطالعه از یک جامعه آماری پراکندگی بیشتری داشته باشد، برای تحلیل آماری آن مشخصه به‌تعداد نمونه بیشتری نیاز است. انحراف معیار (σ) یک شاخص متداول برای سنجش پراکندگی است. در این مطالعه، منظور از انحراف معیار، میزان پراکندگی میانگین مصرف مشترکین است.

مصرف آب شرب شهر بیرجند را بررسی کرده و نشان دادند راهبردهای اعمال تعرفه‌های متناسب با شرایط و هزینه‌های تولید و توزیع، تهیه و به‌کارگیری برچسب بهره‌وری آب بر روی کلیه تجهیزات و لوازم خانگی، استفاده از کاتالوگ‌های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی برای کاهش مصرف آب، نصب وسایل و تجهیزات مصرف آب در مدارس و مراکز آموزشی و نگرش جامع منابع آب در ایران، بهترین راهبردها در میان راهبردهای اصلاح الگوی مصرف آب شرب مناطق خشک هستند.

با عنایت به موارد ذکر شده در تحقیقات و مطالعات یادشده، این تحقیق به دنبال شناسایی برخی عوامل فیزیکی و غیرفیزیکی موثر در میزان مصرف آب خانگی است. بدین‌منظور اثرگذاری ۱۵ مولفه مختلف بر مصرف مشترکین آب خانگی در چهار بخش وضعیت ملک و تاسیسات آب‌بر، وضعیت کنتور، سبک زندگی و اطلاعات خانوار مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش انجام این تحقیق به‌صورت پیمایشی بوده و بدین‌منظور از یک نمونه تصادفی شامل ۱۴۰۰ خانوار در شهر اراک استفاده شده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات مشترکین درخصوص مولفه‌های شناسایی شده، با استفاده از آزمون‌های فرض اثرگذاری این مولفه‌ها بر مصرف آب مورد آزمون قرار گرفته است. البته لازم‌به ذکر است که بخشی از پارامترهای گنجانده شده در پرسشنامه تحقیق صرفاً به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات تکمیلی مشترکین برای استفاده‌های دیگر در شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی بوده که در قالب آمار توصیفی ارائه شده است و ارتباطی با تحلیل میزان مصرف مشترکین ندارد.

۲- مواد و روش‌ها

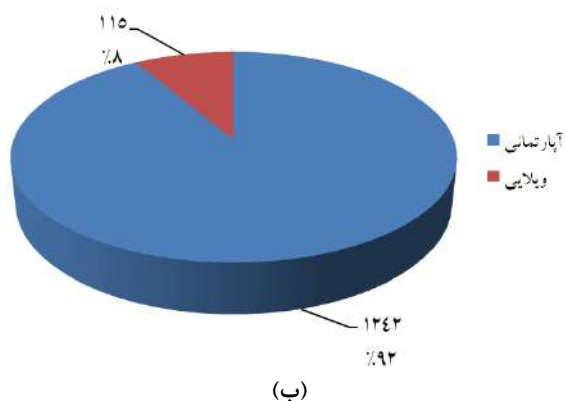
روش انجام این تحقیق از نوع پیمایشی است. بدین‌منظور، ابتدا براساس مطالعات اولیه و نیز مرور مطالعات مشابه، یک پرسشنامه برای جمع‌آوری اطلاعات مشترکین در چهار بخش وضعیت ملک، وضعیت کنتور، سبک زندگی و اطلاعات خانوار طراحی شد. پس از اعتبارسنجی این پرسشنامه توسط تعدادی از خبرگان حوزه آب و فاضلاب شهری، اندازه نمونه آماری مناسب برای این کار تعیین شد و براساس آن یک نمونه تصادفی از مشترکین انتخاب و پرسشنامه موردنظر برای آن‌ها تکمیل شد. در ادامه ابتدا وضعیت مشترکین با استفاده از آمار توصیفی مورد بررسی قرار گرفت و برای تحلیل دقیق‌تر رفتار مصرفی مشترکین، ۱۵ مولفه در قالب ۴ دسته با استفاده از آزمون‌های فرض و تحلیل واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مولفه‌های مورد بررسی در جدول ۱ معرفی شده‌اند. لازم‌به ذکر است که در آزمون‌های آماری، میانگین

با قراردادن $\alpha=0.05$ ، $\beta=0.2$ و $d/\sigma=0.2$ در رابطه (۱)، مقدار n برابر ۳۹۲ به دست می آید. به عنوان مثال، چنانچه هدف، دانستن این موضوع است که آیا میانگین مصرف مشترکین مسکونی که شستشوی فرش را در خانه انجام می دهند با میانگین مصرف مشترکینی که فرش های خود را به شرکت های قالی شویی می دهند تفاوت معناداری دارد یا نه، حداقل ۳۹۲ پرسشنامه از هر طبقه لازم است، یعنی مجموعاً $3 \times 392 = 1176$ پرسشنامه تکمیل شده نیاز است. البته لازم به ذکر است که رابطه (۱) برای مواردی است که اندازه هریک از دو جامعه آماری نامحدود فرض شود، اما به این علت از آن استفاده شده است که اندازه هر یک از طبقات در کل جامعه آماری نامشخص بوده است. لذا بدیهی است که مقدار به دست آمده از این رابطه بیشتر از حالتی است که اندازه جامعه ها محدود باشد و این مسئله اطمینان بیشتری را در خصوص کفایت داده ها حاصل می کند (Montgomery and Runger, 2018).

با این حال، در این مطالعه برای اطمینان بیشتر از کفایت داده ها، به مقدار فوق، حدود ۲۰ درصد اضافه شد و در نهایت اندازه نمونه ۱۴۰۰ تایی برای جمع آوری اطلاعات مشترکین تعیین شد که به صورت تصادفی و همگن از جامعه آماری شهر اراک انتخاب شد.

۳- آمار توصیفی داده های مشترکین

در این قسمت، آمار توصیفی داده های مشترکین بدون در نظر گرفتن میزان مصرف مشترکین ارائه شده است. شکل ۱ فراوانی کاربری ملک، نوع واحدهای مسکونی، نوع واحدهای غیر مسکونی، تعداد طبقات واحدهای مسکونی و عمر بنا در واحدهای مسکونی را نشان می دهد. همان گونه که مشخص است بیشترین فراوانی به ترتیب متعلق به واحدهای مسکونی، آپارتمانی، تجاری، ۴ طبقه و عمر ۱۰ تا ۲۰ سال است.



■ **میزان دقت مورد نظر:** به عنوان یک اصل کلی، برای افزایش دقت برآوردها، به تعداد نمونه بیشتری نیاز است. معمولاً در برآوردها یک میزان انحراف یا خطای مجاز (d) در نظر گرفته می شود که هرچه کمتر باشد به معنای دقت بیشتر است. بین d و σ می توان یک رابطه منطقی برقرار کرد. در این مطالعه فرض شده است که $d = 0.2\sigma$ تا از این طریق انحرافات نسبتاً کوچک نیز مورد شناسایی قرار گیرد (Montgomery and Runger, 2018).

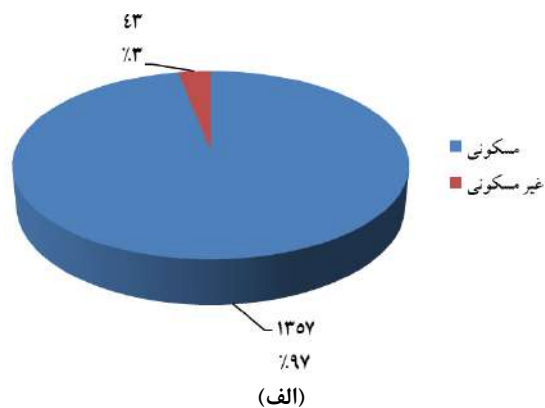
■ **ضریب اطمینان:** ضریب اطمینان یا ضریب معناداری یک آزمون با $1-\alpha$ نشان داده می شود که در آن α همان خطای نوع اول است (احتمال اشتباه در رد فرض صفر). در این مطالعه مشابه اغلب مطالعات دیگر، ضریب اطمینان ۰/۹۵ در نظر گرفته شده است.

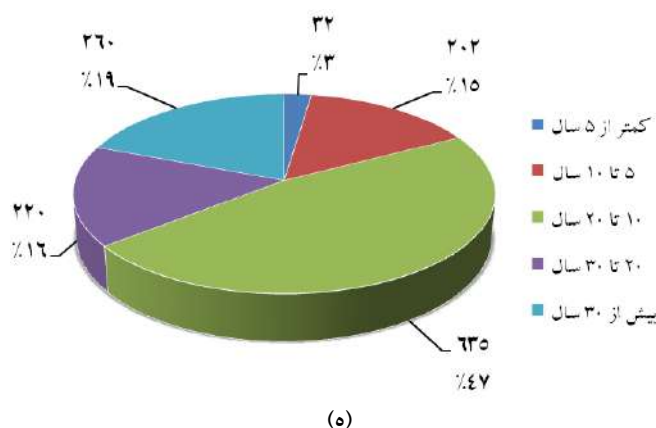
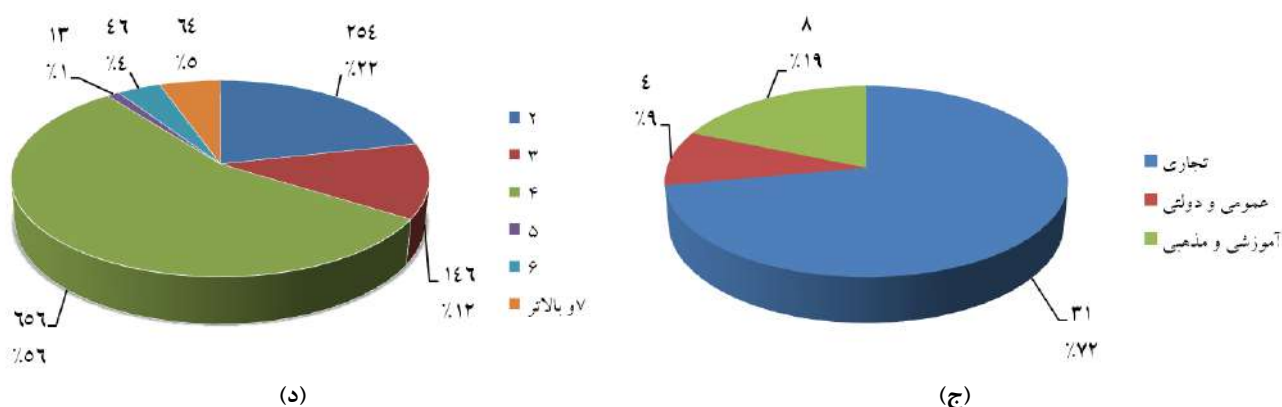
■ **توان آزمون:** توان یک آزمون با $1-\beta$ نشان داده می شود که در آن β همان خطای نوع دوم است (احتمال اشتباه در پذیرش فرض مقابل). در این مطالعه، توان آزمون ۰/۸ گرفته شده است.

با توجه به موارد فوق و دانستن این موضوع که مشخصه میانگین مصرف مشترکین تقریباً از یک توزیع نرمال تبعیت می کند و با عنایت به قضیه حد مرکزی، می توان از رابطه (۱) که حداقل نمونه مورد نیاز برای مقایسه میانگین دو جامعه آماری نرمال را مشخص می کند، برای تعیین اندازه نمونه این مطالعه استفاده کرد (Montgomery and Runger, 2018).

$$n = \frac{2(Z_{1-\alpha/2}^2 + Z_{1-\beta}^2)^2}{(d/\sigma)^2} \quad (1)$$

که α و β : به ترتیب برابر خطاهای نوع اول و دوم، d : خطای مجاز، σ : انحراف معیار جامعه، و Z_p مقدار حاصل از جدول نرمال استاندارد به ازای احتمال تجمعی p است.

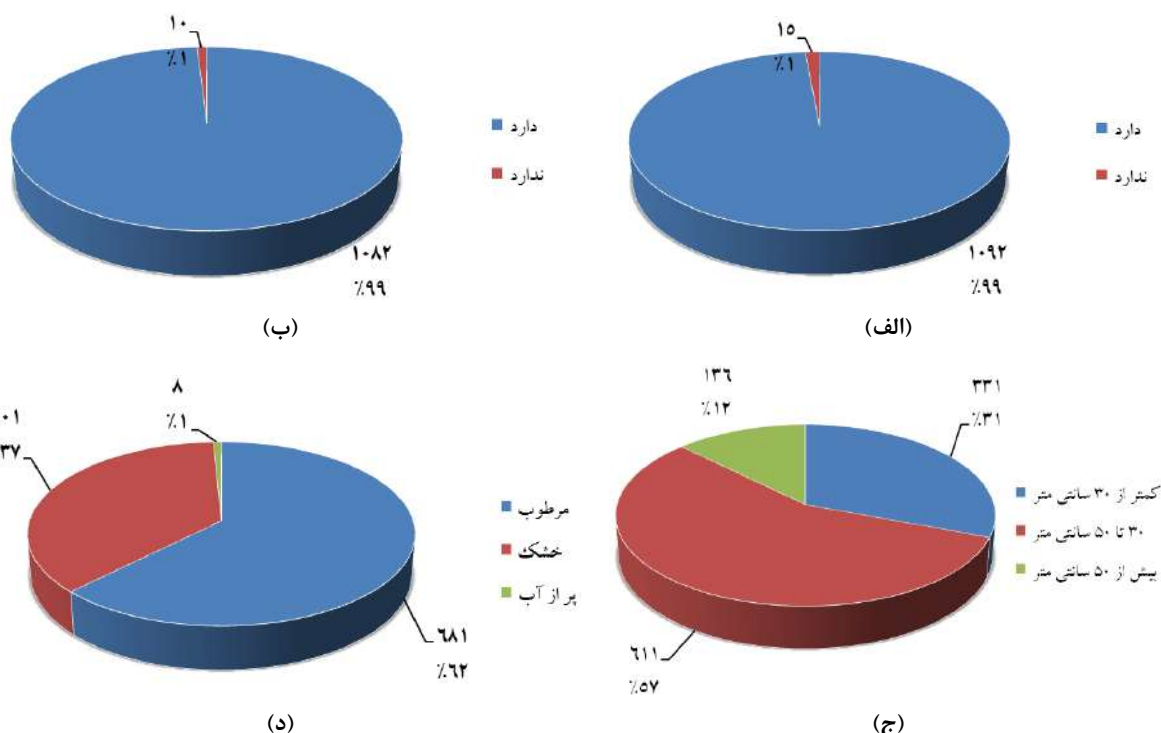




شکل ۱- فراوانی (الف کاربری؛ ب) نوع مسکونی؛ ج) نوع غیر مسکونی؛ د) تعداد طبقات مسکونی؛ ه) عمر بنا در مسکونی

محافظ هستند. عمق اکثریت حوضچه ها مطابق استاندارد بین ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر بوده و اکثریت آن ها دارای محیط مرطوب و ۱٪ آن ها نیز پر از آب هستند.

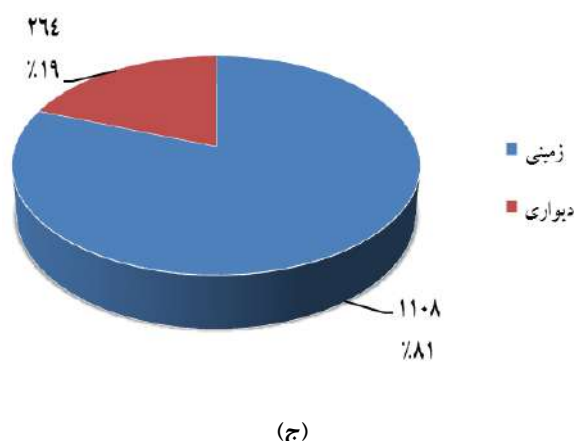
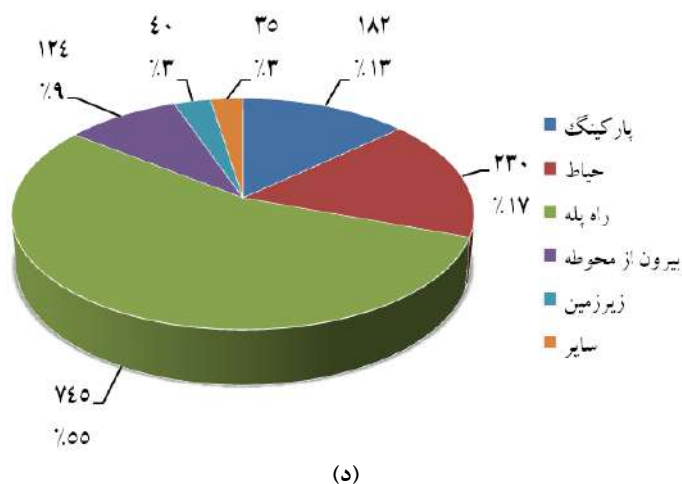
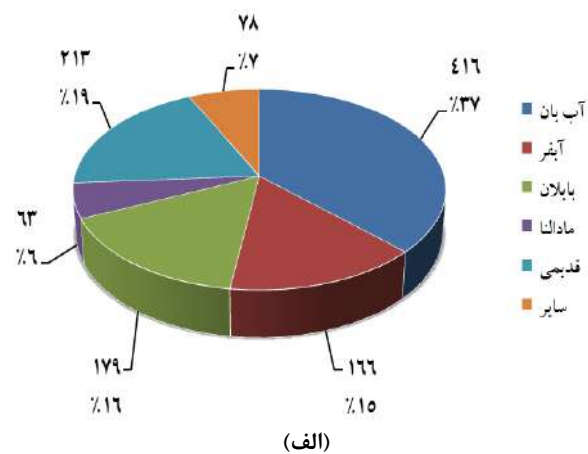
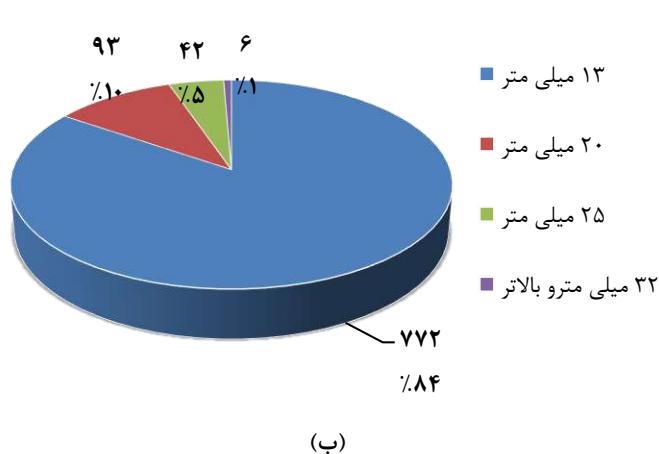
شکل ۲ فراوانی پارامترهای مرتبط با حوضچه کنتور مشترکین را نشان می دهد. همان گونه که مشخص است اکثریت قریب به اتفاق کنتورها دارای حوضچه بوده که دارای دریچه



شکل ۲- فراوانی (الف) مشترکین مسکونی با حوضچه کنتور؛ ب) حوضچه های با دریچه؛ ج) عمق حوضچه؛ د) وضعیت رطوبت در حوضچه

کنتور نیز با توجه به مسکونی بودن اکثریت مشترکین یک دوم اینچ (۱۳ میلیمتر) است. اکثر کنتورها روی زمین و در راه پله نصب شده‌اند.

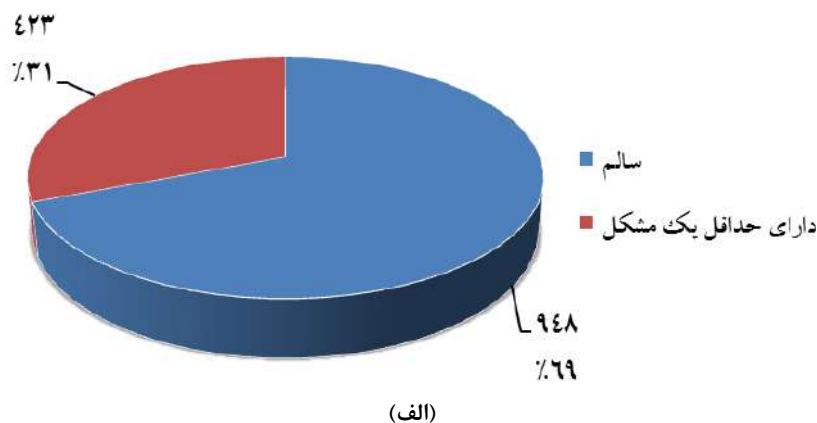
شکل ۳ فراوانی پارامترهای مرتبط با کنتور مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است پر استفاده‌ترین برندهای کنتور به ترتیب آب‌بان، بایلان و آبفر هستند. پر استفاده‌ترین اندازه

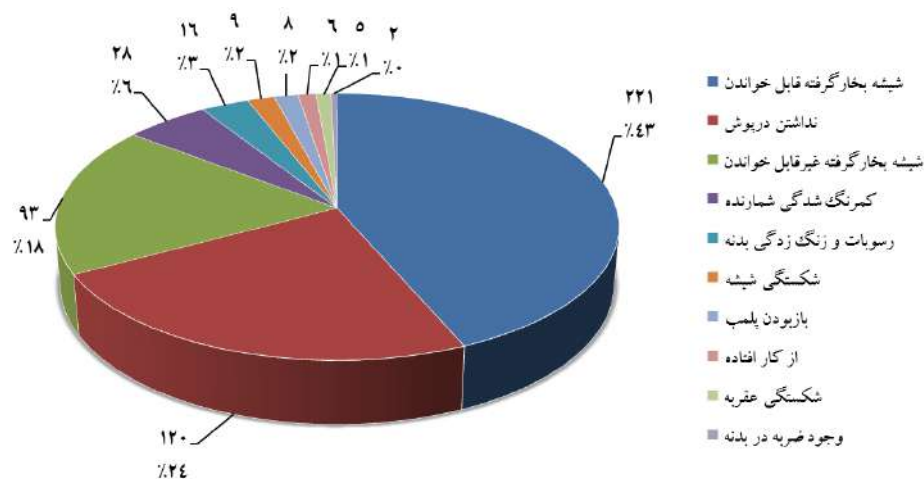


شکل ۳- فراوانی (الف) سازنده کنتور؛ (ب) اندازه کنتور؛ (ج) وضعیت نصب کنتور؛ (د) محل دقیق نصب کنتور

مشکلات موجود در کنتورها نیز به ترتیب: بخارگرفتن شیشه، نداشتن درپوش و کمرنگ شدگی شماره است.

شکل ۴ فراوانی مشکلات موجود در کنتورهای مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است اکثریت (۶۹٪) کنتورها سالم هستند و مابقی حداقل یک مشکل دارند. رایج‌ترین



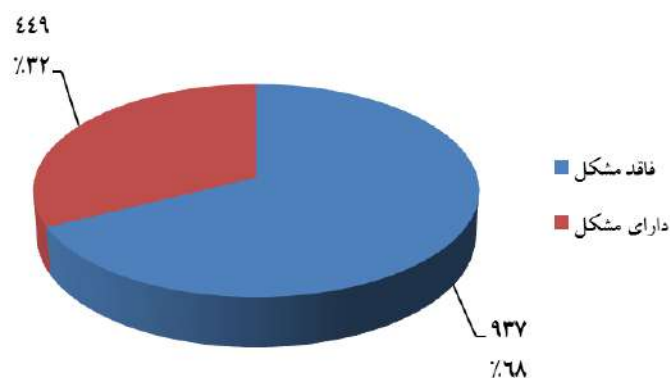


(ب)

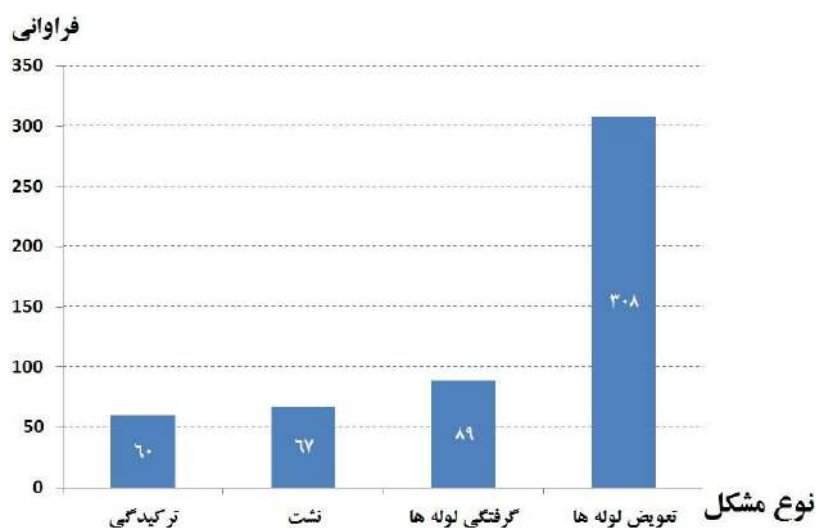
شکل ۴- فراوانی الف) سالم بودن کنتور؛ ب) جزئیات مشکلات کنتور

همچنین بخش (ج) این شکل نشان می‌دهد که چند درصد از منازل مسکونی قرار گرفته در هریک از دسته‌های عمر بنا حداقل با یکی از مشکلات فنی مواجه بوده‌اند.

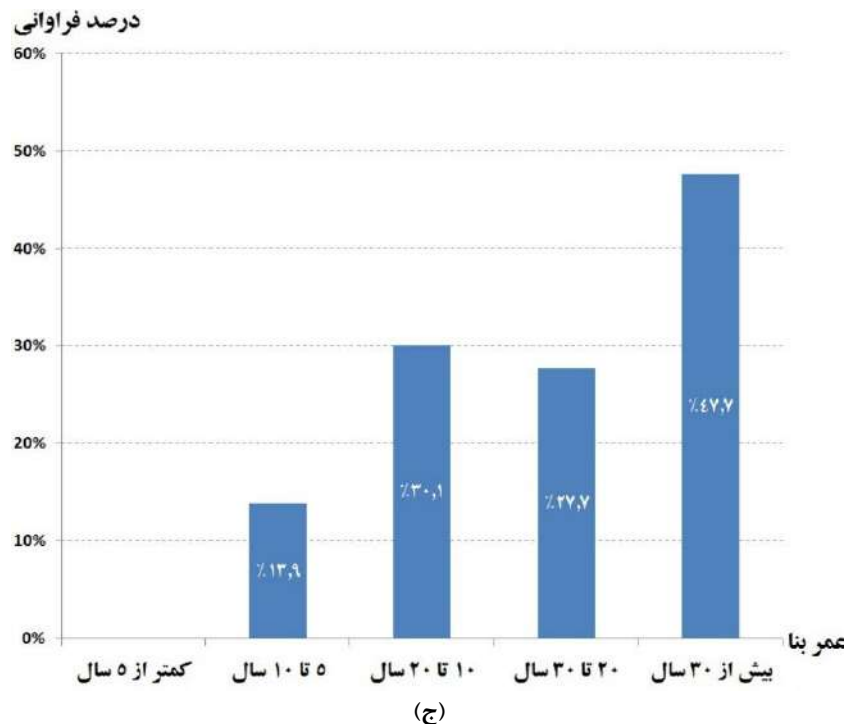
شکل ۵ فراوانی مشکلات موجود در شبکه آب و فاضلاب مشترکین را نشان می‌دهد. اکثریت (۶۸٪) فاقد مشکل هستند و رایج‌ترین مشکل، تعویض و گرفتگی لوله‌ها است. لازم به ذکر است، برخی واحدها ممکن است با دو یا چند مشکل مواجه بوده باشند.



(الف)



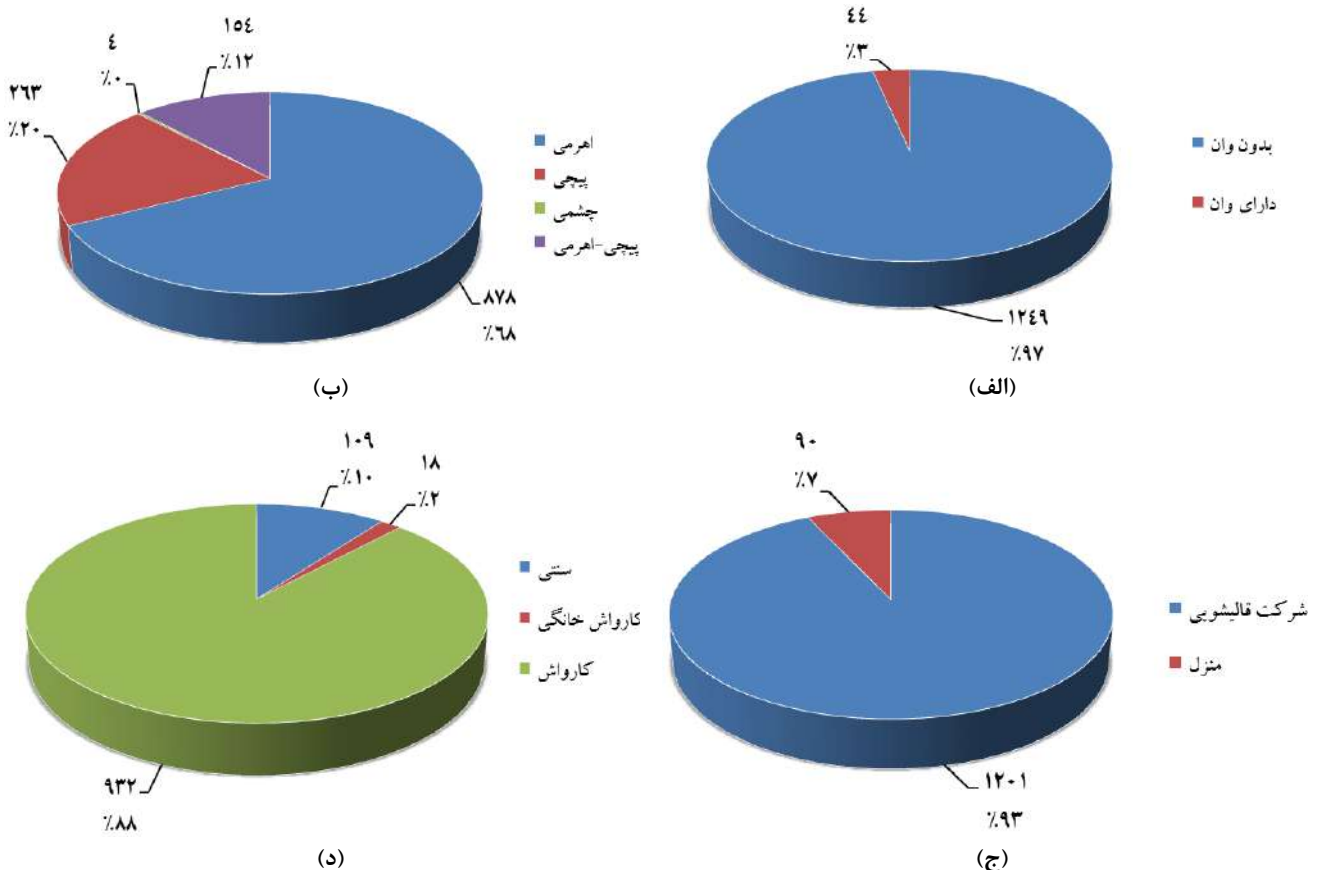
(ب)

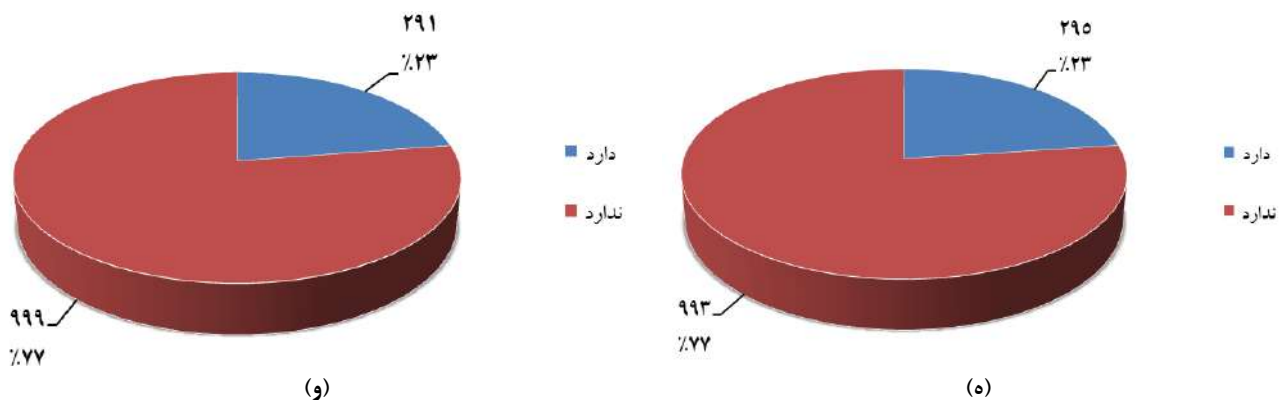


شکل ۵- وضعیت مشکلات فنی در شبکه داخلی مشترکین الف) فراوانی مواجهه یا عدم مواجهه با مشکلات فنی؛ ب) فراوانی نوع مشکلات فنی؛ ج) درصد فراوانی مشکلات فنی با توجه به عمر بنا

به ترتیب: فاقد وان حمام، دارای شیرآلات اهرمی، شستشوی قالی در شرکت‌های قالیشویی، شستشوی خودرو در کارواش، فاقد ماشین ظرفشویی و فاقد فلاش تانک است.

شکل ۶ فراوانی پارامترهای مختلف مرتبط با سبک زندگی و تاسیسات آب‌بر مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشخص است بیشترین فراوانی متعلق به مشترکین

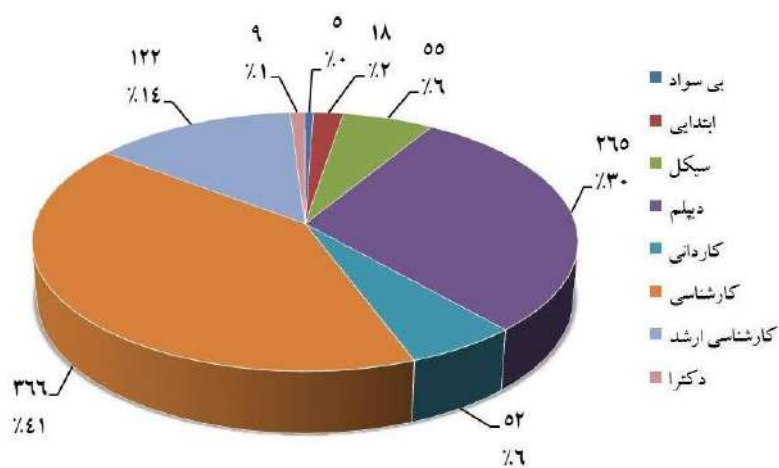




شکل ۶- فراوانی سبک زندگی (الف) وان حمام؛ (ب) نوع شیرآلات؛ (ج) نحوه شستشوی قالی؛ (د) نحوه شستشوی خودرو؛ (ه) ماشین ظرفشویی؛ (و) فلاش تانک

مقاطع کارشناسی، دیپلم و کارشناسی ارشد دارای بیشترین فراوانی هستند.

شکل ۷ فراوانی بالاترین مقطع تحصیلی اعضای خانوار مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است به ترتیب



شکل ۷- فراوانی میزان تحصیلات در بین ۱۴۰۰ مشترک

از ارائه تحلیل‌های آماری موارد زیر موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- برای تحلیل میزان مصرف مشترکین، از داده‌های مربوط به میانگین مصرف ماهیانه (خانوار)، براساس داده‌های ثبت شده در طی سال ۱۳۹۸، استفاده شده است. از آن‌جا که این مقدار، اولاً مصرف در فصول مختلف سال را در برمی‌گیرد و ثانیاً به واسطه چندین بار قرائت کنتور در طول سال حاصل شده است که در نتیجه خطای احتمالی در ثبت شماره کنتور در آن کمتر است، بهتر می‌تواند رفتار مصرفی مشترکین را نشان دهد؛
- در کلیه تحلیل‌های انجام شده، ضریب اطمینان ۰/۹۵ در نظر گرفته شده است؛
- کلیه تحلیل‌های آماری صورت گرفته، مبتنی بر آزمون‌های فرض است. بر این اساس، برای مقایسه میانگین دو نمونه آماری

۴- نتایج و بحث

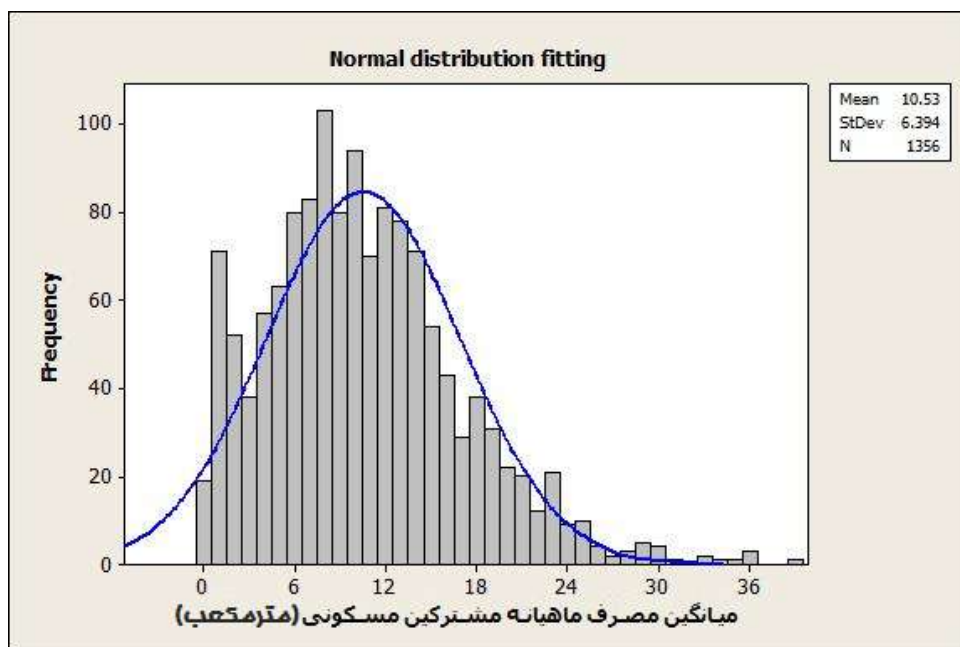
در این بخش، برخی از تحلیل‌های آماری مبتنی بر اطلاعات پرسشنامه‌های تکمیل شده با در نظر گرفتن میزان مصرف مشترکین ارائه می‌شود. هیستوگرام میانگین مصرف مشترکین و تقریب آن با توزیع نرمال در شکل ۸ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود توزیع داده‌ها زنگوله‌ای و نزدیک به توزیع نرمال (و نه دقیقاً توزیع نرمال) است. از این‌رو، طبق قضیه حد مرکزی با انتخاب یک نمونه به اندازه کافی بزرگ، توزیع میانگین مصرف مشترکین را می‌توان با تقریب بسیار خوبی با توزیع نرمال تقریب زد (Montgomery and Runger, 2018).

تحلیل‌های ارائه شده در این بخش همگی در خصوص بررسی رابطه بین میانگین مصرف مشترکین مسکونی آب و فاضلاب شهرستان اراک با ۱۵ مولفه مشخص شده در جدول ۱ است. پیش

از آزمون t استفاده شده است. برای مواردی نیز که هدف مقایسه میانگین چند نمونه آماری بوده است (مانند میانگین مصرف مشترکین با توجه به سطح درآمد یا سطح تحصیلات)، از آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده شده است. کلیه محاسبات مربوط به تحلیل‌های آماری ارائه شده، در نرم‌افزار MINITAB انجام

شده است.

با تحلیل خروجی نهایی ۱۵ آزمون آماری انجام شده، نتایج ذیل به تفکیک هر یک از مولفه‌های ۱۵ گانه مورد بررسی استخراج شد:



شکل ۸- هیستوگرام میانگین مصرف مشترکین و تقریب آن با توزیع نرمال

۱. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی ویلایی به صورت معناداری بیش از واحدهای مسکونی آپارتمانی است. این افزایش مصرف با احتمال ۹۵ درصد بین ۱/۲ تا ۳/۸ مترمکعب در ماه و به طور میانگین برابر ۲/۵ مترمکعب در ماه است؛
۲. میانگین مصرف آب واحدهای آپارتمانی دارای کننتور جداگانه (تک واحدی) با واحدهای آپارتمانی دارای کننتور مشترک (چندواحدی) تفاوت معناداری ندارد؛
۳. میانگین مصرف آب واحدهای با عمر بناهای مختلف متفاوت است. برای تحلیل این موضوع املاک مشترکین از نظر عمر بنا در ۴ دسته شامل کمتر از ۱۰ سال، ۱۰ تا ۲۰ سال، ۲۰ تا ۳۰ سال و بیشتر از ۳۰ سال طبقه بندی شد. در حالت کلی با افزایش عمر بنا میانگین مصرف روند نسبتاً افزایشی نشان داد؛
۴. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارا و فاقد حیاط با یکدیگر تفاوت معناداری ندارد؛
۵. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارا و فاقد وان حمام با یکدیگر تفاوت معناداری ندارد. مطابق پرسشنامه پروژه، در این تحلیل صرفاً داشتن یا نداشتن وان حمام و نه میزان

- استفاده از آن مدنظر قرار گرفته است. لذا ممکن است خانوارهایی دارای وان حمام باشند، اما استفاده چندانی از آن نکنند. تعداد نمونه واحدهای دارای وان حمام در این مطالعه چندان زیاد نیست (۴۴ مورد) و لذا نمی‌توان با اطمینان بالا رفتار این نمونه را به جامعه آماری موردنظر تعمیم داد؛
۶. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای آب گرم کن دیواری با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای آب گرم کن زمینی تفاوت معناداری ندارد؛
۷. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای فلاش تانک با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی فاقد فلاش تانک تفاوت معناداری ندارد؛
۸. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارا و فاقد توالت فرنگی با یکدیگر تفاوت معناداری ندارد؛
۹. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی که شستشوی اتومبیل را در منزل انجام می‌دهند از میانگین مصرف واحدهایی که به کارواش مراجعه می‌کنند، بیشتر است. این افزایش مصرف با احتمال ۹۵ درصد حداقل ۵۰ لیتر در ماه و به طور میانگین برابر یک مترمکعب در ماه است. از آنجا که مقدار P-Value

شهر اراک تکمیل و آمار توصیفی آن به صورت مفصل ارائه شد. سپس با در نظر گرفتن میزان متوسط مصرف ماهیانه آب توسط هریک از مشترکین در سال ۱۳۹۸، تاثیر یا عدم تاثیر معنادار هر یک از موارد ذکر شده بر مصرف مشترکین خانگی به صورت جداگانه تحلیل و نتایج آن ارائه شد. در جمع بندی نتایج می توان به اهم موارد به شرح زیر اشاره نمود:

۱. در بین ۱۵ مولفه مورد بررسی، فقط ۳ مولفه تفاوت معناداری بر میزان مصرف مشترکین مسکونی نشان دادند. این مولفه ها عبارتند از: ویلایی یا آپارتمانی بودن، روش شستشوی ماشین، و روش شستشوی فرش، که هر سه به سبک زندگی خانوارها برمی گردد؛
۲. بالاتر بودن میزان مصرف املاک ویلایی احتمالا به فضای سبز موجود در ملک و امکان شستشوی اتومبیل و فرش در آن مربوط است؛
۳. در حالت کلی انتظار می رود در آپارتمان های با کنتور مشترک، نسبت به وضعیتی که هر واحد کنتور جداگانه دارد، تمایل به صرفه جویی کاهش یابد که نتیجه آن مصرف بیشتر خواهد بود، اما در مطالعه حاضر نتایج بیانگر عدم تفاوت معنادار این دو با یکدیگر است. در این خصوص لازم به ذکر است که در این مطالعه، میانگین مصرف آب هر واحد مسکونی در آپارتمان های با کنتور مشترک از تقسیم کل مصرف بر تعداد واحدها تخمین زده شده است، بدیهی است چنانچه برخی از این واحدها در دوره ای از خالی از سکنه باشند، میانگین محاسبه شده کمتر از میانگین واقعی مصرف است. از طرفی به طور کلی درصدی از واحدهای آپارتمانی خالی از سکنه هستند. از این رو، به نظر می رسد نتیجه به دست آمده درخصوص این مولفه، به دلیل فوق باشد؛
۴. شستشوی اتومبیل و فرش در منزل تفاوت معناداری در میزان مصرف واحدهای مسکونی ایجاد می کنند. طبیعتا این موضوع در املاک ویلایی امکان انجام بیشتری دارد تا املاک آپارتمانی؛
۵. فرهنگ صحیح مصرف آب ارتباط زیادی به میزان درآمد و سطح تحصیلات خانوار ندارد. گرچه این پژوهش محدود به شهر اراک است اما به نظر می رسد نتایج این پژوهش در ارائه راهکار برای تمرکز بر کاهش مصرف موثر باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که سبک زندگی و نگاه مصرف کننده به مسئله آب در میزان مصرف آن بیشترین نقش را دارد که این موضوع، بیانگر اولویت ترویج و آموزش همگانی و به کارگیری ابزار تبلیغی برای نهادینه سازی فرهنگ صحیح مصرف

به دست آمده از این آزمون فاصله کمی با ۰/۰۵ دارد، باید با احتیاط به نتیجه به دست آمده نگریست. به عنوان مثال در سطح اطمینان (معناداری) ۹۷ درصد به بالا نمی توان فرض برابری میانگین ها را رد کرد؛

۱۰. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای کولر آبی با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای کولر گازی تفاوت معناداری ندارد. در کلیه تحلیل های این گزارش، از میانگین مصرف ماهیانه هر واحد در طی یک سال گذشته، به عنوان شاخص میزان مصرف آب استفاده شده است. این درحالی است که سیستم های سرمایشی تنها در ماه های گرم سال استفاده می شوند و لذا اگر میانگین مصرف ماه های گرم لحاظ می شد، ممکن بود نتیجه دیگری حاصل شود؛
۱۱. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای بخاری با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای پکیج رادیاتور تفاوت معناداری ندارد؛
۱۲. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی که شستشوی فرش را در منزل انجام می دهند از میانگین مصرف واحدهایی که آن را به شرکت های قالی شویی می سپارند، بیشتر است. این افزایش مصرف با احتمال ۹۵ درصد حداقل ۲۲۰ لیتر در ماه و به طور میانگین برابر ۱/۳ مترمکعب در ماه است.
۱۳. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای شیرآلات اهرمی با میانگین مصرف آب واحدهای دارای شیرآلات پیچی تفاوت معناداری ندارد؛
۱۴. میانگین مصرف آب خانوارهای با سطوح درآمدی مختلف تفاوت معناداری ندارد؛
۱۵. میانگین مصرف آب خانوارهای با میزان تحصیلات مختلف تفاوت معناداری ندارد.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله اثرگذاری ۱۵ مولفه در قالب ۴ بخش وضعیت ملک و تاسیسات آب بر (شامل پارامترهای ویلایی یا آپارتمانی بودن، عمر بنا، دارا بودن حیاط، دارا بودن وان حمام، نوع آب گرم کن، دارا بودن فلاش تانک، دارا بودن توالت فرنگی، سیستم سرمایش و گرمایش، نوع شیرآلات)، وضعیت کنتور (مجزا و مشترک)، سبک زندگی (روش شستشوی اتومبیل و فرش) و وضعیت خانوار (درآمد و تحصیلات) بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک بررسی و به صورت آماری تحلیل شد. ابتدا به تعداد ۱۴۰۰ فرم شامل اطلاعات ذکر شده، از مشترکین در محله های مختلف

۱۶-۲۳.

شهیدی، ع.، خاشعی سیوکی، ع.، و زراعتکار، ز.، (۱۳۹۷)، "بررسی راهبردهای موثر بر مدیریت تقاضای آب شرب شهر بیرجند"، *مجله آب و فاضلاب*، ۳۰(۱)، ۱۳۰-۱۳۵.

دهقان، ح.، و پوررضا کریم‌سرا، ن.، (۱۳۹۵)، "عوامل مؤثر بر سرانه مصرف آب خانواده‌های تهرانی"، *فصلنامه راهبرد*

اجتماعی فرهنگی، ۵(۱۹)، ۲۴۵-۲۶۸.

Garcia, X., Ribas, A., Llausàs, A., and Saurí, D., (2013), "Socio-demographic profiles in suburban developments: Implications for water-related attitudes and behaviors along the Mediterranean coast", *Applied Geography*, 41, 46-54.

Montgomery, D.C., and Runger, G.C., (2018), *Applied statistics and probability for engineers*, John Wily and Sons, New Jersey.

Rathnayaka, K., Maheepala, S., Nawarathna, B., George, B., Malano, H., Arora, M., and Roberts, P., (2014), "Factors affecting the variability of household water use in Melbourne, Australia", *Resources, Conservation and Recycling*, 92, 85-94.

Willis, R.M., Stewart, R.A., Giurco, D.P., Talebpour, M.R., and Mousavinejad, A. (2013), "End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices", *Journal of Cleaner Production*, 60, 107-115.



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

آب باشد که باید در دستور کار شرکت‌های آب و فاضلاب شهری قرارگیرد. همچنین تمرکز بر رفتارشناسی و ابعاد شخصیتی مصرف‌کنندگان نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی مدنظر قرارگیرد.

۶- قدردانی

این مقاله از پروژه پژوهشی تحت‌عنوان "بررسی، تعیین و تدوین مدل و مشخصات بهینه نوع کنتورهای مشترکین در شهر اراک" که با حمایت شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی درحال انجام است استخراج شده است که به‌این وسیله از حمایت‌های این شرکت تشکر و قدردانی می‌شود.

۷- پی‌نوشت‌ها

1- Water Conservation Attitudes

۸- مراجع

احمدی، س.، میرفردی، ا.، و زارعی، ق.، (۱۳۹۲)، "بررسی رابطه مسولیت‌پذیری و گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب"،

مجله جامعه شناسی کاربردی، ۲۴(۲)، ۱۸۵-۲۰۰.

بازدار، م.، گودینی، ح.، طراحی، م.، زارع، س.، یاراحمدی، م.، محمدیان ظفرآبادی، ج.، و احمدی فرد، ط.، (۱۳۹۵)، "بررسی تاثیر آموزش بر میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در شهر خرم‌آباد در سال ۱۳۹۴"، *مجله مهندسی بهداشت محیط*، ۴(۱)، ۹-۱.

تابش، م.، علی باریانی، ا.، متولیان، س.، روزبهانی، ع.، و بیگی، س.، (۱۳۹۶)، "رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP): مطالعه موردی، شهر تهران"، *نشریه مهندسی عمران/میرکبیر*، ۴۹(۱)، ۴۷-۵۶.

خلفی، ع.، شیرینی، ق.، و پوراشرف، ی.، (۱۳۹۵)، "بررسی الگوی مصرف آب خانگی با رویکرد بخش‌بندی مصرف‌کنندگان (مطالعه موردی: مصرف‌کنندگان آب خانگی شهرستان ایلام)"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۹(۲)، ۵۹-۶۷.

شاهنگیان، س.ا.ر.، تابش، م.، صفریور، ه.، خاشعی، م.، و عباسی، م.، (۱۳۹۹). "الزامات و ضرورت‌های ارائه یک چارچوب یکپارچه و جامع در ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضای آب شهری"، *مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب*، ۵(۴)،

Research Paper

مقاله پژوهشی

Investigation of Nematode Removal by Units of Pardis Drinking Water Treatment Plant

بررسی حذف نماتد توسط واحدها و یکان‌های تصفیه‌خانه آب شرب پردیس

Farzanreh Faridirad^{1*}, Masoomeh Gholinazhad²,
Fatemeh Tabrizi³ and Noormohammad Salabarzi⁴

فرزانه فریدی‌راد^{۱*}، معصومه قلی‌نژاد^۲، فاطمه تبریزی^۳ و نورمحمد
سلابرزی^۴

1- Ph.D. of Polymer Engineering, Quality Control Expert
of Pardis Drinking Water Treatment Plant, East Tehran
Water and Wastewater Company, Tehran, Iran.

۱- دکترای مهندسی پلیمر، کارشناس کنترل کیفی تصفیه‌خانه آب شرب
پردیس، شرکت آب و فاضلاب شرق استان تهران، تهران، ایران.

2- M.Sc. of Biotechnology, Biological Lab Expert, East
Tehran Water and Wastewater Company, Tehran, Iran.

۲- کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی، کارشناس آزمایشگاه بیولوژی، شرکت آب و
فاضلاب شرق استان تهران، تهران، ایران.

3- M.Sc. in Environmental Engineering, Chemical Lab
Expert, East Tehran Water and Wastewater Company,
Tehran, Iran.

۳- کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، کارشناس آزمایشگاه شیمی
فیزیک، شرکت آب و فاضلاب شرق استان تهران، تهران، ایران.

4- B.Sc. in Chemical Engineering, Chemical Lab Expert,
East Tehran Water and Wastewater Company, Tehran,
Iran.

۴- کارشناسی مهندسی شیمی، کارشناس آزمایشگاه تصفیه‌خانه آب شرب
پردیس، شرکت آب و فاضلاب شرق استان تهران، تهران، ایران.

*Corresponding Author, Email: faridyrad.f@gmail.com

* نویسنده مسئول، ایمیل: faridyrad.f@gmail.com

Received: 17/08/2020

Revised: 14/01/2021

Accepted: 27/01/2021

© IWWA

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۸

© انجمن آب و فاضلاب ایران

Abstract

چکیده

Nematodes are biological creatures with different kinds of species. According to the sources, the main reason for their low removal efficiency against disinfection, is their high rotational movements. Sand filters are the best place for their growth and reproduction. Therefore the best way to increase the removal efficiency of nematodes, is to inactivate them before their entrance into the sand filters and appropriate washing. In Pardis water treatment plant by increasing the nematodes after passing through a critical duration and increasing the turbidity of entrance water up to 300 NTU, caused from Jajoroud flooding, some actions were taken place such as frequent back-washing of filters, Chlorine shock, washing by perchlorine in different concentrations from 35-200 ppm. For this research, samples were taken from different indicator points of plant during 9 days. Then biological and physical chemistry analysis were taken place in order to detect the presence or absence of zooplanktons, specially nematodes in the treated water, and investigating the effect of flooding on physical and chemical quality of the water. After taking the above-mentioned actions and resampling during 4 days, from indicator points, the results showed that there were not any nematodes in the treated water and also the removal efficiency of the filters was raised up to 99% which was more than the literatures. These works have been done in order to remove the nematodes or prevent them from entering to the reproductive phase. The experimental analysis have been discussed in this research.

نماتدها از جمله موجودات بیولوژیکی هستند که تنوع زیادی دارند. براساس مطالعات میکروسکوپی قدرت حرکت نماتدها عمده‌ترین علت پایین بودن کارایی حذف آن‌ها در مقابل گندزدایی است. صافی‌ها می‌تواند بستر مناسبی برای زاد و ولد آن‌ها باشند. بنابراین با غیرفعال‌سازی نماتدها قبل از ورود به صافی‌ها و شستشوی مناسب، متوسط کارایی حذف نماتدها به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. در تصفیه‌خانه آب پردیس با مشاهده افزایش نماتد پس از یک‌دوره بحران و ورود آب ناشی از سیلاب رودخانه جاجرود، با کدورت بالا (حدود ۳۰۰ NTU) در صدد رفع این مشکل، آزمون‌ها و اقداماتی شامل: شستشوی صافی‌ها، شوک کلر و شستشو با پرکلرین در غلظت‌های ۳۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ppm انجام شد. به این منظور نمونه‌گیری از نقاط شاخص تصفیه‌خانه در یک دوره ۹ روزه انجام پذیرفت و آزمون‌های بیولوژیکی، به‌منظور شناسایی حضور زئوپلانکتون‌ها (به‌خصوص نماتد) و آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی، به‌منظور بررسی اثر این بحران بر خواص شیمی فیزیک آب، بر روی نمونه‌ها صورت گرفت. بعد از انجام اقدامات مذکور و نمونه‌گیری مجدد به مدت ۴ روز، نتایج حاکی از عدم حضور نماتد در خروجی صافی‌ها بود، درضمن درصد حذف و کارایی صافی‌ها به بیش از ۹۹ درصد رسید که بیشتر از مقادیر گزارش شده در منابع بود. این مطالعه به‌منظور متوقف کردن مراحل مختلف رشد نماتدها و جلوگیری از ورود آن‌ها به فاز تکثیر انجام شد. روش‌های مذکور با توجه به نتایج آزمایشگاهی مربوط به نمونه‌های برداشت شده از بخش‌های مختلف تصفیه‌خانه برای حذف نماتد کارایی مشابه نداشتند.

Keywords: Nematode, Water treatment plant, Sand filters, Chlorine shock.

کلمات کلیدی: نماتد، تصفیه‌خانه آب، صافی‌های شنی، شوک کلر.

نماتدها تنها از طریق فیلترهای شنی به دام می‌افتند و می‌توان از ورود آن‌ها به آب پاک جلوگیری کرد (James, 2017). در خصوص روش‌هایی از جمله تخلیه الکتریکی (Dematte, 1993) و فیلتراسیون از طریق بهینه‌سازی سایز حفرات و تخلخل بستر و یا مقایسه صافی‌های شنی تند و کند در حذف نماتدها (Van Os, 1999) بررسی‌هایی صورت گرفته است. همچنین استفاده از هیدروژن پراکسید (Runia, 1996) و ازن‌زنی (Moenos, 1991) بعد از فیلتراسیون به منظور کنترل تعداد نماتدها در آب خروجی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. وجود بستر دو لایه صافی نسبت به بستر تک‌لایه به سبب زمان ماند بیشتر بار بیولوژی و به دلیل تخلخل بالاتر یک حسن محسوب می‌شود. بنابراین بهتر است در طراحی صافی‌ها از بستر حداقل دو لایه استفاده شود. افزایش تعداد لایه‌ها منجر به افزایش راندمان حذف می‌شود (رشیدی مهرآبادی، ۱۳۸۳؛ ۱۳۸۵).

در بسیاری از کشورها کمر به دلیل ارزان و موثر بودن، برای کاهش یا حذف میکروارگانیسم‌هایی که مسئول بیماری‌های منتقله از طریق آب هستند به آب اضافه می‌شود. کمر می‌تواند در مدت ۳ دقیقه و غلظت ۰/۲ میلی گرم در لیتر اکثر ارگانیسم‌های بیماری‌زا برای انسان را به طور موثر غیرفعال کند (رشیدی مهرآبادی، ۱۳۸۳) در استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مطلوب کمر آزاد باقی‌مانده در هر نقطه از شبکه بعد از نیم‌ساعت زمان تماس در شرایط عادی ۰/۲ تا ۰/۸ میلی گرم بر لیتر با توجه به pH و در شرایط اضطراری و همه‌گیری‌های بیماری‌های روده‌ای و بلایای طبیعی باید ۱/۵ میلی گرم بر لیتر باشد (میرانزاده، ۱۳۸۷) کدورت آب به عنوان یک فاکتور موثر روی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی با حمایت از رشد و بقای میکروارگانیسم‌ها یا کاهش راندمان کمر در تصفیه آب مطرح است (Sadri, 2018). در پژوهشی با هدف ارزیابی فرایند فیلتراسیون و عملکرد فیلترهای شنی تصفیه‌خانه آب اصفهان، بررسی کدورت و شمارش زئوپلانکتون‌ها پس از شستشوی معکوس طی ۴ ماه انجام شد. میانگین تغییرات کدورت و شمارش زئوپلانکتون‌های نماتد و روتیفر در زمان‌های مختلف بعد از شستشوی معکوس مورد بررسی قرار گرفت. نقطه شکست کدورت و کاهش زئوپلانکتون‌ها بعد از زمان ۱۵ تا ۲۰ دقیقه شستشوی معکوس رخ داد. طبق نتایج این مطالعه برای محدود شدن تعداد ذرات معلق و ارگانیسم‌ها در آب خروجی بهتر است فیلتر ۲۰ دقیقه بعد از شستشوی معکوس در مدار قرار گیرد (عطابخش، ۱۳۹۶). Casas (2018) در مورد اثربخشی فیلتراسیون همراه با تابش UV-C در دماهای پایین به منظور حذف و غیرفعال‌سازی زئوپلانکتون‌ها

نماتدها کرم‌های صاف با بدن لوله‌ای کشیده‌ای، بی‌رنگ، سیلندری شکل، نرم و بسیار کوچک هستند، به طوری که طول آن‌ها به ندرت بیشتر از ۱/۱۶ اینچ می‌شود. آن‌ها در حال حاضر در سراسر جهان در آب‌های شیرین، لب شور، شور و همچنین در خاک زندگی می‌کنند. نماتد آب شیرین به عنوان هرگونه نماتد ساکن آب شیرین یا خاک باتلاقی غیر لب‌شور در زیر سطح آب تعریف شده‌اند. نماتدها در مقابل کلر زنی بسیار مقاومند. مقاومت آن‌ها چندین برابر باکتری‌ها و حتی بیشتر از کیست ژیا ردیا است. به طوری که غلظت و زمان تماس گندزدایی که طبق استانداردها و قوانین تصفیه آب‌های سطحی برای حذف ژیا ردیا به کار می‌رود برای حذف و جداسازی نماتدها موثر نیست (Kau, 1995). نماتدهای آب شیرین Bactivorius در فیلترهای شنی تکثیر می‌یابند و می‌توانند پاتوژن‌های روده‌ای انسان را بخورند که پس از کلریناسیون می‌توانند در بدن نماتد زنده بمانند. بسیاری از نماتدهای آبی یک ماده مترشحه چسبناک به وسیله یک اندام تارساز که در نوک دمشان وجود دارد، تولید می‌کند این ترشحات موقتاً نماتد را به یک بستر می‌چسباند که می‌تواند بدون دخالت جریان آب عمل نمایند. نماتدها می‌توانند در انتقال برخی قارچ‌ها و باکتری‌های بیماری‌زا نظیر سالمونلا و شیگلا دخالت نمایند ولی تنها در مورد برخی ویروس‌ها به عنوان ناقل واقعی شناخته شده‌اند (معمارزاده، ۱۳۸۹؛ بانژاد، ۱۳۸۷).

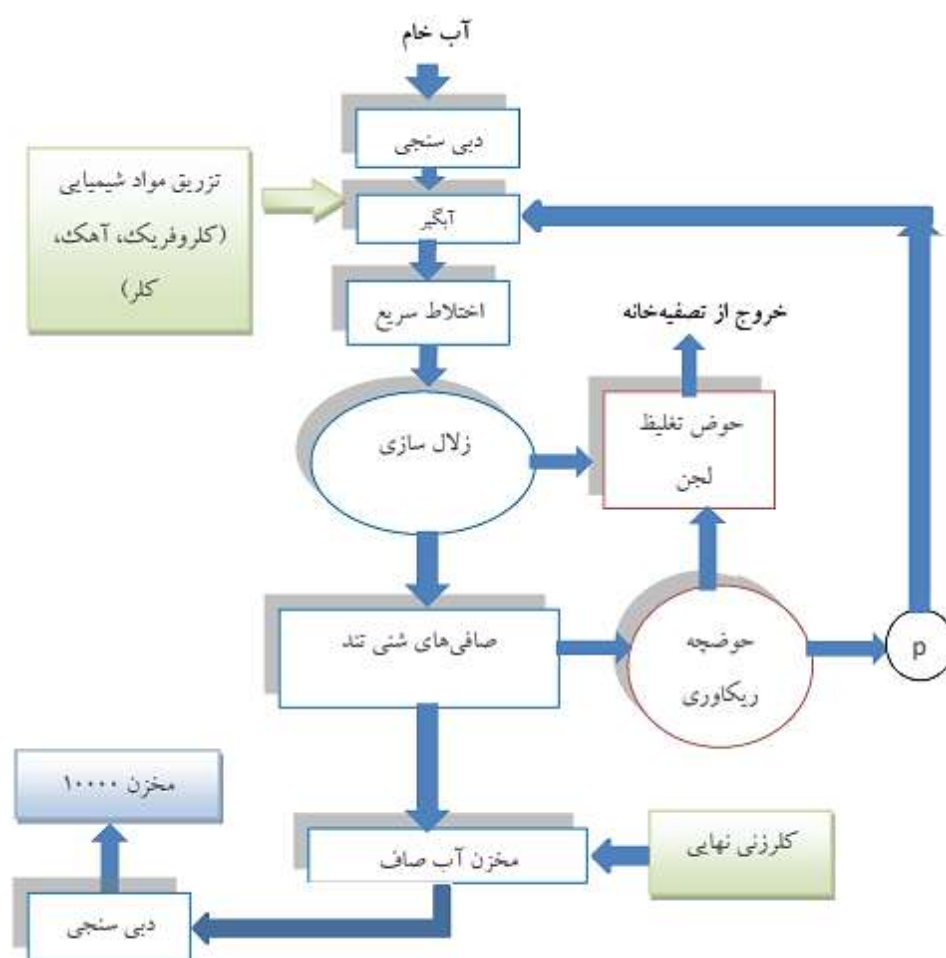
نماتدهای ماده از نرها بزرگتر هستند. قسمت انتهایی دم آن‌ها به صورت تیز و انتهای سر حالت گردشده‌گی دارد (شکل ۱). بدن در قسمت وسط پهن‌تر است، زنده‌زا بوده و نوزادان به سرعت زیاد می‌شوند. تخم‌ها در بدن ماده‌ها به راحتی در زیر میکروسکوپ دیده می‌شوند زیرا تخم‌های آن‌ها شفاف هستند. نرها اندام تولید مثلی داخلی ندارند و به این واسطه از ماده‌ها تشخیص داده می‌شوند. کلاً بیشتر حجم بدن این کرم توسط اندام تولید مثلی اشغال شده است. بدن این کرم از ۷۶٪ آب و ۲۴٪ ماده خشک تشکیل شده است. از ۲۴٪ ماده خشک، ۴۰٪ پروتئین و ۲۰٪ چربی است (مرتضایی، ۱۳۸۵).



شکل ۱- تصویری از نماتد آبی (مرتضایی، ۱۳۸۵)

۲ نشان داده شده است. این تصفیه‌خانه شامل واحدهای حوضچه آب خام، حوضچه اختلاط مواد شیمیایی و آب خام ورودی، زلال‌ساز از نوع پولساتور و فیلتراسیون به‌وسیله ۴ صافی تند شنی است. منابع تامین‌کننده آب خام ورودی تصفیه‌خانه آب شرب پردیس، آبرگیر سد لتیان و ۵ حلقه چاه فلمن اطراف آن است که پس از عبور از سه ایستگاه پمپاژ و کلر زنی اولیه در ایستگاه پمپاژ ۱ وارد تصفیه‌خانه می‌شود. مواد منعقدکننده و تنظیم‌کننده pH در این تصفیه‌خانه کلروفریک و آهک هستند که مقادیر بهینه تزریقات از طریق آزمون جار تست تعیین می‌شود.

مطالعه کردند. پاسخ‌دهی این روش در دو محدوده اندازه میکروارگانیسم‌ها در رنج دماهای مختلف به اثبات رسید و نتایج نشان داد فرایند فیلتراسیون همراه با تابش UV-C در دماهای پایین موثر تر واقع شد. در مطالعه‌ای دیگر توسط Peng (2019) اثر حذف زئوپلانکتون‌ها با استفاده از لخته‌سازی از طریق خاک رس بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد لخته‌های خاک رس به‌طور قابل توجهی سیانوباکتر بایومس را حذف کرده و غلظت مواد مغذی شامل نیتروژن، نیترات، آمونیاک، فسفر کل را کاهش داد و از طرفی منجر به غیرفعال شدن و حذف زئوپلانکتون‌ها شد. شمایی از فلودیگرام تصفیه‌خانه آب شرب پردیس در شکل



شکل ۲- فلودیگرام فرایند تصفیه در تصفیه‌خانه آب شرب پردیس

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق با توجه به اهمیت صافی‌ها در تصفیه آب‌های سطحی، کارایی صافی‌ها تحت شرایط سیلابی شدن آب ورودی با کدورت بالا برای کاهش و حذف نماتدها مورد ارزیابی قرار گرفته

در تصفیه‌خانه آب پردیس با مشاهده افزایش نماتد پس از یک دوره بحران و ورود آب با کدورت بالا در صدر رفع این مشکل، آزمون‌ها و اقداماتی شامل: شستشوی صافی‌ها، شوک کلر و شستشو با پرکلرین در غلظت‌های مختلف انجام شد. این کار به‌منظور متوقف کردن مراحل مختلف رشد نماتدها و جلوگیری از ورود آن‌ها به فاز تکثیر انجام شد.

قبل از اضافه کردن محلول‌ها به بستر صافی عملیات بک‌واش (شستشوی معکوس صافی) صورت‌گرفت. سپس محلول‌های ساخته شده به‌طور جداگانه به صافی‌ها که تا محل سرریز از آب پر شده‌اند اضافه شد. زمان ماند بستر صافی در هریک از محلول‌های ساخته شده به‌مدت ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. در طی این مدت به‌دلیل نفوذ آسان‌تر محلول پرکلرین ساخته شده در میان خلل و فرج دانه‌بندی و مصالح صافی‌ها عملیات هوادهی دو مرتبه به فاصله هر ۱۰ ساعت یک‌بار انجام شد. بعد از ۲۴ ساعت عملیات بک‌واش مجدد انجام گرفت، تا حدی که میزان کلر خروجی به حد مجاز ۱ ppm برسد. در این شرایط صافی وارد مدار شد و قابل بهره‌برداری بود.

در روش شوک کلر یا کلرزنی در حد اشباع مقدار زیادی کلر به‌صورت ناگهانی به صافی‌ها اضافه شد تا جلبک‌ها، باکتری‌ها و کدورت آب را از بین ببرند. در این روش کلر پسماند موجود در آب به ۲ تا ۴ برابر مقدار متداول آن افزایش یافت. علت کلرزنی در حد اشباع آن است که حتی زمانی که کلر باقی‌مانده در محدوده مناسب نگهداری می‌شود، به‌دلیل وجود اجزای دیگری مثل آمونیاک، مقدار کلر آزادی که باعث از بین بردن عوامل بیولوژیکی می‌شود، کاهش می‌یابد که یعنی در این شرایط حتی پس از آزمایش آب خروجی و مشخص شدن بالا بودن مقدار کلر موجود در آب، باز هم مشکلاتی مثل رشد نماتدها در آب وجود دارد.

لازم به توضیح است محدوده غلظت کلر آب ورودی به تصفیه‌خانه به‌صورت معمول و در طول تمامی مراحل تحقیق در حدود ۰/۲-۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. در ضمن نمونه‌برداری از آب خام ورودی، خروجی هر صافی و خروجی کل صافی‌ها و پولساتور در یک بازه زمانی ۹ روزه به فاصله زمانی یک‌ساعت یک‌بار، انجام شد.

روش‌های ذکر شده با توجه به نتایج آزمایشگاهی مربوط به نمونه‌های برداشت شده از بخش‌های مختلف تصفیه‌خانه برای حذف نماتد کارایی مشابه نداشتند. از این بین با توجه به رفتار صافی‌ها شستشوی مکرر توانست مطلوب‌ترین نتیجه را ارائه دهد. روش‌های شوک کلر و شستشو با پرکلرین تا حدودی تنها منجر به غیرفعال شدن نماتدها شد که این اثر در مشاهدات مربوط به آزمون بیولوژی نمونه‌ها بارز است که نماتدهای غیرزنده در زیر میکروسکوپ مشاهده شده است. در ادامه با کاهش زمان شستشو تعداد نماتدهای بی جان نیز کاهش و تقریباً حذف شد. بعد از غیرفعال‌سازی و حذف نماتدها نمونه‌گیری به‌مدت ۴ روز از خروجی آب پولساتور (قبل از صافی‌ها) و خروجی از صافی‌ها

است. در فرودین ماه سال ۱۳۹۸ در اثر بارش‌های سیل‌آسا و فراگیر در کل کشور اغلب تصفیه‌خانه‌ها از جمله تصفیه‌خانه آب شرب پردیس با مشکل افزایش ناگهانی کدورت و تغییرات شدید سایر پارامترهای کیفی در آب خام ورودی مواجه شد. با ورود آب خام با کدورت بالای ۳۰۰ NTU، حجم بار بیولوژیکی ورودی به تصفیه‌خانه آب شرب پردیس افزایش یافت و همچنین میزان مواد منعقدکننده مورد استفاده برای انعقاد و ته‌نشینی مواد معلق با توجه به آزمون جار افزایش قابل‌توجهی یافت. میزان کدورت آب ورودی به صافی‌ها حدود ۶-۷ برابر شرایط عادی گزارش شد که منجر به تحمیل بار بیولوژیکی سنگین به صافی‌ها شد. همین امر منجر به ایجاد بستر مناسبی در صافی‌ها به‌منظور رشد و تکثیر نماتدها و افزایش شمار آن‌ها در آب خروجی از صافی‌ها شد. بنابراین در چنین شرایطی، به‌منظور غیرفعال‌سازی و حذف نماتدها اصلی‌ترین و موثرترین روش ایجاد تغییرات بهینه در بستر صافی‌ها است که عمل فیلتراسیون را انجام می‌دهند. به‌همین دلیل هدف اصلی این تحقیق بر روی بخش فیلتراسیون و فرایندی که در بستر صافی‌ها رخ می‌دهد متمرکز بوده و بر روی سایر واحدهای فرایندی از جمله پولساتور و یا حوضچه اختلاط مطالعاتی انجام نگرفت (با توجه به اینکه تعداد نماتدها در آب خام ورودی و خروجی پولساتور قابل توجه نبودند).

در ادامه این تحقیق با استفاده از روش‌ها و اقداماتی از جمله افزایش کنترل شده میزان غلظت کلر در آب ورودی، شستشوی صافی‌ها با استفاده از پرکلرین و کاهش زمان شستشوی صافی‌ها و پایش مستمر آزمون‌های بیولوژی و ... در خصوص بازگشت به شرایط عادی اقدام شد. در روش شستشو با پرکلرین ابتدا صافی موردنظر به‌طور کامل از مدار خارج شد. با توجه به حجم محاسبه شده آب داخل هر صافی، غلظت‌های مختلف از محلول پرکلرین، از طریق انحلال مقدار تعیین شده برحسب میلی‌گرم در لیتر پرکلرین در آب گرم آماده شد. پرکلرین به صورت جامد بوده و به‌راحتی در آب گرم حل می‌شود. از رابطه (۱) به‌منظور محاسبه مقدار جرم پرکلرین برای ساخت محلول‌های با غلظت‌های مختلف استفاده شد.

$$\frac{C \times V}{\text{purity}\%} = m \quad (1)$$

که C : غلظت برحسب (g/m^3) ، V : حجم کل بستر همراه با آب درون آن (m^3) و purity : درصد خلوص پرکلرین هستند. با توجه به سازه مربوط به صافی (ابعاد بستر و همچنین حجم آب روی صافی‌ها و پایین صافی‌ها) حجم در این رابطه محاسبه شده و سپس برحسب حجم غلظت‌های موردنظر به‌دست آمدند.

صورت پذیرفت و کیفیت نمونه‌ها از لحاظ عوامل بیولوژیکی به‌منظور بررسی کارایی صافی‌ها مورد پایش قرار گرفت.

۱-۲- بخش آزمایشگاهی

مواد و تجهیزات به‌کار گرفته شده در این تحقیق به‌منظور انجام آزمایشات بیولوژی و شیمی فیزیک عبارتند از: لام و لامل برای قراردادن نمونه تهیه‌شده و بررسی آن، سمپلر ۱ میلی‌لیتر، بشر ۵۰ سی‌سی، دستگاه پمپ خلاء به‌همراه ارلن خلاء، کاغذ صافی ۰/۸ میکرون، میکروسکوپ، کدورت‌سنج، کلرسنج، pH متر، دستگاه هدایت‌سنج، دستگاه DO سنج، دستگاه سنجش آهن، بورت، معرف فنول فتالئین، معرف برموکروزول، معرف موراکساید، معرف آهن، اسیدکلریدریک ۰/۰۱ نرمال، EDTA، NaOH.

۲-۲- آزمون بیولوژی

نمونه‌برداری مطابق با دستورالعمل نمونه برداری آب در آزمایشگاه بیولوژی به شماره سند WI-BI-08 و بند 10200B استاندارد متد ۲۰۱۷ (Baird, 2017; AWWA, 2002) از ورودی، پولساتور، صافی‌ها و خروجی کل تصفیه‌خانه توسط کارشناسان آزمایشگاه انجام شد. به‌منظور تعیین تعداد نماتدها در نمونه‌های آب جمع‌آوری شده، برای نمونه‌های خروجی و صافی‌ها ۳ لیتر از نمونه و برای نمونه مربوط به ورودی و پولساتور یک لیتر از نمونه جمع‌آوری شده توسط فیلتر کاغذی با اندازه حفره ۳ میکرون از طریق ست فیلتراسیون و پمپ خلاء صاف شد. نمونه باقی‌مانده بر روی صافی با یک سی‌سی آب مقطر به‌وسیله سمپلر شستشو داده شد و آماده‌سازی آن بر روی لام بیولوژی مخصوص آزمون آب (سدویک رفر) به‌منظور مشاهده از طریق میکروسکوپ صورت گرفت. از طریق شمارش نماتدهای موجود در کل لام، در نهایت تعداد نماتد برحسب تعداد در یک لیتر گزارش شد.

در خصوص اندازه‌گیری تعداد فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها (به جز نماتد) روش کار به‌همین صورت بود، با این تفاوت که برای نمونه‌های خروجی و صافی‌ها یک لیتر و برای نمونه‌های ورودی و پولساتور ۲۵۰ سی‌سی از نمونه جمع‌آوری شده با فیلتر کاغذی ۰/۸ میکرون توسط دستگاه ست فیلتراسیون و پمپ خلاء صاف شد. با شمارش عوامل بیولوژیکی به‌صورت خطی و یا کل لام، در نهایت تعداد فیتوپلانکتون‌ها برحسب تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر و زئوپلانکتون‌ها برحسب تعداد در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد.

۳-۲- آزمایش‌های مربوط به شیمی فیزیک

اندازه‌گیری میزان کدورت: میزان کدورت با استفاده از دستگاه

کدورت‌سنج 2100Q از شرکت سازنده HACH اندازه گرفته شد.

اندازه‌گیری میزان کلر آزاد باقی‌مانده: میزان کلر آزاد باقی‌مانده در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کلرسنج پرتابل EXACT اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان pH: توسط دستگاه Metrohm744 اندازه‌گیری شده است.

اندازه‌گیری میزان قلیائیت: ۲۵ سی‌سی از نمونه صاف شده را داخل ارلن ۲۵۰ سی‌سی ریخته و به آن ۲-۵ قطره برموکروزول اضافه شد تا رنگ نمونه آبی شود. سپس نمونه با اسید کلریدریک N/50 تیترا شد تا رنگ سبز ایجاد شود. آخرین قطره‌ای که باعث می‌شود رنگ نمونه تغییر کند در دقت آزمایش بسیار مهم است. سپس حجم اسید مصرف شده یادداشت و از روی این عدد مقدار $\text{CaCO}_3 \text{ mg/l}$ به‌دست آمد.

اندازه‌گیری میزان کلسیم: ۲۵ سی‌سی از نمونه صاف شده داخل ارلن ۲۵۰ سی‌سی ریخته و به اندازه نوک اسپاتول به آن معرف موراکساید و ۲ سی‌سی سود نرمال اضافه شد. سپس نمونه با EDTA ۰/۰۱ نرمال تیترا شد تا رنگ ارغوانی ایجاد شود. آخرین قطره‌ای که باعث می‌شود رنگ نمونه تغییر کند در دقت آزمایش بسیار مهم است. سپس حجم EDTA مصرف شده، یادداشت و از روی این عدد مقدار mg/l کلسیم با توجه به بند $\text{Ca}-3500$ استاندارد متد ۲۰۱۷ (Baird, 2017; AWWA, 2002) به‌دست می‌آید.

اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی: اندازه‌گیری هدایت الکتریکی توسط دستگاه HQ14d از شرکت HACH انجام شده است.

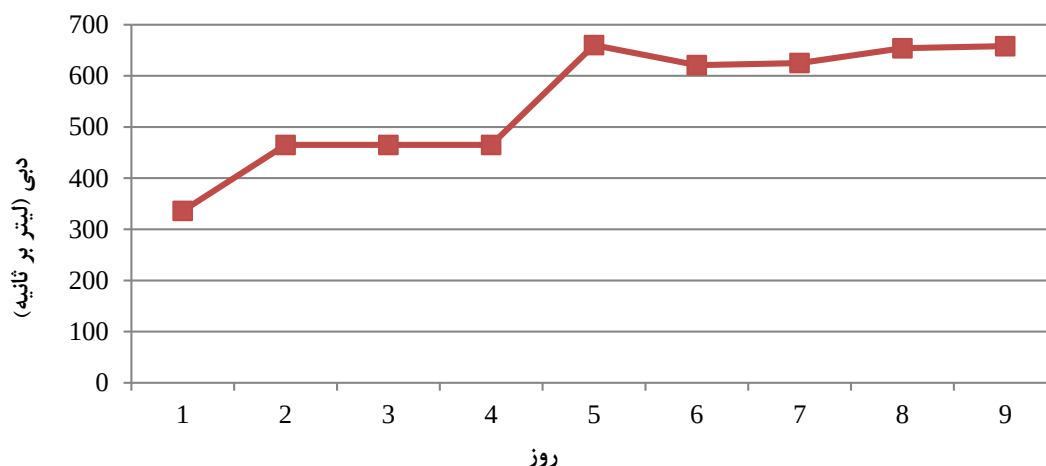
۳- نتایج و بحث

در تصفیه‌خانه آب شرب پردیس به‌منظور حذف بیولوژیکی از صافی‌های دولایه استفاده می‌شود. این صافی‌ها دارای دو نوع دانه‌بندی بوده که شامل آنتراسیت و سیلیس است. مشخصات کلی مواد محیط بستر صافی‌های تصفیه‌خانه آب شرب پردیس در جدول ۱ ارائه شده است

جدول ۱- مشخصات کلی مواد محیط بستر صافی‌ها

ردیف	جنس لایه	دامنه اندازه ذرات (mm)	ارتفاع گرانول کف صافی (سانتیمتر)
۱	آنتراسیت	۱/۸-۰/۸	۴۰
۲	سیلیس دانه ریز	۰/۸-۰/۳۵	۶۰
۳	سیلیس دانه درشت	۴-۲	۱۰

افتاده می‌شود. اثرات این پدیده در روزهای بعد با اندازه‌گیری تعداد نمادهای موجود در خروجی و صافی‌ها مشاهده شد. از آنجایی که در تعداد نماد آب خام ورودی تغییر محسوسی مشاهده نشد، علت این افزایش نماد را صافی‌ها دانسته و برای رفع این مشکل اقدام شد (Elmelko, 2003). شکل ۳ دبی آب ورودی به تصفیه‌خانه در روزهای مختلف نشان داده شده است.



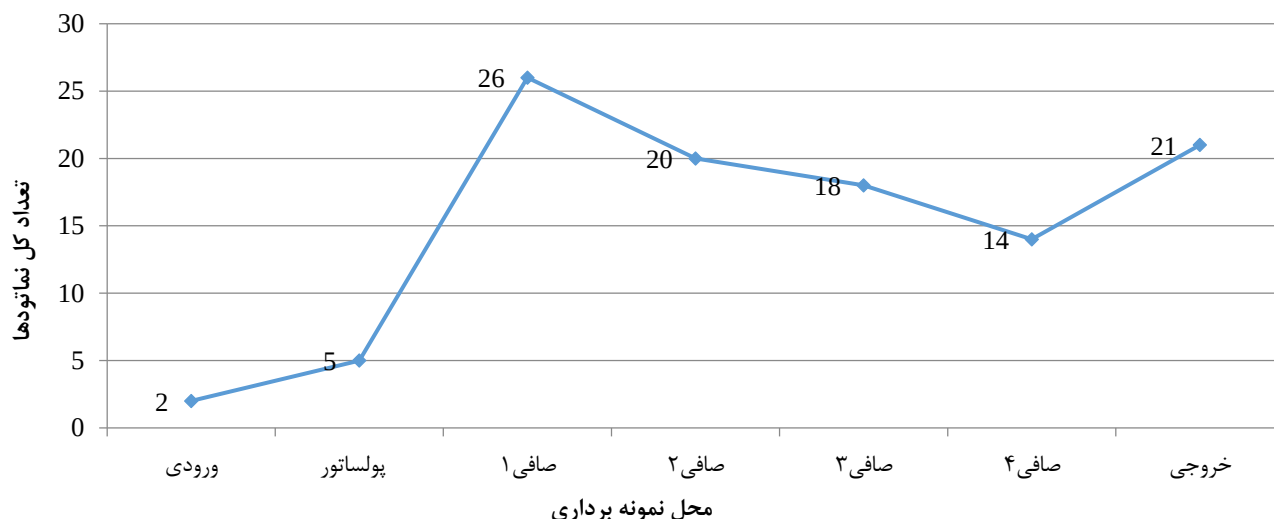
شکل ۳- دبی آب ورودی به تصفیه‌خانه

به‌طرز چشم‌گیری افزایش یافته است. این نتایج حاکی از آن است که با توجه به شرایط بحرانی پیش‌آمده و ورود آب خام با کدورت بیش از ۳۰۰ NTU به تصفیه‌خانه که حامل حجم بالای آلودگی و مواد مغذی برای تکثیر نمادها است، این مواد مغذی در بستر صافی‌ها به‌ویژه در محیط متخلخل آنتراسیت به‌دام افتاده و بستر رشد مناسبی را به‌منظور تولید مثل و تکثیر نمادها فراهم آورده‌اند.

آزمون‌های بیولوژیکی به‌روش استاندارد شمارش تعداد در لیتر نماد در آب ورودی، خروجی، خروجی هر صافی و پولساتور انجام شد که نتایج حاصل از شمارش نمادها در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نمودار شکل ۴، طی ۹ روز تحت مطالعه بیشترین تعداد کل نمادها در صافی شماره ۱ و کمترین تعداد کل نمادها در آب خام ورودی مشاهده شد. با مقایسه نتایج آب خام ورودی و خروجی صافی‌ها مشخص شد که تعداد نمادها در آب خام ورودی در حداقل مقدار خود است و در بستر صافی‌ها

جدول ۲- نتایج تعداد نمادها

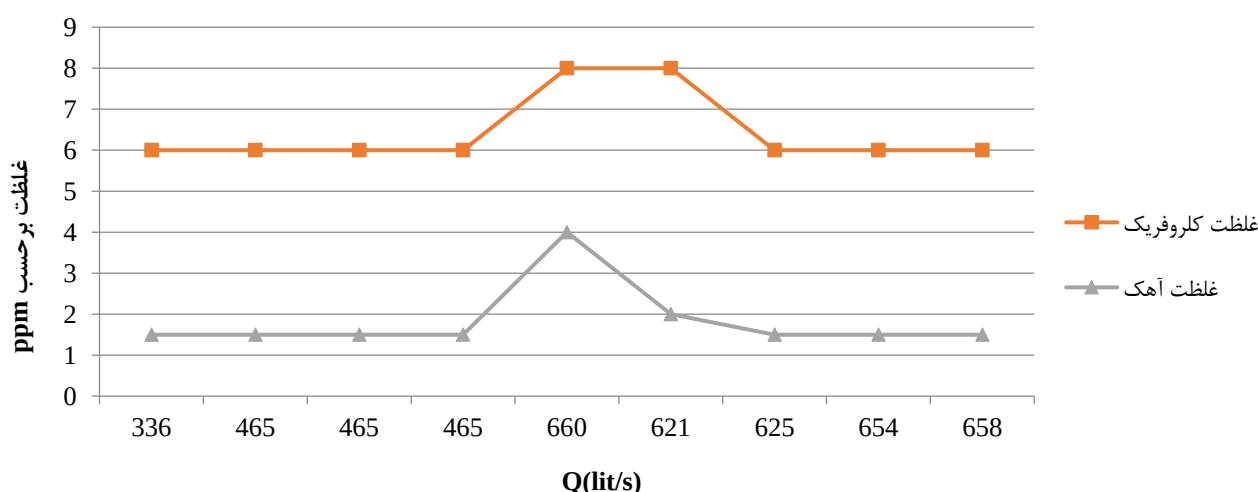
روز	میانگین غلظت کلر ورودی (ppm)	میانگین کدورت ورودی (NTU)	ورودی	پولساتور	صافی ۱	صافی ۲	صافی ۳	صافی ۴	خروجی
۱	۰/۲۱	۲۵/۲	۰	۰	۱	۲	۰	۱	۰
۲	۰/۲۹	۱۶۱/۷۸	۰	۱	۳	۳	۳	۴	۰
۳	۰/۴۵	۸۵/۹۵	۰	۰	۴	۳	۵	۴	۲ مرده
۴	۰/۴۷	۳۷/۲۹	۰	۱	۵	۴	۲	۳	۱ مرده
۵	۰/۵۶	۱۶/۹۲	۰	۲	۴	۵	۴	۴	۱ مرده
۶	۰/۵۴	۱۵/۸۳	۰	۰	۶	۲	۱	۱	۰
۷	۰/۳۴	۱۶/۴	۰	۱	۲	۱	۱	۰	۰
۸	۰/۳۶	۱۷/۵	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰
۹	۰/۴۶	۱۴/۳	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰



شکل ۴- روند تغییرات تعداد نماتد در محل‌های مختلف نمونه‌برداری

کلروفریک در روز پنجم با حداکثر دبی ۶۶۰ لیتر بر ثانیه گزارش شده است. با توجه به کم بودن قطر بدن نماتدها و انعطاف‌پذیری آن‌ها در بین روزنه صافی‌ها، صافی‌ها می‌توانند بستر مناسبی برای زاد و ولد آن‌ها باشند. از این رو از شوک کلر و شستشو با پرکلرین برای غیرفعال‌شدن نماتدها در صافی‌ها استفاده شده است. طبق جدول شماره ۳ تمامی صافی‌ها دوبار در روز با غلظت‌های ۳۵، ۱۰۰، ۵۰، ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پرکلرین شستشو داده شده‌اند و مشاهده شد که در روز پنجم میزان غلظت کلر مصرف شده نسبت به روزهای گذشته ۱۸۵/۷ درصد و ۳۰۰ درصد افزایش داشته است.

میزان مواد منعقدکننده با توجه به کدورت وارد شده به تصفیه‌خانه افزایش چشمگیری داشته است، به نحوی که میزان غلظت کلروفریک مصرف شده در بالاترین دبی ورودی تصفیه‌خانه ۳۳/۳۳ درصد و میزان غلظت آهک مصرف شده در همان دبی ۱۶۶/۶۶ درصد افزایش داشته است. با انتخاب درست و تزریق بهینه مقدار غلظت مواد منعقدکننده به منظور بی‌بار کردن ذرات شناور (Flocculation) و درهم رفتن مواد بی‌بار و به وجود آمدن ذرات درشت‌تر (Coagulation) میزان حذف و راندمان پولساتور به حدود ۹۰-۹۵ درصد رسید که منجر به ورود آب با کدورت حدود ۱۴ NTU به صافی‌ها شد. با توجه به نمودار شکل ۵ بیشترین میزان غلظت آهک و



شکل ۵- تغییرات میزان غلظت آهک و کلروفریک با میزان دبی آب ورودی به صافی‌ها

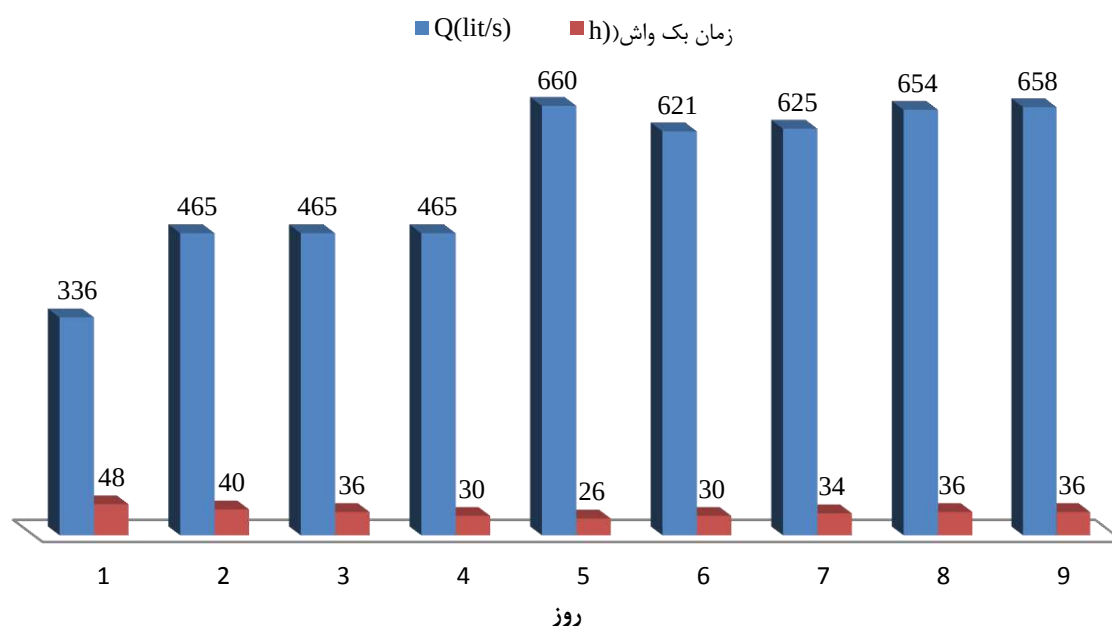
دبی ورودی ۳۳۶ لیتر بر ثانیه و کمترین زمان دوره تناوب شستشوی معکوس صافی‌ها در روز پنجم با ۲۶ ساعت و با دبی

با توجه به نمودار شکل ۶ بیشترین زمان دوره تناوب (ساعت کارکرد) شستشوی معکوس صافی‌ها در روز اول با ۴۸ ساعت و با

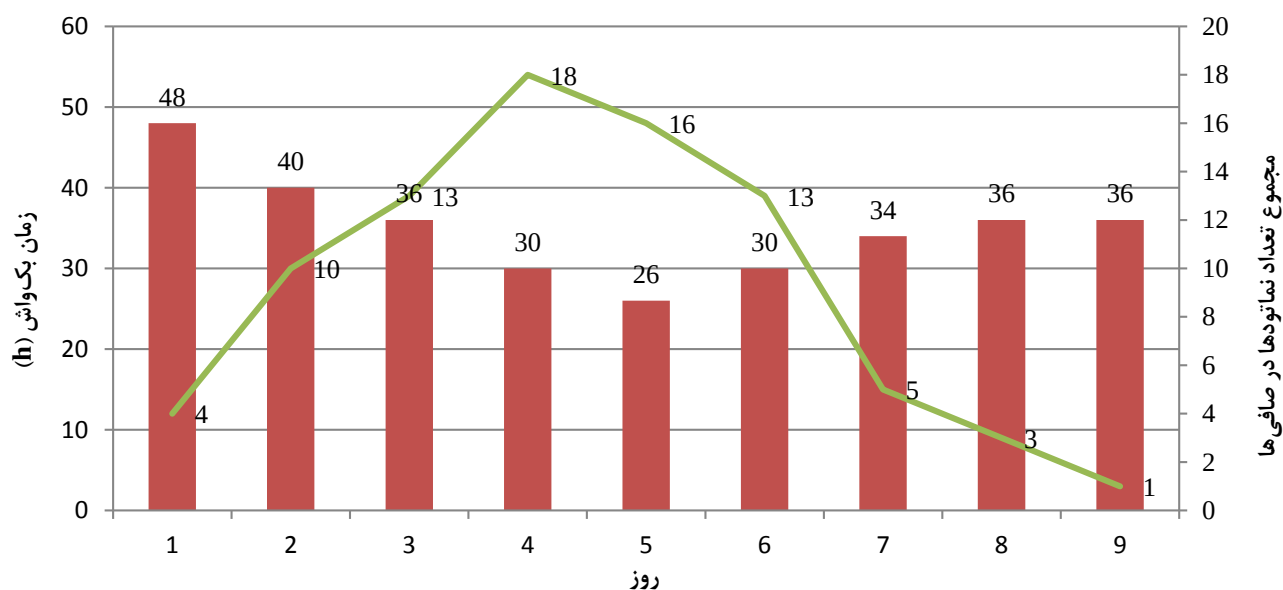
جدول ۳- میزان غلظت پرکلرین برای شستشوی صافی‌ها

روز	غلظت کلر (ppm)	
۱	۳۵	۵۰
۲	۳۵	۵۰
۳	۳۵	۵۰
۴	۳۵	۵۰
۵	۱۰۰	۲۰۰
۶	۱۰۰	۲۰۰
۷	۱۰۰	۲۰۰
۸	۱۰۰	۲۰۰

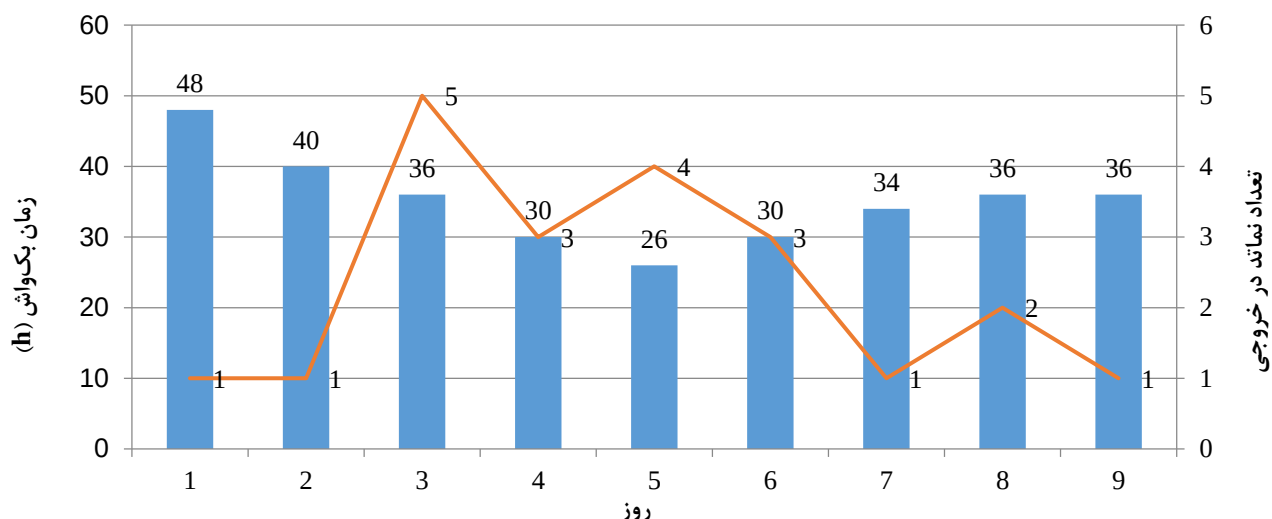
ورودی ۶۶۰ لیتر بر ثانیه گزارش شده است. لازم به توضیح است در روز پنجم نیز بیشترین مقدار مصرف مواد منعقدکننده گزارش شده است. در اثر شستشوی مداوم و مستمر صافی‌ها میزان بار بیولوژی خروجی و صافی‌ها با توجه به نتایج آزمون بیولوژی به تدریج کاهش یافت. مطابق با نمودارهای شکل‌های ۷ و ۸ شستشوی صافی‌ها در بازه‌های زمانی کوتاه مدت سبب حذف بیشتر نماتدها و همچنین خروجشان از بستر صافی‌ها شد.



شکل ۶- تغییرات دبی آب ورودی به صافی‌ها و زمان تناوب شستشوی معکوس صافی‌ها



شکل ۷- تغییرات تعداد نماتد در صافی‌ها با دوره تناوب شستشوی معکوس صافی‌ها



شکل ۸- تغییرات تعداد نماتد خروجی با دوره تناوب شستشوی معکوس صافی‌ها

شستشوی مناسب و به‌موقع بستر صافی‌ها امکان تغییرات قابل‌توجه در کیفیت آب تولیدی وجود نداشت و از این‌رو تصفیه‌خانه با افت کیفیت و کاهش راندمان در عملکرد خود مواجه نشد.

همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، کلیه پارامترهای شیمی-فیزیکی در ورودی و خروجی تصفیه‌خانه با توجه به سیلابی شدن آب ورودی به تصفیه‌خانه تغییر محسوسی از خود نشان ندادند. در واقع می‌توان گفت با تنظیمات مناسب درصد تزریقات و

جدول ۵- نتایج پارامترهای شیمی فیزیکی ورودی و خروجی تصفیه‌خانه

محل نمونه‌برداری	روز	دما (°C)	کلر باقیمانده (ppm)	کدورت (NTU)	pH	pHs	EC (μS/cm ²)	Fe (ppm)	CO ² (ppm)	DO (ppm)
خروجی	۱	۹	۰/۹۴	۰/۲	۷/۸۹	۷/۹۱	۵۰۰	۰/۰۳	۲	۹/۴۵
	۲	۹	۰/۹۹	۰/۲۶	۷/۸۵	۷/۹	۵۰۰	۰/۰۲	۲/۵	۹/۶
	۳	۱۰	۱/۰۲	۰/۱۷	۷/۷۹	۷/۹۱	۴۹۰	۰/۰۲	۲/۵	۹/۴
	۴	۱۰	۰/۹۷	۰/۱۸	۷/۹	۷/۹۲	۴۸۰	۰/۰۳	۲	۹/۵۵
	۵	۹	۱	۰/۱۴	۷/۷۵	۷/۸۵	۴۹۰	۰/۰۳	۲	۹/۵۵
	۶	۹	۰/۹۴	۰/۲۶	۷/۸۱	۷/۹۳	۴۸۰	۰/۰۳	۲/۵	۱۰
	۷	۹	۱/۰۱	۰/۲۲	۷/۸۲	۷/۹	۴۹۰	۰/۰۲	۲/۸	۹/۵
	۸	۹	۰/۹۴	۰/۱۴	۷/۹۳	۷/۹۸	۵۰۰	۰/۰۳	۲/۷	۹/۳۵
	۹	۱۰	۱/۰۲	۰/۲۵	۷/۸۵	۷/۹۳	۴۶۰	۰/۰۳	۲/۵	۹/۸
ورودی	۱	۹	۰/۲۴	۲۵/۱۴	۸/۰۹	۸/۰۲	۵۱۰	۰/۰۳	۲/۲	۹/۱
	۲	۹	۰/۴	۱۶۱/۷۸	۸/۱۳	۸/۰۱	۵۱۰	۰/۰۳	۲/۴	۹/۳۳
	۳	۱۰	۰/۳۴	۱۰۵	۸/۰۴	۸/۰۲	۴۹۰	۰/۰۴	۲/۸	۹/۴
	۴	۱۰	۰/۳۳	۶۷	۸/۱	۸/۰۳	۵۰۰	۰/۰۲	۲/۵	۹/۶
	۵	۹	۰/۳۱	۱۹/۳	۷/۹۲	۸/۰۲	۵۰۰	۰/۰۲	۲/۴	۹/۶
	۶	۹	۰/۳۹	۱۶/۵	۷/۹۲	۸/۰۴	۵۴۰	۰/۰۳	۲/۴	۹/۶
	۷	۹	۰/۲۲	۱۳/۹	۷/۹۴	۸/۰۲	۵۲۰	۰/۰۲	۲/۳	۱۰
	۸	۹	۰/۲	۱۸/۲	۸/۰۵	۸/۰۲	۵۱۰	۰/۰۴	۲/۶	۹/۴
	۹	۱۰	۰/۲۱	۱۷	۷/۸۸	۸/۰۱	۴۵۰	۰/۰۳	۲/۴	۹/۸

غیرفعال‌سازی نماتدها قبل از ورود به صافی متوسط کارایی حذف در صافی‌های تک لایه به ۹۳/۷ درصد و سه لایه به ۹۵/۸ درصد

طبق یافته‌های رشیدی مهرآبادی (۱۳۸۳؛ ۱۳۸۵) قدرت حرکت نماتدها عمده‌ترین علت پایین‌بودن کارایی است با

افزایش می‌یابد. در این تحقیق کارایی صافی‌های تصفیه‌خانه آب شرب پردیس که از نوع سه لایه است از طریق مقایسه کیفیت آب پولساتور (قبل از صافی‌ها) و خروجی از صافی‌ها، بعد از غیرفعال‌سازی و حذف نماتدها صورت پذیرفت. همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود نتایج طی ۴ روز

انجام شد و از مقایسه کارایی صافی‌ها در حذف فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها ملاحظه شد که درصد حذف و کارایی صافی‌ها بیش از ۹۹ درصد به‌دست آمده که بیشتر از نتایج کارهای دیگران (رشیدی مهرآبادی، ۱۳۸۳؛ ۱۳۸۵) بود.

جدول ۵- نتایج آزمون بیولوژی نمونه‌های ورودی به پولساتور و خروجی از صافی‌ها بعد از عملیات غیر فعال‌سازی و حذف نماتد

درصد حذف زئوپلانکتون‌ها	درصد حذف فیتوپلانکتون‌ها	نمونه‌های آب خروجی پولساتور										
		زئوپلانکتون‌ها (تعداد در ۱۰۰۰ میلی لیتر)					فیتوپلانکتون‌ها (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)					
		کلر	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	pH	کلر (ppm)
۱۰۰	۸۵/۹۹	۰	۴۰	۰	۲۰	۰	۴	۴	۱۵۲۰۰	۹۲/۷	۸/۲	۹۴/۰
۱۰۰	۷/۹۹	۰	۰	۸۰	۰	۸۰	۴۰	۴	۶۸۰۰	۹۶/۷	۴۶/۲	۸۶/۰
۱۰۰	۷۱/۹۹	۰	۰	۴۰	۴۰	۲۰	۲	۶	۱۴۸۰۰	۸	۱۸/۲	۰۷/۱
۱۰۰	۷/۹۹	۰	۱	۰	۲۰	۴۰	۴	۱۰	۲۲۶۰۰	۹۸/۷	۰۵/۳	۱۹/۱
		نمونه‌های آب خروجی صافی‌ها										
		کلر	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	کلروفیس	pH	کلر (ppm)
		۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۲۲	۹۶/۷	۱۲/۰	۹۴/۰
		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰	۹۶/۷	۲/۰	۸۵/۰
		۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۴۲	۹۴/۷	۲/۰	۸۷/۰
		۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۶۶	۸۵/۷	۲/۰	۱۴/۱

طبق دستورالعمل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به‌منظور بهره‌برداری از تصفیه‌خانه آب شرب پردیس، حد مجاز تعداد فیتوپلانکتون‌ها در آب خروجی تصفیه‌خانه (دیاتومه و کلروفیس) کمتر از ۱۰۰۰ است و باید فاقد هرگونه زئوپلانکتون و یا نماتد باشد. در مورد نمونه‌های گرفته شده بعد از حذف و غیرفعال‌سازی نماتدها ملاحظه می‌شود شمار عوامل بیولوژیکی در محدوده مجاز آب آشامیدنی است (دستورالعمل بهره‌برداری از تصفیه‌خانه آب شرب پردیس، ۱۳۹۷).

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به بحران پیش آمده در اثر افزایش کدورت به‌دلیل بارش‌های شدید فروردین ماه در کل کشور و مشکلات به‌وجود آمده از آن، تصفیه‌خانه آب شرب پردیس نیز با بحران افزایش کدورت و به تبع آن افزایش بار بیولوژیکی ورودی مواجه شد. انتقال این بار بیولوژیکی به صافی‌ها یک بستر مغذی برای رشد و تکثیر نماتد ایجاد نمود. اثرات منفی این پدیده حدود ۱۰ روز بعد در تعداد نماتدهای اندازه‌گیری شده در صافی‌ها و آب خروجی

مشاهده شد. لذا برای حل این مشکل تصمیم گرفته شد به‌منظور کنترل و حذف نماتدها، شستشو و گندزدایی صافی‌ها انجام شود. از جمله اقدامات صورت گرفته شوک کلر، شستشو با ماده گندزدای پرکلرین با غلظت‌های ۳۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ppm و همچنین کاهش زمان شستشوی معکوس بود. به‌تدریج و با گذشت حدود ۱۰ روز نتایج نمونه‌های صافی‌ها و خروجی به حالت عادی برگشت. برای ادامه کار پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

- استفاده از صافی‌های با تعداد لایه‌های بیشتر از دو لایه شرایط را برای حذف بهتر و راندمان بالاتر مهیا می‌نماید. بنابراین بهتر است شرکت‌های مربوط به تصفیه آب این مهم را مدنظر قرار دهند؛

- گندزدایی به تنهایی روش موثری برای حذف نماتد نیست و لازم است همراه با شستشوی مکرر صافی‌ها به‌کار گرفته شود؛ - استفاده از روش‌های نوین درخصوص کاهش بار بیولوژیکی قبل از ورود آب به صافی‌ها از جمله به‌کارگیری کربن فعال و سایر موارد؛

- بررسی روش‌های موثر در زمینه غیرفعال کردن نماتدها مانند استفاده از امواج اولتراسونیک.

۵- مراجع

- M.E.S.P., and Perecin, D., (1993). "Quality of water for nursery plant irrigation: Use of electrical discharges without thermis effect and of electric fields for Meloidogyne incognita race 1", *Agropecuaria Brasileira*, 28(3), 329-355.
- Elmelko, M.B., (2003), "Removal of viable and inactivated Cryptosporidium by dual-and tri-media filtration", *Water Research*, 37(1-2), 2998-3008.
- James A., (2017), *Biology, detection, and management of plant pathogens in irrigation water, Chapter 9: Plant-parasitic nematodes in irrigation water*, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Kau, S.M., and Lawler, D.F. (1995), "Dynamics of deep bed filtration: velocity, depth, and media", *Journal of Environmental Engineering*, 121(12), 850-859.
- Moens, M., Moermans, R. and Hendrickx, G., (1991), "Sensitivity of Meloidogyne incognita second stage juveniles to ozone treatment", *South African Journal of Plant and Soil*, 56(3b), 1313- 1319.
- Peng, L., Lei, L., Xiao, L., and Han, B., (2019), "Cyanobacterial removal by a red soil-based flocculant and its effect on zooplankton: an experiment with deep enclosures in a tropical reservoir in China", *Water Environment Protection and Contamination Treatment*, 26(1), 30663-30674.
- Rice, E.W., and Baird, R.B., and Eaton, A.D., (2017), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 23rd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Runia, W.T., and Amsing, J.J., (1996), "Disinfestation of nematode-infested recirculation water by ozone and activated hydrogen peroxide", *Proceedings of the 9th International Congress on Soilless Culture St. Helier, Jersey, Channel Islands*, 381-393.
- Sardari, R.A., and Osouledini, N., (2018), "The data on the removal of turbidity and biological agents in spent filter backwash by bed ceramic in water treatment process", *Data in Brief*, 19(1), 1794-1798.
- Van Os, E.A., Amsing, J.J., van Kuik, A.J., and Willers, H., (1999), "Slow sand filtration: a potential method for the elimination of pathogens and nematodes in recirculating nutrient solutions from glasshouse-grown crops", *Acta Horticulturae*, 481(11), 519-525.
- بانژاد، ح.، مکاری، م.، مصدقی، م.، و دعایی، ی.، (۱۳۸۷)، "ارزیابی کارایی حذف ذرات معلق آب توسط صافی تند شنی با تغییر غلظت ذرات و اندازه دانه‌های محیط بستر صافی"، *مجله آب و فاضلاب*، ۱۹(۴)، ۴۰-۴۷.
- رشیدی مهرآبادی، ع.، رازقی، ن.، عظیمی، ع.، موبدی، ا.، و ترابی، ع.، (۱۳۸۳)، "اثر بلوغ اولیه صافی روی بازده حذف کیست ژیا ردیا و ارایه روشی برای بهبود"، *محیط شناسی*، ۳۰(۳۱)، ۲۸-۲۱.
- رشیدی مهرآبادی، ع.، و ترابی، ع.، (۱۳۸۵)، "بررسی کارایی فرایند فیلتراسیون مستقیم در حذف نماتدهای آزادزی از آب"، *محیط شناسی*، ۳۲(۳۹)، ۷۵-۸۲.
- عطابخش، پ.، امین، م.، هاشمی، م.، و گرجی‌زاده، ا.، (۱۳۹۶)، "عملکرد فیلترها پس از شستشوی معکوس با بررسی میزان کاهش کدورت و شمارش زئوپلانکتون‌ها در تصفیه‌خانه آب اصفهان"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۸(۶)، ۵۵-۶۱.
- گروه بهره‌برداری تصفیه‌خانه آب شرب پردیس، (۱۳۹۷)، *دستورالعمل بهره‌برداری از تصفیه‌خانه آب شرب پردیس*، شرکت آب و فاضلاب شرق استان تهران، پردیس، ایران.
- مرتضایی، ر.، پازوکی، ج.، و معصومیان، م.، (۱۳۸۶)، "انگل‌های نماتد جدا شده از چند گونه ماهیان آب شیرین استان خوزستان"، *پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان*، ۳(۷۷)، ۸-۱.
- میران‌زاده، م.، حسن‌زاده، م.، دهقان، س.، و صباحی، ب.، (۱۳۹۰)، "بررسی رابطه بین میزان کدورت، کیفیت میکروبی و غلظت کلر باقی‌مانده در آب آشامیدنی روستاهای شهرستان کاشان در سال ۱۳۸۷"، *نشریه فیض*، ۱۵(۲)، ۱۲۷-۱۳۱.
- معمارزاده، م.، نجفی، پ.، و افیونی، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی راندمان کانی گارنت در صافی سه لایه‌ای در حذف کدورت و موجودات بیولوژیکی در تصفیه‌خانه آب اصفهان"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۱(۱)، ۷۳-۸۳.
- American Water Works Association, (2002), *AWWA Standard B100-01, NSF Standard 61, Standard 61 approved for drinking water and NSF Standard 50 approved for swimming pools*, Approved by American National Standards Institute, USA.
- Casas-Monroy, O., Linley, R.D., Chan, P.Sh., Kydd, J., Byllaardt, J.V., and Bailey, S., (2018), "Evaluating efficacy of filtration + UV-C radiation for ballast water treatment at different temperatures", *Journal of Sea Research*, 133(2), 20-28
- Dematte, J.B.I., Tihodod, D., De Almeida, A., Dematte,



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

Research Paper

مقاله پژوهشی

Studying the Efficiency of Balancing Pond Function in Sanitary Sewage Treatment Using the Activated Sludge Method (Case Study: Sewage Treatment Plant of Brigade 37)

بررسی عملکرد حوضچه متعادل سازی در راندمان تصفیه فاضلاب بهداشتی به روش لجن فعال (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب پادگان نظامی تیپ ۳۷)

Mohammad Hadi Fattahi^{1*}, Mohammad Hosseini² and Sohrab karami¹

محمد هادی فتاحی^{۱*}، محمد حسینی^۲ و سهراب کریمی^۱

1- Department of Civil Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

۱- گروه مهندسی عمران، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

2- Department of Civil Engineering, Ghrokarzin Center, Islamic Azad University, Ghrokarzin, Iran.

۲- گروه مهندسی عمران، مرکز قیروکارزین، دانشگاه آزاد اسلامی، قیروکارزین، ایران.

*Corresponding Author, Email: fattahi.mh@miau.ac.ir

* نویسنده مسئول، ایمیل: fattahi.mh@miau.ac.ir

Received: 15/11/2020

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۵

Revised: 08/03/2021

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸

Accepted: 17/04/2021

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

© IWWA

© انجمن آب و فاضلاب ایران

Abstract

چکیده

Aerobic biological treatment systems are very suitable for removing contaminants of organic matter in the sewage. Accordingly, the continuity of the inlet flow to the treatment plant, in design and exploitation of these processes, is necessary to consider. One of the differences between industrial and low population areas wastewater, such as military garrisons, and the Municipal sewage, is their volumetric fluctuations. These fluctuations may have a negative effect on the activated sludge process; thus the efficiency of using balancing pool in activated sludge systems has been analyzed in this research. Wastewater treatment process is based on biologically activated sludge method and extensive aeration. In this method, the raw wastewater is directed to the pumping station gravitationally. Results illustrated that, the inlet flow rate to the treatment plant, has high fluctuations from 0 to 40 (m³/hour) at different hours of the day due to the low population. Based on the samplings, it has been determined that the efficiency of activated sludge process in removing the parameters of BOD₅, COD, TSS and ammonia during one week is averagely 61, 61, 68 and 24%, respectively. According to the sewage standards, this treated sewage is not suitable for injection into water wells or surface water or for reuse in agriculture. Whilst, using the balancing pond and controlling the inlet flow to the aeration pond at a rate of 12 cubic meters per hour, the removal efficiency of BOD₅, COD, TSS and ammonia escalates averagely 90, 90, 89.19 and 81.59%, respectively during a week.

سیستم های تصفیه بیولوژیکی هوازی، سیستم های بسیار مناسبی برای حذف آلودگی های مواد آلی موجود در پساب هستند، لذا ضروری است در طراحی و بهره برداری این فرآیندها، پیوستگی جریان ورودی به تصفیه خانه مورد توجه قرار گیرد. یکی از موارد تمایز فاضلاب صنعتی و فاضلاب تولیدی اماکن کم جمعیت مانند پادگان های نظامی از فاضلاب شهری، نوسانات فاضلاب تولیدی هستند و این نوسانات ممکن است بروی فرآیند لجن فعال اثر منفی داشته باشد. لذا در این تحقیق اثر به کار بردن حوضچه متعادل ساز در راندمان فرآیند لجن فعال مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. فرآیند تصفیه خانه به روش بیولوژیکی لجن فعال و با استفاده از هوادهی گسترده است. در این روش فاضلاب خام تحت نیروی ثقل به ایستگاه پمپاژ هدایت می شود. نتایج این تحقیق نشان می دهد که میزان دبی ورودی به تصفیه خانه در ساعات مختلف شبانه روز به دلیل جمعیت پایین تحت پوشش، از نوسانات بالایی از ۰ تا ۴۰ مترمکعب بر ساعت برخوردار است. براساس نمونه برداری های صورت پذیرفته مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در طول یک هفته در حذف پارامتر BOD₅، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین به ترتیب ۶۱٪، ۶۱٪، ۶۸٪ و ۲۴٪ است که براساس استانداردهای پساب خروجی، پساب تصفیه شده برای تزریق به چاه های آب یا آب های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. این درحالی است که با به کار بردن حوضچه متعادل ساز و کنترل دبی ورودی به حوض هوادهی در نرخ ۱۲ مترمکعب بر ساعت، راندمان حذف پارامترهای BOD₅، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین در طول یک هفته به ترتیب به مقادیر ۹۰٪، ۹۰٪، ۸۹٪ و ۸۱٪ ارتقا یافت.

کلمات کلیدی: فاضلاب، لجن فعال، حوضچه متعادل سازی، فاضلاب بهداشتی پادگان نظامی، BOD.

Keyword: Wastewater, Activated sludge, Balancing pond, Garrison sanitary sewage, BOD.

جامدات معلق فرار مایع مخلوط (MLVSS) نامیده می‌شود. سپس مایع مخلوط شده به یک زلال‌ساز وارد می‌شود. سوسپانسیون میکروبی در زلال‌ساز ته‌نشین شده و تغلیظ می‌شود. بیومس ته‌نشین شده که به دلیل حضور میکروارگانیسم‌های فعال به عنوان لجن فعال نامیده می‌شود، به حوض هوادهی برگشت داده می‌شود تا تجزیه بیولوژیکی مواد آلی پساب ورودی را ادامه دهد. هم‌زمان با وقتی که فرایند، بیومس اضافی تولید می‌کند و با مواد غیرقابل تجزیه بیولوژیکی موجود در فاضلاب ورودی در طول زمان جمع شود، بخشی از لجن تغلیظ شده به صورت روزانه یا دوره‌ای حذف می‌شود. اگر جامدات تجمع یافته حذف نشوند، سرانجام آن‌ها به خروجی سیستم وارد می‌شوند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Eikelboom et al., 2000).

عملیاتی که به منظور همگن‌سازی فاضلاب‌ها با غلظت متغیر انجام می‌شوند، متعادل‌سازی نامیده می‌شود. غلظت فاضلاب در طول ساعات مختلف روز و یا حتی در طول روزهای مختلف هفته، تغییر می‌نماید. برای آن‌که تصفیه‌خانه دچار پذیرفتن بارهای ناگهانی نشود، فاضلاب باید از نظر غلظت و جریان حجمی، متعادل و سپس تصفیه واقع شود. هر قدر نوسانات کمی و کیفی فاضلاب کمتر باشد، فرآیند تصفیه فیزیکی-شیمیایی یا بیولوژیکی بهتر صورت می‌گیرد (Choi et al., 2018; Fillos et al., 2000; Stephenson et al., 2019).

متعادل‌سازی در مورد فرآیند تصفیه بیولوژیکی باعث می‌شود که بار آلی وارد بر سیستم بیولوژیکی و یا موادی که در غلظت زیاد اثر مسموم‌کننده‌ای بر روی میکروارگانیسم‌ها دارند تا حدودی متعادل و کنترل شده و فاضلاب با غلظت یکنواختی که قابل قبول برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد وارد مخازن تصفیه شود. متعادل‌سازی در تصفیه شیمیایی برای تسهیل در کنترل pH و یا کنترل مواد منعقدکننده نیز نقش موثری دارد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۸؛ داغبندان و همکاران، ۱۳۹۵؛ دهقان و همکاران، ۱۳۸۸؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۶). توقف و ماندگاری فاضلاب در مخازن متعادل‌سازی باعث غیر هوازی و عفونی شدن فاضلاب می‌شود. بنابراین مخازن متعادل‌سازی معمولاً هوادهی می‌شوند تا مانع ته‌نشین شدن مواد جامد و معلق و یا ایجاد شرایط غیر هوازی شوند. هوادهی هم‌چنین باعث اختلاط و ایجاد شرایط همگن و یکنواخت می‌شود (Alves et al., 2020; Dacewicz et al., 2019; Ottoson et al., 2018; Petrovic et al., 2017).

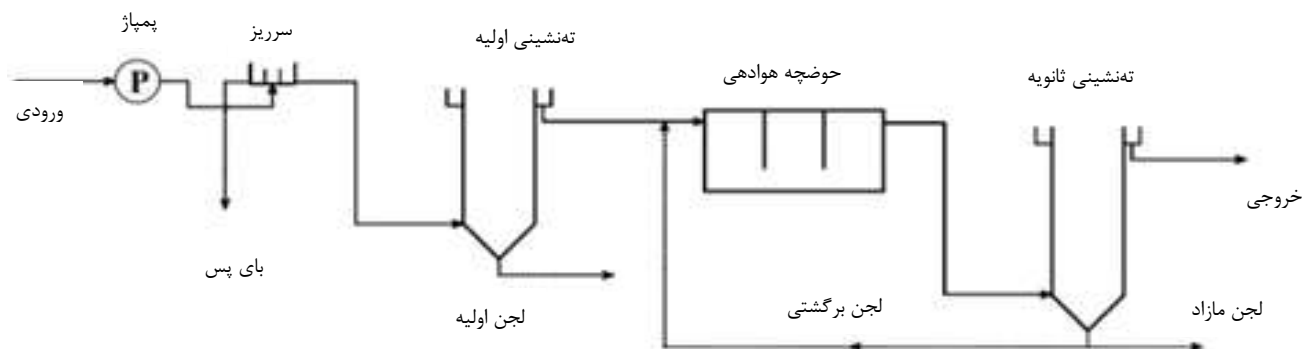
چون یکی از موارد تمایز فاضلاب صنعتی و فاضلاب تولیدی اماکنی خاص مانند پادگان‌های نظامی از فاضلاب شهری، نوسانات فاضلاب تولیدی است و این نوسانات ممکن است بروی فرآیند

مدت‌های مدیدی است که فرایندهای بیولوژیکی برای تبدیل ترکیبات آلی محلول و معلق فاضلاب به ترکیبات معدنی پایدار و یا توده‌های بیولوژیکی قابل ته‌نشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌ها، ترکیبات آلی پیچیده به کمک میکروارگانیسم‌های زنده (به‌خصوص باکتری‌ها) به ترکیبات ساده‌تر، جرم بیولوژیکی و گاز تجزیه می‌شوند (الماسی و همکاران، ۱۳۹۵؛ موسویان و همکاران، ۱۳۹۴). بسته به نوع جریان، نوع راکتور و محیط بیولوژیکی، سیستم‌های مختلف تصفیه فاضلاب با خصوصیات و کارایی‌های گوناگون، طراحی و برای تصفیه انواع فاضلاب‌های صنعتی و شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. با روند رو به رشد تکنولوژی، شناخت رفتارهای هیدرولیکی و هم‌چنین شناخت هرچه بیشتر عملکرد محیط‌های بیولوژیکی، فرایندهای پیشرفته و با راندمان بیشتر تصفیه فاضلاب حاصل شده است. به‌طور کلی این پیشرفت و ارتقای سیستم‌ها در جهت کاهش زمین موردنیاز تصفیه‌خانه، کاهش مصرف انرژی و افزایش بازدهی فرایند تصفیه است. فناوری اصلی در فرآیند تصفیه فاضلاب حذف مواد آلی توسط اکسیداسیون بیولوژیکی است. محصولات نهایی این فرآیند، سلول‌های جدید (لجن)، دی‌اکسیدکربن، محصولات میکروبی محلول و آب است از فرآیند لجن فعال به‌طور گسترده در سراسر جهان در تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی استفاده می‌شود. تولید روزانه لجن مازاد حاصل از فرآیند لجن فعال متعارف، حدود ۱۵ تا ۱۰۰ لیتر به‌ازای حذف هر کیلوگرم BOD_5 است که حاوی بیش از ۹۵ درصد آب است (Abdulsalam et al., 2020; Barker et al., 1997; Kwiatkowska et al., 2020; Tchobanoglous and Burton, 1991).

از آن‌جایی که سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی هوازی در قالب فرآیند لجن فعال، سیستم‌های بسیار مناسبی برای حذف آلودگی‌های مواد آلی موجود در فاضلاب‌های بهداشتی هستند و باتوجه به وابستگی شدید روش لجن فعال به حضور بیومس فعال و غذای مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها، ضروری است در طراحی و بهره‌برداری این فرایندها، پیوستگی جریان ورودی به تصفیه‌خانه برای تثبیت شرایط مناسب فعالیت میکروارگانیسم‌ها مورد توجه قرارگیرد. علت نام‌گذاری فرایند لجن فعال، تولید جرم فعالی از میکروارگانیسم‌ها است که قادر به تثبیت مواد زائد تحت شرایط هوازی است. در تانک هوادهی، زمان تماس برای اختلاط و هوادهی فاضلاب ورودی با سوسپانسیون میکروبی فراهم می‌شود که معمولاً تحت عنوان جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS) یا

به وسیله هوادهای عمقی از قسمت زیرین، اکسیژن موجود در هوا با فاضلاب موجود در مخازن مخلوط شده و کار بیولوژیکی تصفیه شروع خواهد شد. در این فعل و انفعال علاوه بر اختلاط کامل اکسیژن هوا با فاضلاب از ته نشین شدن اجسام سنگین در مخزن هوادهی نیز جلوگیری می شود.

پس از مرحله هوادهی فاضلاب وارد مخزن ته نشینی شده و توده زیستی تحت عنوان لجن فعال ته نشین و پساب تصفیه شده از روی سطح مخزن وارد مخزن کلرزی می شود و پس از ضد عفونی شدن به وسیله هیپوکلریت کلیسم و عبور از فیلترهای فشار شنی وارد مخزن ذخیره و سپس برای آبیاری فضای سبز مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین لجن فعال ته نشین شده توسط یک عدد پمپ ایرلیفت به مخزن هوادهی و مازاد بر آن به مخزن های هاضم لجن هدایت می شوند. برای هوادهی در حوضچه های هوادهی از سیستم هواده عمقی به همراه تمامی متعلقات مربوطه برای تامین اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی فاضلاب (شامل بلوئر یا دمنده های هوا، فیلتر ورودی، صدا خفه کن، فشارسنج، شیر اطمینان، شیر یکطرفه، لرزه گیر، پایه گیر، لرزه گیر، شاسی و گارد) استفاده شده است. جدول ۱ مشخصات فنی حوض هوادهی را ارائه می دهد است. در شکل ۱ نمودار جریان در پایلوت تصفیه خانه مشاهده می شود.



شکل ۱- دیاگرام واحد تصفیه خانه فاضلاب پادگان نظامی تیپ ۳۷

مشابه استفاده نمود. متعادل سازی در مورد فرآیند تصفیه بیولوژیکی باعث می شود که بار آلی وارد بر سیستم بیولوژیکی و یا موادی که در غلظت زیاد اثر مسموم کننده ای بر روی میکروارگانیسمها دارند تا حدودی متعادل و کنترل شده و فاضلاب با غلظت یکنواختی که قابل قبول برای فعالیت میکروارگانیسمها باشد وارد مخازن تصفیه شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۹).

حوضچه متعادل سازی به کار رفته (جدول ۱) دارای دو پمپ برای انتقال فاضلاب به حوض هوادهی است. با استفاده از بای پس

لجن فعال اثر منفی داشته باشد، در این تحقیق اثر به کار بردن حوضچه متعادل ساز در راندمان فرآیند لجن فعال در پادگان نظامی تیپ ۳۷ مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- معرفی تصفیه خانه فاضلاب مورد تحقیق

با توجه به ماهیت فاضلاب و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست در مورد ویژگی های تخلیه فاضلاب، فرآیند تصفیه خانه به روش بیولوژیکی لجن فعال و با استفاده از هوادهی گسترده است. در این روش فاضلاب خام تحت نیروی ثقل به ایستگاه پمپاژ هدایت می شود. قبل از ورود به ایستگاه پمپاژ با استفاده از یک دستگاه آشغالگیر دهانه گشاد اجسام درشت از آن جدا شده و سپس توسط الکترو پمپ های شناور به صورت جریانی یکنواخت و به طور اتوماتیک با استفاده از فلوترهای کنترل کننده سطح فاضلاب به داخل تصفیه خانه هدایت می شود. در اولین واحد تصفیه خانه جدا کردن اجسامی تا قطر حدود ۱ سانتی متر مدنظر بوده که این عمل با عبور از آشغالگیر در نظر گرفته شده انجام می شود. پس از آن فاضلاب وارد مخزن هوادهی شده، فاضلاب خام به مدت حدوداً ۲۴ ساعت در مخزن هوادهی متوقف شده و

۲-۲- معرفی واحد متعادل سازی

برای اختلاط کامل پساب های واحدهای آشپزخانه، رختشوها، دوش ها و سرویس های بهداشتی و نیز جلوگیری از شوک های هیدرولیکی از یک مخزن متعادل کننده که وظیفه پمپاژ فاضلاب به سیستم را نیز به عهده دارد و مجهز به دو دستگاه پمپ لجن کش همراه با کنترل کننده های سطح است، استفاده می شود. با بررسی راندمان حذف پارامترهای کیفی در حالت استفاده از متعادل ساز و مقایسه با حالت بدون متعادل ساز، می توان به اثرات مثبت استفاده از این واحد فرآیندی در تصفیه خانه های

ساعات شبانه روز برای حذف نوسانات دبی تولید و وارد حوض هوادهی شود. جدول ۲ مشخصات الکتروپمپ را نشان می‌دهد.

و هم‌چنین پمپاژ از مخزن متعادل‌ساز به حوض هوادهی و کنترل جریان با استفاده از کنترلر مغناطیسی و کنترل دور (RPM ۱۴۵۰)، سعی شده است دبی ۱۲ مترمکعب بر ساعت در بیشتر

جدول ۱- پارامترها و مشخصات اصلی واحد هوادهی و دمنده‌های هوا تصفیه‌خانه فاضلاب پادگان نظامی

مشخصات	اندازه و مقدار
دمای فاضلاب	۱۴°-۱۵° Celsius
دبی روزانه فاضلاب خام	۸۰۰ m ³ /day
زمان ماند فاضلاب خام	۲۴ hr
حجم کل هر مخزن هوادهی	۴۰۰ m ³
تعداد مخزن هوادهی	۲
عمق مایع	۴/۷ m
ارتفاع آزاد	۰/۳ m
تعداد کل بلوئر	۳ unit
نوع بلوئر (مدل)	Arezen company in Germany
ظرفیت	۷۰۰ m ³ /min
فشار هوا	۶۰۰ milibar
مارک الکتروموتور	۳۸۰۷/۵۰ HZ/CLASS F/۲۹۳۰ RPM

جدول ۲- مشخصات الکتروپمپ‌های مدل BEST ساخت کمپانی EBARA

مشخصات	اندازه و مقدار
ارتفاع پمپاژ	۱۰ m
دبی در ارتفاع ۱۰ متر (ارتفاع مطلوب)	۱۲ m ³ /hr
دبی در ارتفاع حداکثر (۱۷/۴ متر)	۱/۲ m ³ /hr
تعداد الکتروپمپ‌ها	۲
نوع الکتروپمپ‌ها	submersible pump for dirty water
سازنده	EBARA (Italy) - BEST
تعداد کنترلر سطح (فلوتر)	۲

۲-۳- اندازه‌گیری پارامترهای کیفی

نظامی و محدودیت اعمالی از طرف ستاد فرماندهی صورت گرفته است. هم‌چنین بازه زمانی انتخاب شده در ساعت اداری کارکنان آن حوزه انتخاب شده است. پارامترهای کیفی مورد مطالعه در تحقیق حاضر به شرح جدول ۳ است.

نمونه‌برداری در بازه زمانی ۸ صبح تا ۲ بعدظهر انجام گرفته و در این بازه زمانی هر ۳۰ دقیقه نمونه‌برداری انجام و در این بازه زمانی ۱۲ نمونه برداشته شده است. بازه زمانی یک هفته برای اندازه‌گیری پارامترها انتخاب شد. این امر به دلیل وجود منطقه

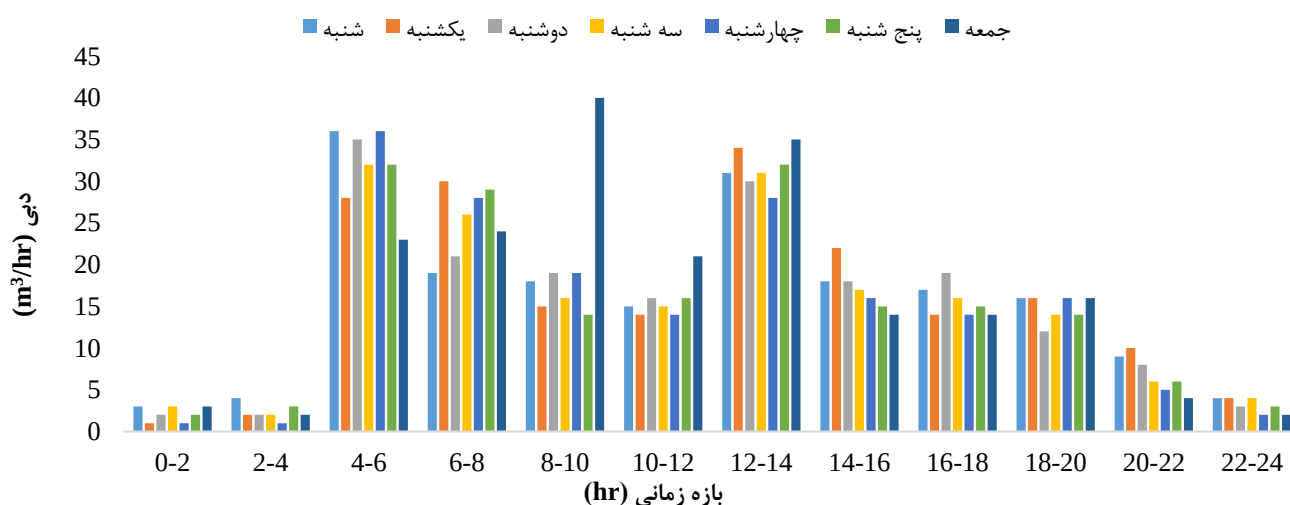
جدول ۳- ابزار و روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای کیفی براساس استاندارد سازمان محیط‌زیست ایران

پارامتر	دستگاه سنج
COD (mg/l)	۵۰۰۰ DR-Hach-USA
BOD ₅ (mg/l)	روش رقیق‌سازی و اندازه‌گیری بعد از ۵ روز
DO (mg/l)	HI۹۱۴۲ Portable Dissolved Oxygen Meter (HANNA)
NH ₃ (mg/l)	اسپکتروفتومتر Hach DR ۲۰۰۰ (طول موج ۴۵۰ نانومتر)
TSS (mg/l)	روش خشک کردن به کمک اون
pH	سنج پرتابل / pH متر دیجیتالی Metrohm
(mg/l) کلر باقی مانده	کیت کلرسنجی پرتابل

۳- نتایج و بحث

براساس شکل ۲ و پایش کمی فاضلاب ورودی به تصفیه خانه برای یک هفته، مشخص شد میزان دبی ورودی در محدوده صفر الی ۴۰ مترمکعب در ساعت قرار دارد. همچنین براساس نمونه برداری ها و آزمایش های صورت پذیرفته، نتایج آزمایش ها در قالب مشخصات کیفی فاضلاب ورودی به شرح جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که میزان دبی در ساعات مختلف شبانه روز به دلیل جمعیت پایین تحت پوشش، از نوسانات بالایی برخوردار است. این میزان نوسان در دبی های بالا سبب شوک های

مختلف به سیستم بیولوژیک و میکروارگانیسم های موجود در سیستم لجن فعال شده و سبب کاهش راندمان فرآیند و ایجاد اتصال کوتاه در حوض های ته نشینی و فرار لجن می شود (Hung and Cheng, 1984). از طرفی در دبی های پایین در ساعات شب، به دلیل فقر مواد غذایی در دسترس، تغییرات در میزان F/M و رشد باکتری های رشته ای دور از انتظار نیست که در هر دوی این حالات احتمال کاهش راندمان فرآیند در حذف BOD، COD و TSS افزایش می یابد (Parkin and McCarty, 1981; Parker and Wahlberg, 2001).



شکل ۲- پایش کمی میزان دبی ورودی فاضلاب خام به تصفیه خانه فاضلاب در بازه های زمانی دو ساعته در مدت یک هفته

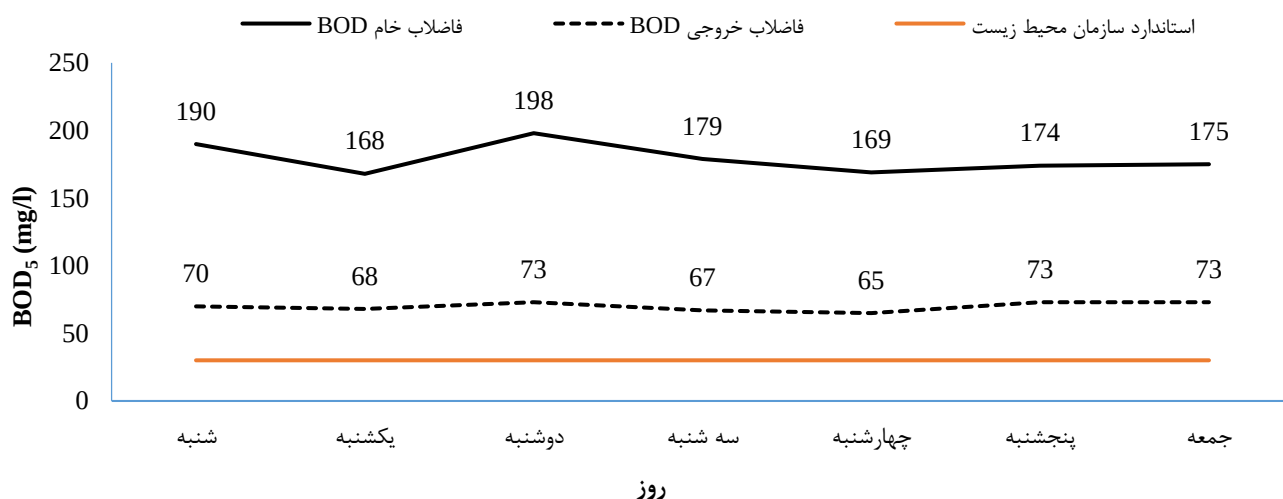
جدول ۴- مشخصات کیفی فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه فاضلاب (بازه زمانی یک هفته)

تاریخ	روز	ساعت	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	pH	دما (°C)
۹۵/۱۰/۰۴	شنبه	۰۸:۰۰	۱۹۰	۲۸۵	۱۸۸	۴۹	۲۲	۱/۵	۷/۶۲	۱۶/۵
		۱۴:۰۰	۱۹۶	۲۹۴	۱۸۳	۵۲	۲۳	۱/۷	۷/۵۳	۱۷
۹۵/۱۰/۰۵	یکشنبه	۰۸:۰۰	۱۶۸	۲۵۲	۱۷۶	۴۸	۲۱	۱/۲	۷/۶۳	۱۶
		۱۴:۰۰	۱۷۸	۲۶۷	۱۷۰	۵۳	۲۰	۱	۷/۶	۱۸
۹۵/۱۰/۰۶	دوشنبه	۰۸:۰۰	۱۹۸	۲۹۷	۱۹۵	۴۰	۲۳	۰/۹	۷/۴۶	۱۷
		۱۴:۰۰	۲۰۶	۳۰۹	۲۰۰	۵۵	۲۱	۱/۳	۷/۳	۱۹
۹۵/۱۰/۰۷	سه شنبه	۰۸:۰۰	۱۷۹	۲۶۹	۱۵۵	۴۲	۱۹	۰/۸	۷/۲۹	۱۵/۵
		۱۴:۰۰	۱۸۴	۲۷۶	۱۵۱	۵۰	۱۷	۰	۷/۵۹	۱۷
۹۵/۱۰/۰۸	چهارشنبه	۰۸:۰۰	۱۶۹	۲۵۴	۱۴۶	۴۰	۲۱	۱/۶	۷/۵۶	۱۵
		۱۴:۰۰	۱۷۶	۲۶۴	۱۶۸	۴۱	۲۳	۱/۱	۷/۶۱	۱۶
۹۵/۱۰/۰۹	پنجشنبه	۰۸:۰۰	۱۷۴	۲۶۱	۱۶۶	۳۶	۲۵	۱/۳	۷/۵۸	۱۶
		۱۴:۰۰	۱۸۳	۲۷۵	۱۷۶	۴۶	۲۰	۱/۲	۷/۴	۱۸
۹۵/۱۰/۱۰	جمعه	۰۸:۰۰	۱۷۵	۲۶۳	۱۳۶	۳۹	۲۱	۱/۱	۷/۳۶	۱۷
		۰۸:۰۰	۱۹۰	۲۵۴	۱۳۰	۴۴	۲۳	۱/۶	۷/۳۸	۱۹/۵
میانگین			۱۸۲/۷۷	۲۷۴/۳۱	۱۷۰	۴۵/۴۶	۲۱/۲۳	۱/۱۳	۷/۵	۱۶/۷۷
انحراف معیار			۱۱/۶۵	۱۷/۳۸	۱۹/۲	۶/۱۴	۲/۰۵	۰/۴۳	۰/۱۳	۱/۱۱

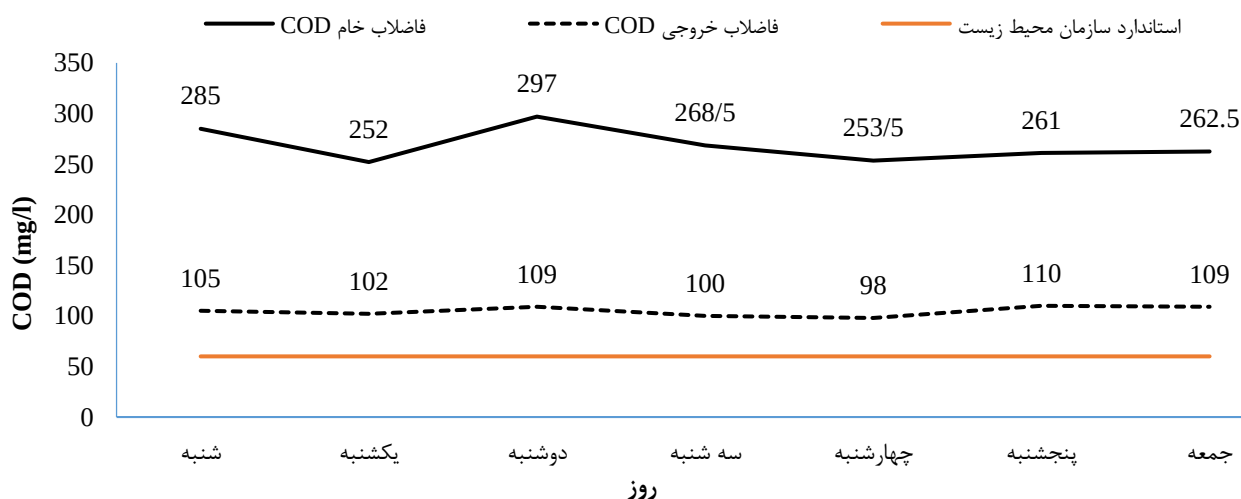
۳-۱- تحلیل نتایج حاصل از پایش سیستم لجن فعال در حالت بهره‌برداری بدون متعادل‌سازی

براساس نمونه‌برداری‌های صورت‌پذیرفته و نتایج مندرج در شکل ۳ مشخص شده است. میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر BOD_5 در روزهای نمونه‌برداری در ساعت ۸ صبح در طول یک‌هفته حداقل ۵۸ درصد، حداکثر ۶۳ درصد و به‌صورت میانگین ۶۱ درصد است که با توجه به استانداردهای

محیط‌زیستی، میزان BOD فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. همچنین براساس نتایج مندرج در شکل ۴ مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر COD همانند پارامتر BOD در طول یک‌هفته حداقل ۵۸/۵ درصد، حداکثر ۶۳/۳ درصد و به‌صورت میانگین ۶۱ درصد است.



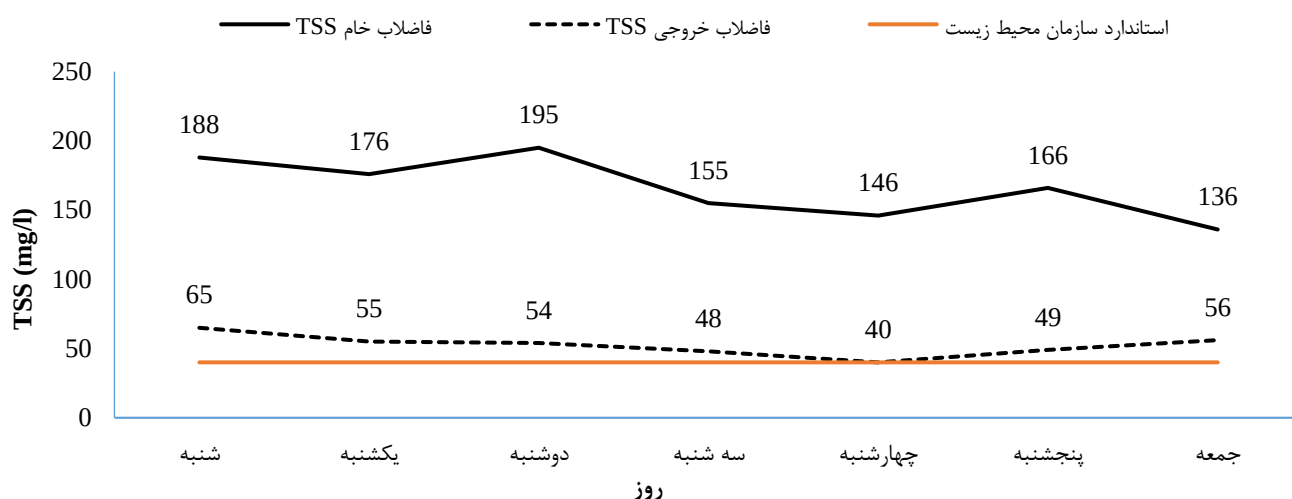
شکل ۳- میزان BOD_5 ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز



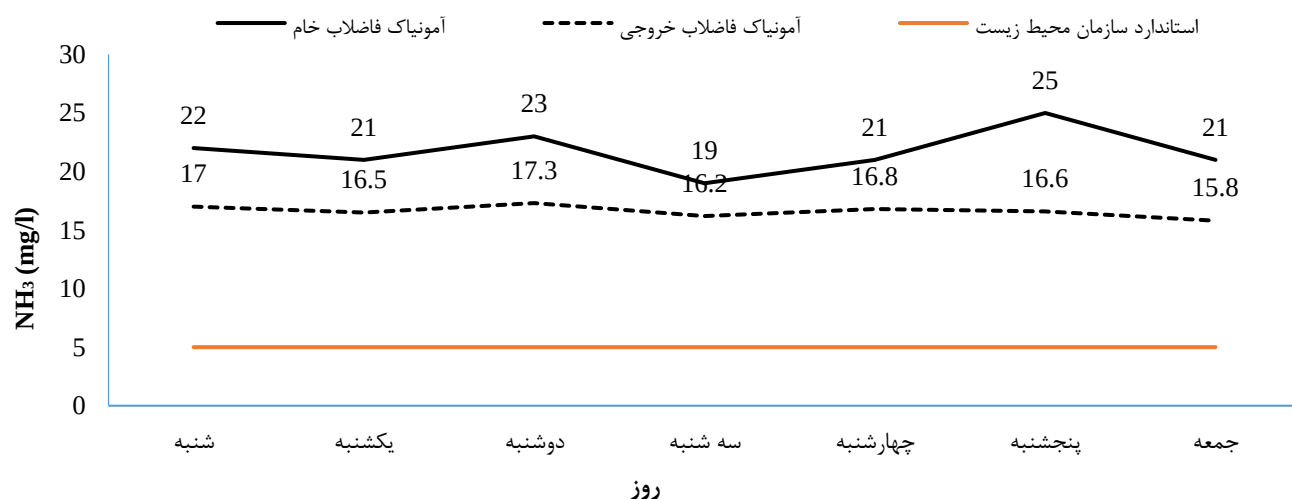
شکل ۴- میزان COD ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز

نتایج مندرج در شکل ۶ مشاهده می‌شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف آمونیاک از فاضلاب ورودی در طول یک‌هفته حداقل ۱۴ درصد، حداکثر ۳۳ درصد و به‌صورت میانگین ۲۴ درصد است. این عملکرد پایین فرآیند لجن فعال، نشان از شوک‌های دبی مختلف در ساعات مختلف شبانه‌روز دارد که در سیستم رخ می‌دهد.

براساس نتایج مندرج در شکل ۵ مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر TSS (کل جامدات معلق) در روزهای نمونه‌برداری در طول یک‌هفته حداقل ۵۹ درصد، حداکثر ۷۲ درصد و به‌صورت میانگین ۶۸ درصد است که با توجه به استانداردهای محیط‌زیستی، میزان کل جامدات معلق فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. همچنین براساس



شکل ۵- میزان کل جامدات معلق ورودی و خروجی تصفیه خانه در حالت بهره برداری بدون استفاده از حوض متعادل ساز



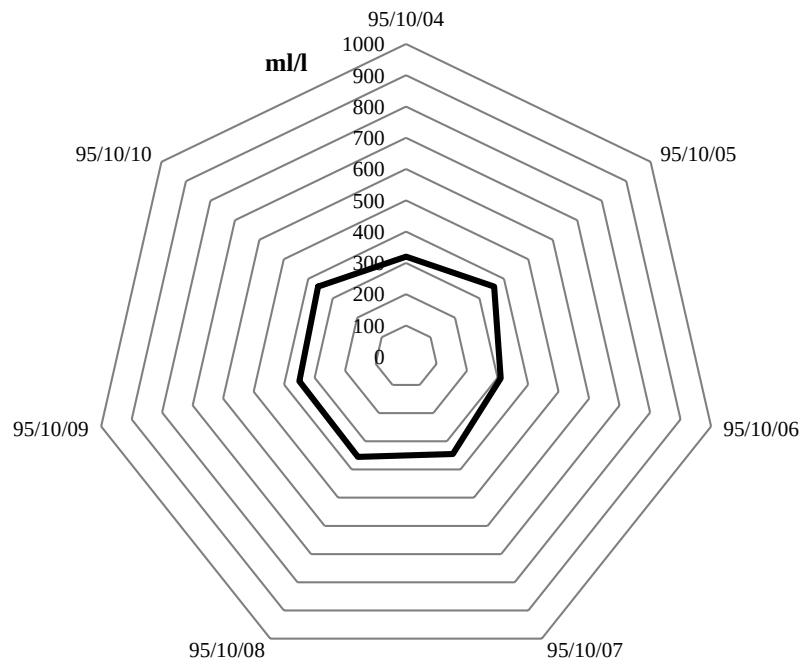
شکل ۶- میزان آمونیاک ورودی و خروجی تصفیه خانه در حالت بهره برداری بدون استفاده از حوض متعادل ساز

۳-۲- تحلیل نتایج حاصل از پایش سیستم لجن فعال در

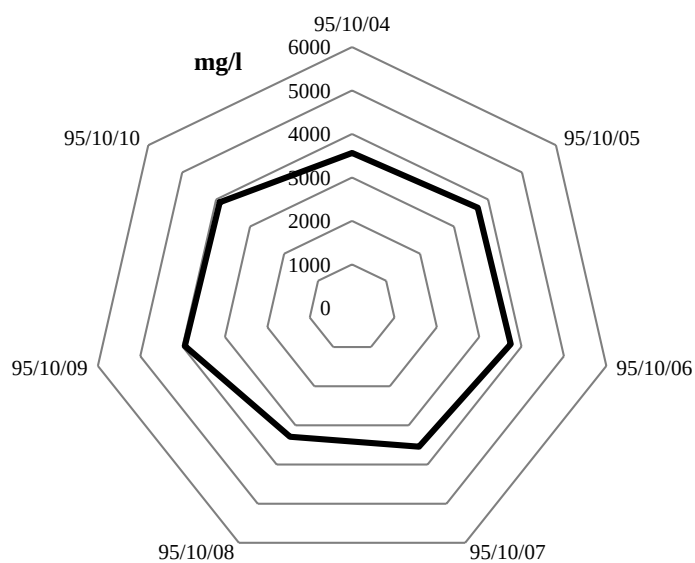
حالت بهره برداری با متعادل سازی

نتایج نشان می دهد که میزان دبی در ساعات مختلف شبانه روز با به کار بردن حوض متعادل ساز، از نوسانات کمی برخوردار است. این میزان نوسان کم در ساعات مختلف سبب پایداری در سیستم لجن فعال و افزایش راندمان فرآیند می شود. براساس نمونه برداری های انجام شده و نتایج مندرج در شکل ۹ مشخص می شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر BOD₅ در روزهای نمونه برداری (مندرج در جداول) در ساعت ۸ صبح در طول یک هفته حداقل ۸۹ درصد، حداکثر ۹۱ درصد و به صورت میانگین ۹۰ درصد است که با توجه به استانداردهای محیط زیستی، میزان BOD فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه های آب یا آب های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب است.

براساس نتایج مندرج در شکل ۵ و بررسی تست استوانه مدرج در روزهای مختلف در ساعت ۸ صبح، مشخص شده است که قابلیت ته نشینی توده بیولوژیک و همچنین میزان MLSS (جامدات معلق مایع مخلوط) به دلیل شوک های دبی و عدم ثبات در میزان F/M و عدم رشد مناسب میکروارگانیسم ها، پایین تر از حد نرمال است. براساس نتایج، میزان ته نشینی نیم ساعته لجن حوض هوادهی در استوانه مدرج در این حالت در طول یک هفته حدود ۳۱۰ الی ۳۶۰ میلی لیتر در یک لیتر استوانه مدرج است که این میزان باید حدود ۷۰۰ الی ۹۰۰ میلی لیتر در یک لیتر استوانه مدرج باشد (شکل ۷). میزان MLSS که برای سیستم لجن فعال متعارف حدود ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر است، در این حالت بهره برداری بین ۳۲۹۰ الی ۳۹۴۵ میلی گرم بر لیتر می شود که این دو مورد، کاهش راندمان فرآیند لجن فعال را در پی خواهد داشت (شکل ۸).



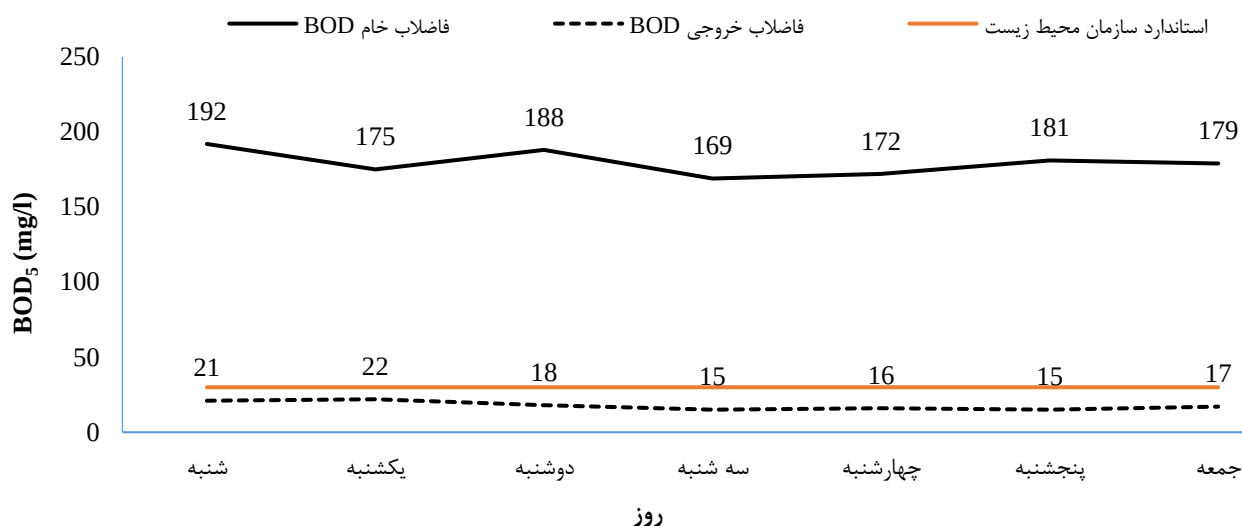
شکل ۷- میزان ته‌نشینی لجناب برداشتی از حوض هوادهی در تست استوانه مدرج برحسب ml/l (تست نیم ساعته)



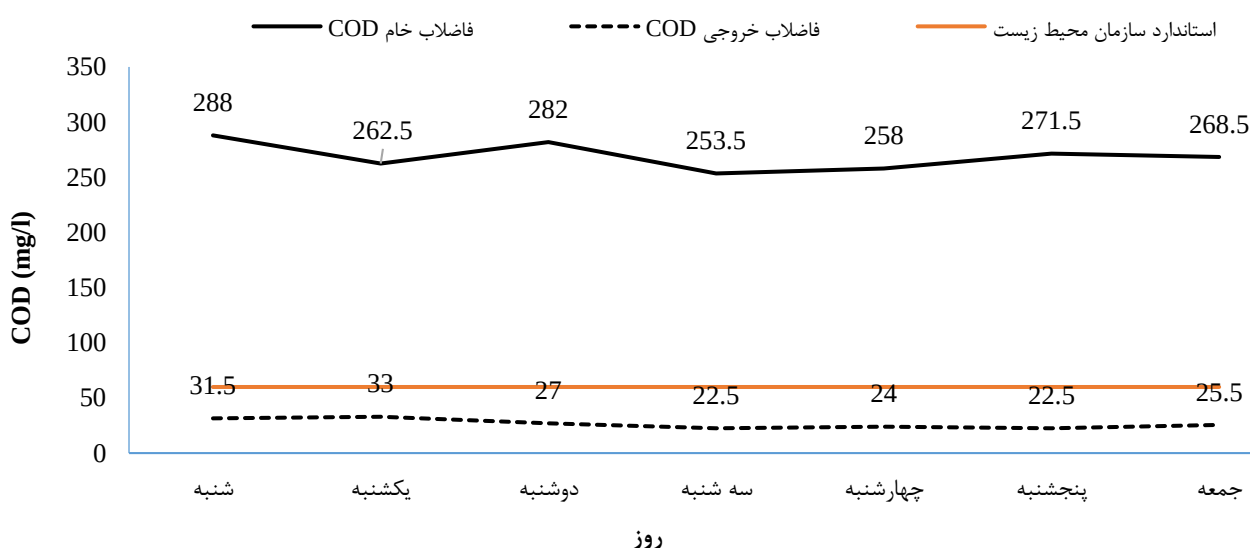
شکل ۸- میزان MLSS مایع مخلوط حوض هوادهی فعال برحسب mg/l

جامدات معلق فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب است. براساس نتایج شکل ۱۲ مشخص می‌شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف آمونیاک از فاضلاب ورودی در طول یک‌هفته حداقل ۷۷/۸۹ درصد، حداکثر ۸۴/۶۲ درصد و به‌صورت میانگین ۸۱/۵۹ درصد است. این عملکرد بالای فرآیند لجن فعال، نشان از ثبات دبی‌های مختلف در ساعات مختلف شبانه‌روز که در سیستم رخ می‌دهد، دارد و سبب بهبود فرآیند لجن فعال شده است.

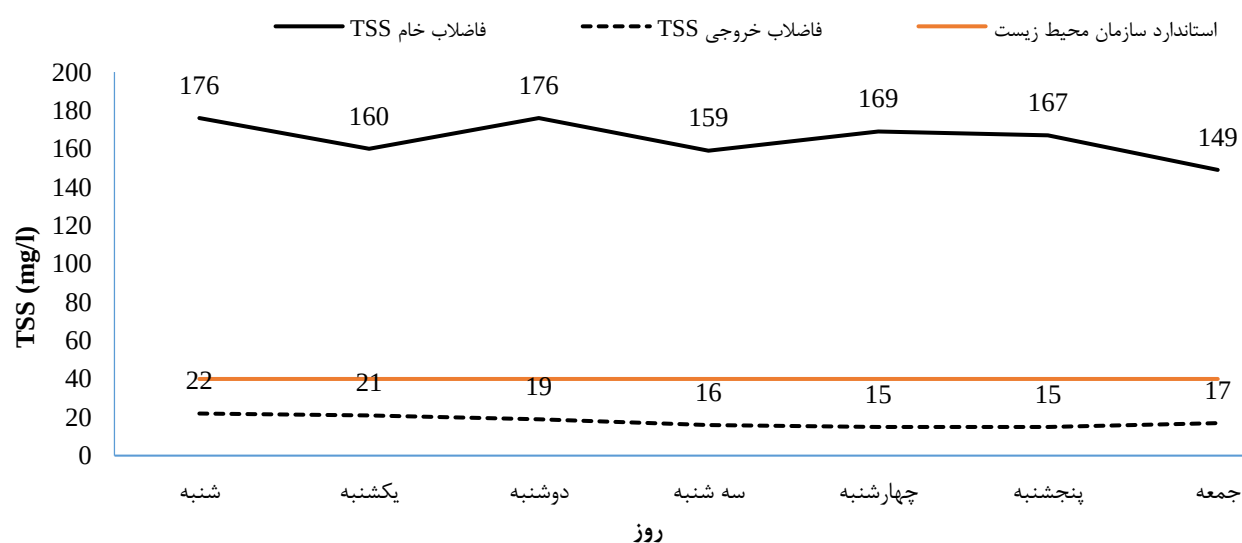
براساس نتایج مندرج در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر COD همانند پارامتر BOD در طول یک‌هفته حداقل ۸۹ درصد، حداکثر ۹۱ درصد و به‌صورت میانگین ۹۰ درصد است. همچنین براساس نتایج ارائه شده در شکل ۱۱، میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر TSS در روزهای نمونه‌برداری در طول یک هفته حداقل ۸۶/۸ درصد، حداکثر ۹۱/۱ درصد و به‌صورت میانگین ۸۹/۱۹ درصد است که با توجه به استانداردهای محیط‌زیستی، میزان کل



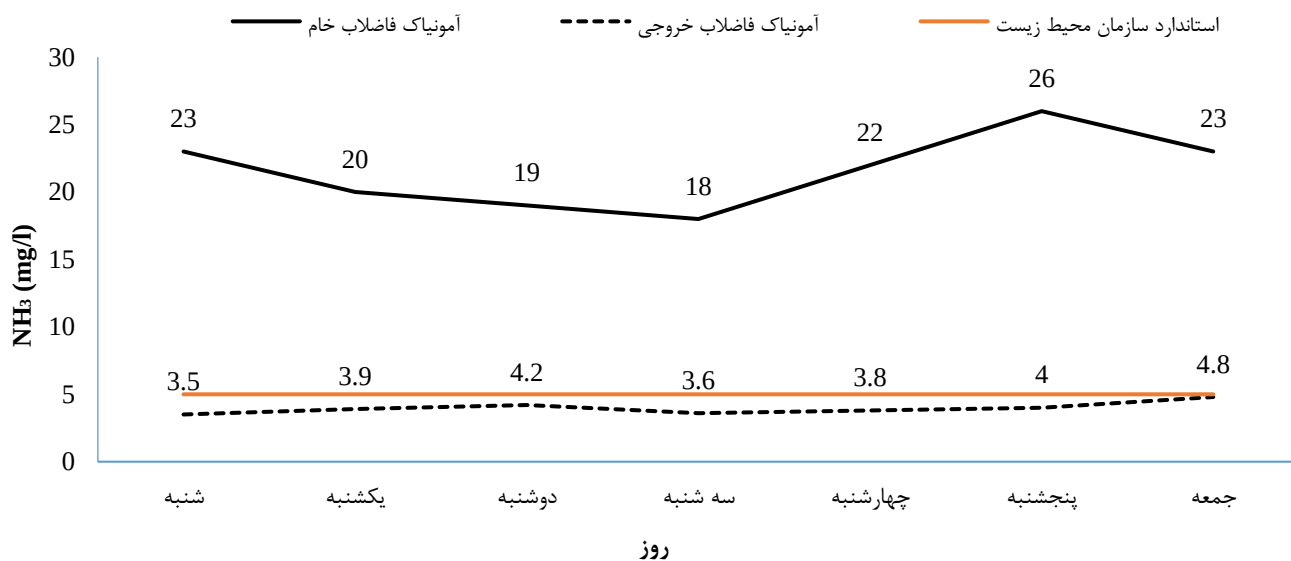
شکل ۹- میزان BOD₅ ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز



شکل ۱۰- میزان COD ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز



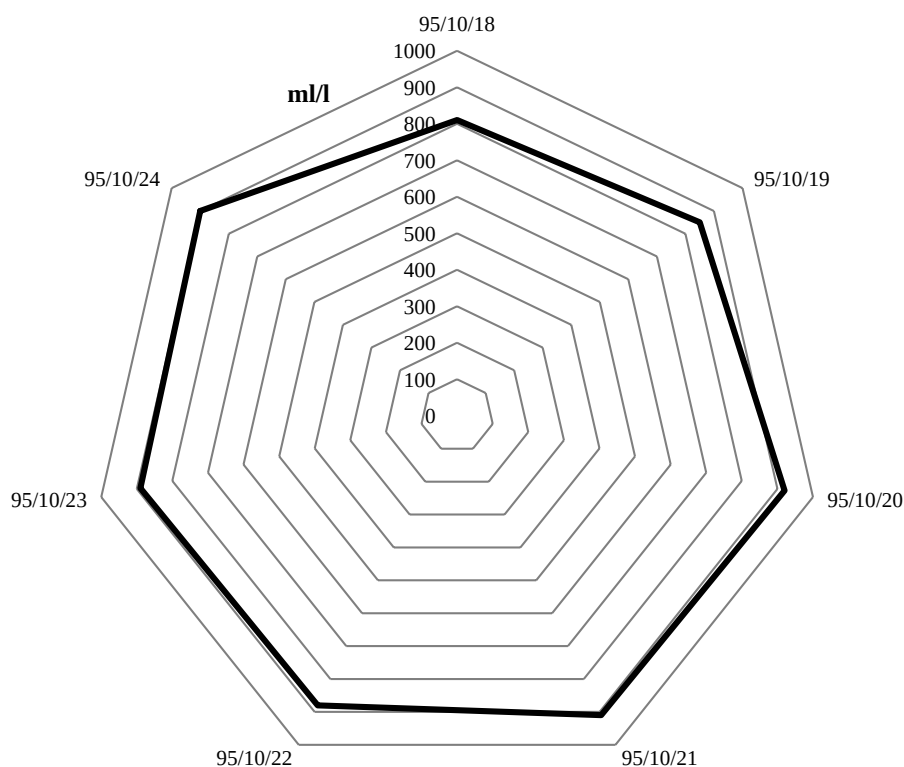
شکل ۱۱- میزان کل جامدات معلق ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری با استفاده از حوض متعادل‌ساز



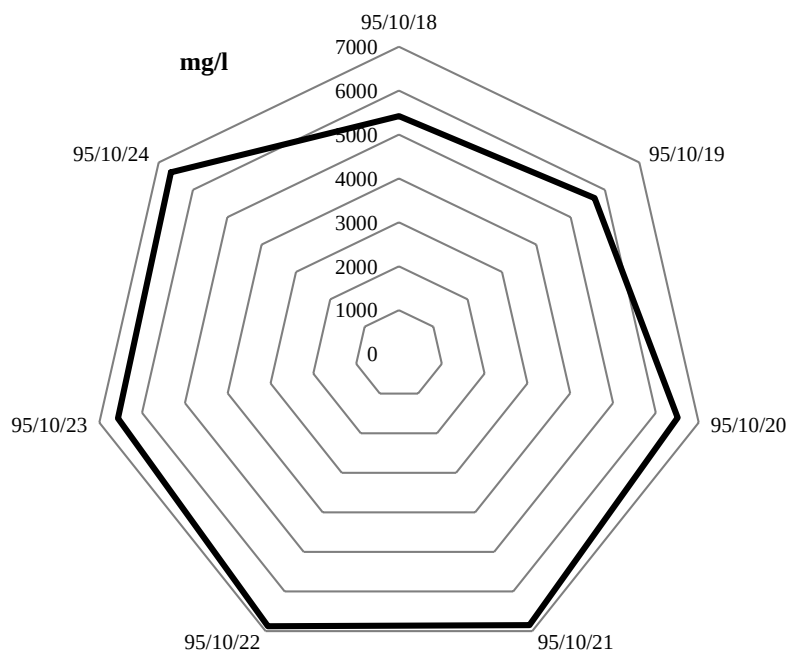
شکل ۱۲- میزان آمونیاک ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری با استفاده از حوض متعادل‌ساز

۱۳). هم‌چنین میزان MLSS که باید برای سیستم لجن فعال حدود ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (و ترجیحاً بیشتر از ۶۰۰۰) باشد، در این حالت بهره‌برداری بین ۵۴۲۱ الی ۶۸۷۷ میلی‌گرم بر لیتر است که این دو مورد افزایش راندمان فرآیند لجن فعال را در پی خواهد داشت (شکل ۱۴).

براساس نتایج تست استوانه مدرج در روزهای مختلف در ساعت ۸ صبح، مشخص شده که قابلیت ته‌نشینی توده بیولوژیک و میزان MLSS (جامدات معلق مایع مخلوط) در حد نرمال و مناسب است. براساس نتایج میزان ته‌نشینی نیم‌ساعته لجن حوض هوادهی در استوانه مدرج در این حالت در طول یک‌هفته حدود ۸۱۰ الی ۹۲۰ میلی‌لیتر در یک لیتر استوانه مدرج است (شکل



شکل ۱۳- میزان ته‌نشینی لجناب برداشتی از حوض هوادهی در تست استوانه مدرج بر حسب ml/l (تست نیم ساعته)



شکل ۱۴- میزان MLSS مایع مخلوط حوض هوادهی فعال بر حسب mg/l

۴- نتیجه گیری

یک لیتر استوانه مدرج است. هم چنین میزان MLSS که باید برای سیستم لجن فعال حدود ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر (و ترجیحاً بیشتر از ۶۰۰۰) باشد، در این حالت بهره برداری بین ۵۴۲۱ الی ۶۸۷۷ میلی گرم بر لیتر است که این دو مورد، افزایش راندمان فرآیند لجن فعال را در پی خواهد داشت.

۵- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آقای مهندس امیری رئیس بخش تاسیسات راهبردی تصفیه خانه ۳۷ و هیئت داوران که ما را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری کرده اند، تشکر و قدردانی می شود.

۶- مراجع

الماسی، ع.، درگاهی، ع.، دل انگیزان، س.، هاشمیان، ا.، و نادری، م.، (۱۳۹۵)، "مقایسه هزینه - اثربخشی سیستم های لجن فعال با سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب در استان کرمانشاه"، مجله آب و فاضلاب، ۲۷(۳)، ۴۴-۵۳.
حسینی، ا. ح.، جاوید، ا. ح.، ترابی، ع.، حسینیان، م.، و حیات بخش، ا.، (۱۳۸۸)، "بررسی عملکرد سیستم های هوادهی (لجن فعال) با بستر ثابت در تصفیه فاضلاب های با بار آلودگی بالا"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۱(۴)، ۹-۱.

نتایج این تحقیق نشان می دهد که میزان دبی ورودی به تصفیه خانه در ساعات مختلف شبانه روز به دلیل جمعیت پایین تحت پوشش، از نوسانات بالایی برخوردار است. این میزان نوسان در دبی های بالا سبب شوک های مختلف به سیستم بیولوژیک و میکروارگانیسم های موجود در سیستم لجن فعال شده و سبب کاهش راندمان فرآیند و ایجاد اتصال کوتاه در حوض های ته نشینی و فرار لجن می شود. براساس نمونه برداری های صورت گرفته مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در طول یک هفته در حذف پارامتر BOD_5 ، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین به ترتیب ۶۱، ۶۱، ۶۸ و ۲۴ درصد است که مطابق استانداردهای پساب خروجی، پساب تصفیه شده برای تزریق به چاه های آب یا آب های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. براساس نتایج، با به کار بردن حوضچه متعادل سازی و کنترل دبی ورودی به حوض هوادهی در نرخ ۱۲ مترمکعب بر ساعت، راندمان حذف پارامترهای BOD_5 ، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین در طول یک هفته به ترتیب به مقادیر ۹۰، ۹۰، ۸۹/۱۹ و ۸۱/۵۹ درصد ارتقا یافت. هم چنین با بررسی تست استوانه مدرج در روزهای مختلف، مشخص شد میزان ته نشینی نیم ساعته لجن حوض هوادهی در استوانه مدرج در این حالت در طول یک هفته حدود ۸۱۰ الی ۹۲۰ میلی لیتر در

- wastewater using a filter with a plastic waste filling", *Journal of Water Process Engineering*, 29(1), 1-10.
- Eikelboom, D.H., (2000), *Process control of activated sludge plants by microscopic investigation*, IWA Publishing, London.
- Fillos, J., Katehis, D., Ramalingman, K., Carrio, L.A., and Gopalakrishnan, K., (2000), "Determination of nitrifier growth rate in New York city water pollution control plants", *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2000(13), 585-601.
- Hung, J., and Cheng, M.D., (1984), "Measurements and new applications of oxygen uptake rates in activated sludge process", *Journal Water Pollution Control Federation*, 56(1), 787-798.
- Kwiatkowska, A., and Zielinska, M., (2020), "Waste-organics supported treatment of nitrogen-rich digester supernatant", *Journal of Water Process Engineering*, 37(1), 2-8.
- Ottoson, A., Hansen, B., Björleinius, H., Norder, M., and Stenström, T., (2018), "Removal of viruses, parasitic protozoa and microbial indicators in conventional and membrane processes in a wastewater pilot plant", *Water Research*, 40(7), 1449-1457.
- Parker, D.S., Kinnear, D.J., and Wahlberg, E.J., (2001), "Review of folklore in design and operation of secondary clarifiers", *Journal of Environmental Engineering*, 127(1), 476-484.
- Parkin, G.F., and McCarty, P.L., (1981), "Source of soluble organic nitrogen in activated sludge effluents", *Journal Water Pollution Control Federation*, 53(1), 89-98.
- Petrovic, J., Radjenovic, D., and Barcalona, M., (2017), "Elimination of emerging contaminants (surfactants, pharmaceuticals) by membrane bioreactor", *MBR Technology*, 1164(1), 65-73.
- Stephenson, S., Judd, B., Jefferson, K., and Brindle, M., (2019), *Membrane Bioreactors for wastewater treatment*, IWA publishing, London.
- Tchobanoglous, G., and Burton, F., (1991), *Wastewater engineering, treatment, disposal, and reuse*, Metcalf & Eddy, USA.
- حسینی، م.، بیگی خسروشاهی، ی. و آق‌بلاغی، س.، (۱۳۹۷)، "مدل‌سازی راکتور لجن گرانولی هوازی برای بررسی اثر اکسیژن و بار ورودی بر حذف همزمان COD، نیتروژن و فسفر"، *مجله آب و فاضلاب*، ۳۰(۶)، ۹۰-۹۸.
- داغبندان، ا.، طالشی فرشته، ع.، و یعقوبی، م.، (۱۳۹۵)، "مقایسه شبکه‌های عصبی نوع GMDH چندهدفی و شبکه خودباوری بیزین در پیش‌بینی کدورت آب تصفیه‌شده مطالعه موردی: تصفیه‌خانه بزرگ آب گیلان"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۷(۲)، ۸۳-۷۱.
- دهقان کنگ زیتون، ع.ا.، غلامی، م.، فرزاد کیا، م.، جوادی، ز.، و مویدی، ا.، (۱۳۸۸)، "ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی ایران"، *سلامت کار در ایران*، ۴(۶)، ۴۵-۵۱.
- کریمی، ع.، مهردادی، ن.، هاشمیان، س.ج.، نبی بیده‌ندی، غ.ر.، و توکلی مقدم، ر.، (۱۳۸۹)، "انتخاب فرآیند بهینه تصفیه فاضلاب با استفاده از روش AHP"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۱(۴)، ۱۲-۲.
- کریمی، ف.، عروجی، ن.، و تکدستان، ا.، (۱۳۹۶)، "بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر اهواز و مقایسه آن با استانداردهای آب شرب در سال ۱۳۹۵"، *نشریه علوم مهندسی آب و فاضلاب*، ۲(۳)، ۵۱-۶۰.
- موسویان، س.، تکدستان، ا.، و نیسی، ع.، (۱۳۹۴)، "تعیین ضرایب سینتیکی واحد لجن فعال با اختلاط کامل تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی کشت و صنعت نیشکر"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۶(۲)، ۶۲-۷۰.
- Abdulsalam, M., Cheman, H., Yunos, K. F., Abidin, Z.Z., Idris, A.I., and Hamzah, M.H., (2020), "Augmented yeast-extract and dairy-waste for enhancing bio-decolourization of palm oil mill effluent using activated sludge", *Journal of Water Process Engineering*, 36(1), 1-13.
- Alves, M.S., Lima, G.R., Araujo, A.L., Silva, F.J., and Pereira, E.L., (2020), "Monte Carlo simulation in the evaluation of failure probability in waste stabilization ponds", *Journal of Water Process Engineering*, 38(1), 1-7.
- Barker, P.L., and Dold, P.L., (1997), "General model for biological nutrient removal in activated sludge systems: model presentation", *Journal of Water Environment Research*, 69(5), 969-984.
- Choi, H.Y., (2018). "Effect of membrane type and material on performance of a submerged membrane bioreactor", *Chemosphere*, 71(5), 853-859.
- Dacewicz, W., and Chmielowski, K., (2019), "Application of multidimensional clustering for an assessment of pollutants removal from domestic



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

Research Paper

مقاله پژوهشی

Assessing Performance of Financial Factors of
Urban Water and Wastewater Industries
Using Data Envelopment Analysis

ارزیابی عملکرد شاخص‌های مالی صنعت آب و فاضلاب
شهری با تاکید بر اندازه شرکت، رویکرد مدل تحلیل
پوششی داده‌ها

Abdolmajid Rahpeima^{1*} and Mohammad Davoodabadi²

1- Ph.D. Student of Political Science, Islamic Azad University of Central Tehran Branch, Tehran, Iran.

2- Accounting Expert, National Water and Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran.

* Corresponding Author, Email:

rahpeima2017@gmail.com

عبدالمجید راه‌پیمای^{۱*} و محمد داودآبادی^۲

۱- دانشجوی دکتری علوم سیاسی، گرایش سیاست‌گذاری عمومی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، تهران، ایران.

۲- کارشناس حسابداری، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: rahpeima2017@gmail.com

Received: 23/01/2021

Revised: 07/04/2021

Accepted: 26/04/2021

© IWWA

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۴

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۰/۰۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶

© انجمن آب و فاضلاب ایران

Abstract

چکیده

In today's world, considering economic, social, cultural political and marketing conditions of institutional units, limits of recourses and importance of efficiency in order to achieve ideological goals is instrumental. Regarding certain governing principals of water and wastewater industry, price controlling by government in particular upgrading efficiency can solve a big portion of industry's problems. In this research, Performance of financial factors such as liquidity, economic activity, profitability and investment with data envelopment analysis is compared to the common method of assessing factors in 2017 in the domain of urban water and wastewater industry. Because of non-homogeny of statistical population, the focus was on the company's parameter differential. The results show that the data envelopment analysis can determine the efficiency in administrative planning and deciding with high precision. According to the research results, the holding companies of water and wastewater industry greatly vary in efficiency. Also after grouping the holding companies to 5 independent groups with some certain factors, there is a significant difference between financial efficiency and size of companies with assuming constant return to scale and if assumed variable return to scale there is no significant difference.

امروزه نظر به شرایط اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و شرایط کسب و کار واحدهای نهادی و محدودیت منابع، نقش و اهمیت کارآمدی و بهره‌وری در راستای نیل به رسالت‌های سازمانی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. با توجه به مشخصه‌های خاص حاکم بر صنعت آب و فاضلاب به ویژه کنترل قیمت‌ها توسط دولت، ارتقای بهره‌وری می‌تواند بسیاری از مشکلات این صنعت را برطرف کند. در این پژوهش، عملکرد شاخص‌های عملکرد مالی شامل نقدینگی، فعالیت، اقتصادی، سودآوری و سرمایه‌گذاری با رویکرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها در قیاس با شیوه متداول سنجش شاخص‌ها در سال ۱۳۹۶ برای مدیریت بخشی صنعت آب و فاضلاب شهری انجام شده است. به دلیل غیرهمگن بودن جامعه آماری، بر متغیر اندازه شرکت تمرکز شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل تحلیل پوششی داده‌ها، با ضریب اطمینان زیاد قادر به شناسایی کارآمدی در راستای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مدیریت است. برپایه نتایج پژوهش، شرکت‌های هلدینگ صنعت آب و فاضلاب از نظر کارآمدی بسیار متفاوت هستند. هم‌چنین بعد از گروه‌بندی شرکت‌های هلدینگ صنعت به ۵ گروه مستقل با برخی شاخص‌های خاص، بین کارآمدی شاخص‌های مالی با فرض بازده نسبت به مقیاس ثابت و اندازه شرکت تفاوت محسوسی وجود دارد و با فرض متغیر نسبت به مقیاس، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

Keywords: Data envelopment analysis, Financial indices, Urban water and wastewater industries.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص‌های مالی، ارزیابی عملکرد مالی و صنعت آب و فاضلاب.

شامل ساخت فواصل اطمینان برای غلبه بر ماهیت قطعی مدل تحلیل پوششی داده‌های معمولی و متغیرهای برون‌زا مانند تعداد مشترکین و میزان بارندگی سالانه در هر منطقه برای شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر کارآمدی فنی در نظر گرفته شده است.

Xin Dong et al. (2018) برای بررسی پایداری زیرساخت‌های آب و فاضلاب در ۱۵۷ شهر چین، روش تحلیل پوشش داده‌ها را توسعه دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که عملکرد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در مقایسه با سیستم‌های آبرسانی، بر نمره پایداری سیستم تأثیر بیشتری دارد. همچنین نتایج حاکی از آن است که نمره پایداری نسبت به تولید لجن و مصرف برق حساس است.

Molinos Senante et al. (2018) کارآمدی شرکت‌های آب و فاضلاب شیلی را با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده بوت استرپ شده دابل بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که کارآمدی مدل معرفی شده از مدل تحلیل پوششی داده‌های متعارف بسیار تفاوت دارد. علاوه بر این، مشخص شد که درصد آب بدون درآمد و تراکم انشعاب در کارآمدی شرکت‌های آب و فاضلاب شیلی نقش بسیار مهمی دارند.

در این پژوهش سودآوری (کنترل و مدیریت هزینه‌های عملیاتی در صنعت آب و فاضلاب)، در راستای امکانات موجود (شاخص‌های ارزیابی عملکرد مالی) نقد و بررسی شده است. محدوده زمانی پژوهش دوره مالی ۱۳۹۶ و در محدوده مکانی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری (۳۵ شرکت با شخصیت حقوقی مستقل) انجام شده است. همچنین نظر به گستردگی محاسبات از نرم‌افزارهای جامع EMS و MATLAB7.3 و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از بسته نرم‌افزارهای SPSS24 و MINITAB17.6 استفاده شده است.

۲- ضرورت و اهمیت موضوع

واحدهای نهادی برای شناسایی کارآمدی در راستای ارزیابی عملکرد، شاخص‌های گوناگونی را در زمینه‌هایی مختلف تولید و از شیوه‌هایی مانند تجزیه و تحلیل کمی و کیفی استفاده می‌کنند. گرچه این نوع شاخص‌ها و ارزیابی‌ها، اطلاعات مفیدی را فراهم می‌آورند، اما به دلیل غیرعلمی بودن و در نظر نگرفتن تمام شاخص‌ها با یکدیگر، تصویر جامعی از کارآمدی و اثربخشی فعالیت‌ها به دست نخواهد داد. با توجه به این که شاخص‌های کارآمدی، حوزه‌های عملکردی متفاوتی را پوشش می‌دهند که هر واحد نهادی تحت پوشش شرکت مادر (هلدر) می‌تواند در برخی از

تلاش برای بهبود و استفاده موثر از منابع، هدف تمام واحدهای نهادی اقتصادی است و در این راستا، کارآمدی به عنوان ابزاری اثربخش، برای برنامه‌ریزی استفاده فراوان می‌شود. با توجه به محدودیت منابع واحدهای نهادی، به طوری که فراهم کردن این منابع مستلزم صرف هزینه‌های زیادی است، تنها راه امکان پذیر کسب حداکثر بازدهی، استفاده از حداقل منابع است. واحدهای نهادی در راستای ارزیابی عملکرد از شیوه‌های متنوعی استفاده می‌کنند. این شیوه‌ها بیش‌تر به طور عمده بر پایه تعدادی شاخص‌های بنیادین است که پس از محاسبه و تجزیه و تحلیل ارایه می‌شوند. هر چند این شاخص‌ها، تا حدودی نشان از عملکرد در زمینه‌های گوناگون دارند، اما به دلیل لحاظ نکردن هم‌زمان شاخص‌ها با یکدیگر تصویر جامع و کاملی از ارزیابی عملکرد ارایه نمی‌کنند. با این رویکرد، نقش مدل‌های کمی که از اعتبار و پایه‌های علمی برخوردارند، در ارزیابی عملکرد نمایان می‌شود. با رویکرد مدل‌های کمی با ضریب اطمینان بسیار زیادی به نتایج قابل ملاحظه‌ای در راستای برنامه‌ریزی می‌توان دست یافت.

در این پژوهش، با رویکرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها، کارآمدی شاخص‌های نقدینگی، فعالیت، اهرمی و اقتصادی (به عنوان نهاد) در راستای نتایج شاخص‌های سودآوری (ستاندها) نقد و بررسی شده است. در ادامه، بر پایه شناسایی و اندازه‌گیری شرکت‌های صنعت بر پایه پنج مشخصه (لگاریتم مجموع دارایی‌ها، تعداد آحاد مشترکان، حجم فروش آب و دفع فاضلاب، مبلغ ریالی فروش خالص و تعداد کارکنان)، کارآمدی شاخص‌های فوق از طریق تحلیل واریانس سنجش شده تا ارتباط متقابل اندازه شرکت در عملکرد شاخص‌های مدل شناسایی شوند. در این راستا شاخص‌های عملکرد مالی نقدینگی، فعالیت، اهرمی و اقتصادی به عنوان داده (درونداد- داده) و عملکرد شاخص‌های سودآوری به عنوان ستانده (برونداد) لحاظ شده است. صنعت آب و فاضلاب به عنوان صنعتی با مشخصه‌های خاص، برای افزایش کارآمدی در انجام وظایف و حصول اطمینان از پیشرفت فعالیت‌ها، به مراقبت‌های مستمر نیازمند است، بنابراین شناسایی کارآمدی و برنامه‌ریزی برای بهبود و ارتقا، از ابزارهای مهم مدیریتی است.

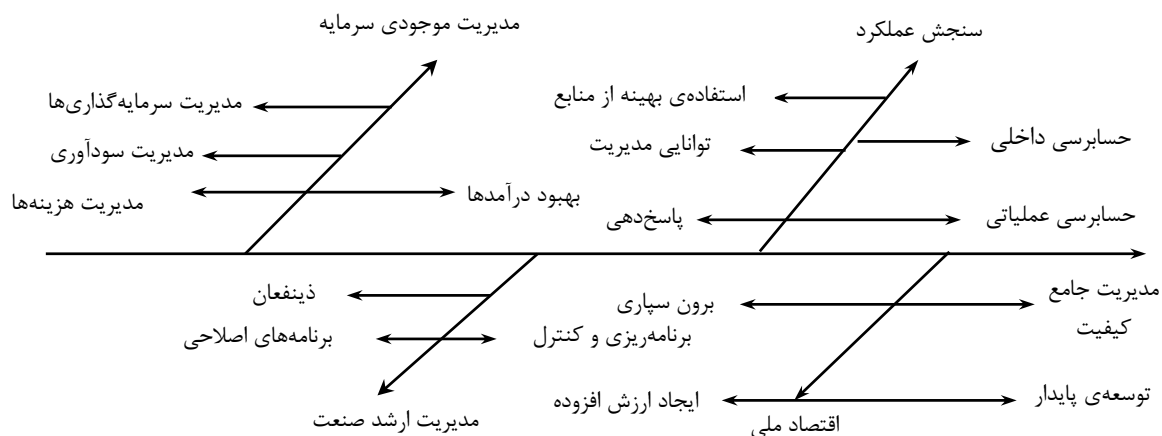
در سال‌های اخیر، در زمینه محاسبه کارآمدی شرکت‌های آب و فاضلاب در سطح خارجی مطالعات گسترده‌ای انجام شده است. Gamze Gungor Demirci et al. (2018) با استفاده از تحلیل پوشش داده‌های دو مرحله‌ای عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب کالیفرنیا را در سال ۲۰۱۴ بررسی کردند. در مطالعه آن‌ها، روش بوت استرپ

اصلاحی در راستای افزایش و بهبود وضعیت موجود موثرند. ضرورت انجام این پژوهش، موارد زیر است:

- ارایه شیوه‌ای علمی برای شناسایی کارآمدی شاخص‌های مالی در مقابل شیوه‌های سلیقه‌ای به‌عنوان یک فرهنگ سازمانی در مسیر برنامه‌ریزی‌های آتی؛
- محاسبه کارآمدی شرکت‌های آب و فاضلاب در راستای توجه به شاخص‌های مالی و مقایسه‌ی آن‌ها با یک‌دیگر؛
- شناسایی عوامل موثر بر عدم کارآمدی شاخص‌های مالی و ارایه پیشنهادهایی برای افزایش و بهبود کارآمدی عملکرد.

۴- الزام‌های شناسایی کارآمدی و بهره‌وری

صرف‌نظر از اهمیت کارآمدی و بهره‌وری با توجه به محدودیت منابع مندرجات این تحقیق، که در سطح بخشی صنعت آب و فاضلاب انجام شده، ضرورت و الزام‌های بهره‌وری در سطح کلان مطابق شکل ۱ است. کارآمدی و بهره‌وری در صنعت آب و فاضلاب با توجه به وظیفه‌هایی که مطابق قانون محول شده، نظر به شرایط خاص صنعت آب و فاضلاب در راستای رسالت سازمانی، نیاز به سرمایه‌گذاری فراوان، قیمت‌گذاری اجتماعی در مقابل اقتصادی، دیدگاه اقتصاد ملی، سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم قانون اساسی، برنامه‌ریزی بخشی، قانون جامع هدف‌مندی‌سازی یارانه‌ها، مبانی توسعه‌ی پایدار، رشد اقتصادی، انتظارات ذی‌نفعان و... حایز اهمیت است.



شکل ۱- نمودار ایشی کاوا (استخوان ماهی) ضرورت و اهمیت ارزیابی عملکرد شاخص‌های مالی در صنعت آب و فاضلاب

شیوه استفاده می‌شود که داده‌های محیطی به گونه‌ای طبیعی موجود باشند یا از واقعیت‌هایی که بدون دخالت مستقیم محقق رخ داده فراهم شود. این شیوه برای انجام پژوهش‌هایی است که پژوهش‌گر در جست و جوی علت روابط معینی است که در گذشته

این حوزه‌ها دارای قوت و یا ضعف باشد، لذا بهره‌گیری از مدل‌های علمی به‌لحاظ درنظر گرفتن ترکیبی شاخص‌های گوناگون در حوزه‌های مختلف، تاثیر به‌سزایی بر نتایج عملکرد در راستای فرآیند مدیریت دارند. در حال حاضر بیش‌تر برای ارزیابی عملکرد از شیوه‌های تحلیل شاخص‌ها در صنعت آب و فاضلاب استفاده می‌شود. این شیوه تناقضات، عدم‌توجه به شاخص‌ها و معیارهای کیفی، فقدان شناسایی نقاط ضعف در استفاده از منابع موجود، فقدان توانایی در تعیین و ارایه شیوه‌هایی برای بهبود وضعیت فعلی، عدم امکان محاسبه کارآمدی هم‌زمان نهاده‌ها و ستانده‌ها و عدم وزن و لحاظ کردن درجه و اهمیت شاخص‌ها دارند.

بنابراین استفاده از مدل‌های علمی مانند مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌جای شیوه‌های تجزیه و تحلیل شاخص‌ها امکان می‌دهد که نتیجه شناسایی کارآمدی و ارزیابی عملکرد علمی‌تر شده و فرآیند برنامه‌ریزی‌ها و اقدام‌های اصلاحی در بستری از داده‌های منطقی قرار بگیرند. مدل تحلیل پوششی داده‌ها (در این پژوهش از آن استفاده شده)، برخلاف بسیاری از مدل‌های مرسوم در اندازه‌گیری کارآمدی توانمندی‌های علمی فراوانی دارند.

۳- هدف‌ها و ضرورت‌ها

نتایج شناسایی کارآمدی در زمینه‌های گوناگون که از مدل تحلیل پوششی داده‌ها حاصل می‌شود به‌عنوان ابزاری اثربخشی برای مدیریت در زمینه شناسایی نقاط قوت، ضعف و ارایه برنامه‌های

۵- روش‌شناسی (شیوه پژوهش)

این پژوهش، از منظر هدف از نوع کاربردی است و از طرح شبه تجربی و رویکرد پس‌رویدادی استفاده می‌کند. زمانی از این

مبانی نظری، داده‌ها (نهادها و ستاندها) از نوع توصیفی است (شکل ۲).

رخ داده و تمام شده است. بنابراین، پژوهش‌های فوق، از روایی بالایی برخوردارند. همچنین روش تحقیق از جوانب گردآوری،



شکل ۲- ساختار پژوهش ضرورت و اهمیت ارزیابی عملکرد شاخص‌های مالی در صنعت آب و فاضلاب

خروجی شامل شاخص سودآوری، u وزن خروجی‌ها، n تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده (تعداد شرکت‌های آب و فاضلاب شهری)، s تعداد خروجی‌ها و m تعداد ورودی‌ها هستند.

۶- انتخاب مدل نهایی

با لحاظ کردن خصوصیات و فرآیند عملیات تولیدی شرکت‌های آب و فاضلاب، مدل نهایی مورد استفاده برای محاسبه کارآمدی فنی کل، مقیاس و فنی خالص به شرح مدل‌های ۱ و ۲ است. در مدل ۱ فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس و در مدل ۲ فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس در نظر گرفته شده است (امامی میبیدی، ۱۳۹۰). در این تحقیق از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های ورودی محور استفاده شده است.

$$\begin{aligned} \text{MAX } Z_k &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \\ \text{St : } \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} &= 1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} < 0, \quad (j=1,2,3,\dots,n)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

$$\begin{aligned} \min y_0 &= \theta - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s S_r^+ + \sum_{i=1}^m S_i^- \right) \\ \text{St : } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- &= \theta x_{ik} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + S_r^+ = y_{rk} \quad (r=1,2,3,\dots,n, j \neq k)$$

$$\lambda_j \geq 0, S_r^+ \geq 0, S_i^- \geq 0$$

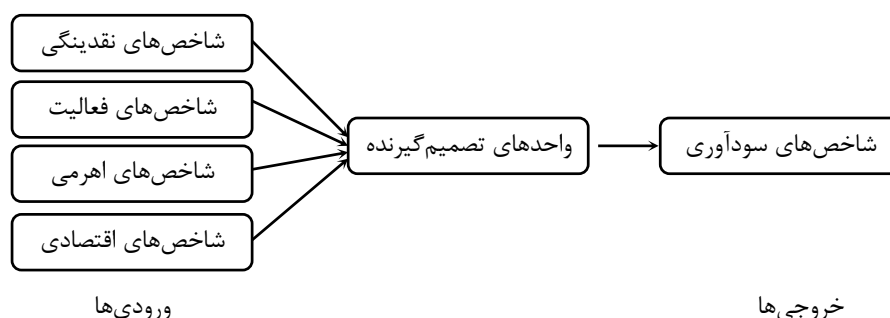
که x : ورودی‌ها شامل، شاخص‌ها نقدینگی، شاخص‌های فعالیت، شاخص‌های اهرمی و شاخص‌های اقتصادی، v : وزن ورودی‌ها، y :

۷- نهادها و ستاندها

نهادها و ستاندها برای شناسایی کارآمدی شرکت‌های آب و فاضلاب با توجه به خصوصیات و فرآیند عملیات تامین و توزیع آب و خدمات مرتبط با فاضلاب در شکل ۳ لحاظ شده است. اطلاعات ورودی‌ها و خروجی‌های مربوط به شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سال ۱۳۹۶ از دفتر مجامع و نظارت مالی شرکت مهندسی دریافت شده است (دفتر مجامع و نظارت مالی، ابجد و نتایج عمل، ۱۳۹۷). مطابق شکل ۳، فهرست شاخص‌های ارزیابی عملکرد صنعت آب و فاضلاب، در جدول ۱ ارائه شده است.

۸- یافته‌های پژوهش

محاسبه کارآمدی از طریق مدل تحلیل پوششی داده‌ها، مستلزم مدل‌سازی برنامه‌ریزی خطی است. مطابق هدف‌های پژوهش، نیاز به تنظیم ۳۵ مدل برنامه‌ریزی خطی که هر مدل آن دارای ۳۵ محدودیت است که از اعلام آن‌ها صرف‌نظر می‌شود و فقط جدول‌های نتایج نهایی پژوهش ارائه می‌شود. کارآمدی شرکت‌های آب و فاضلاب و رتبه‌بندی آن‌ها براساس کارآمدی فنی خالص در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۳- نمودار مدل مفهومی پژوهش بررسی کارآمدی شاخص‌های عملکرد مالی صنعت آب و فاضلاب

جدول ۱- فهرست تفصیلی نهاده‌ها و ستانده‌های پژوهش (مجموع شاخص‌های عملکرد مالی)

ستاندها	نهاده‌ها			
سودآوری	اقتصادی	اهرمی	فعالیت	نقدینگی
- بازده دارایی - بازده ارزش ویژه - دوره بازگشت دارایی - زیان عملیاتی	ارزش افزوده	- نسبت بدهی - نسبت ارزش ویژه	- گردش بدهی‌ها - گردش موجودی - گردش دارایی - دوره وصول مطالبات	- نسبت جاری - نسبت آبی - سرمایه در گردش

جدول ۲- کارآمدی شاخص‌های مالی شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۶ (ارقام: درصد)

عنوان	فنی کل	مقیاس	فنی خالص (مدیریت)	رتبه بر اساس کارآمدی فنی خالص
تهران	۲۳۱/۸	۲۳۷	۹۷/۸	۱
کاشان	۱۹۳	۲۰۱	۹۶	۲
مشهد	۱۲۹/۱	۱۳۴/۷	۹۵/۸	۳
گیلان	۱۲۷/۴	۱۳۵/۸	۹۳/۸	۴
خراسان رضوی	۱۰۱/۴	۱۰۸/۲	۹۳/۷	۵
اصفهان	۲۱۸	۲۳۳	۹۳/۶	۶
شیراز	۹۷/۵	۱۰۴/۷	۹۳/۱	۷
بوشهر	۹۷/۲	۱۰۶	۹۱/۷	۸
یزد	۲۴۱	۲۶۵/۲	۹۰/۹	۹
کهکیلویه	۹۰/۹	۱۰۳/۱	۸۸/۲	۱۰
آذربایجان شرقی	۱۹۸/۸	۲۲۸/۳	۸۷/۱	۱۱
خوزستان	۱۲۳/۱	۱۴۱/۴	۸۷/۱	۱۲
مرکزی	۱۱۴	۱۳۲/۶	۸۶	۱۳
کرمان	۱۹۰	۲۲۲	۸۵/۶	۱۴
خراسان جنوبی	۸۸/۳	۱۰۵/۷	۸۳/۵	۱۵
خراسان شمالی	۱۱۴/۹	۱۳۷/۸	۸۳/۴	۱۶
قزوین	۹۷/۴	۱۲۱/۴	۸۰/۲	۱۷
اهواز	۱۳۴/۵	۱۷۵/۹	۷۶/۵	۱۸
البرز	۹۴/۶	۱۲۴/۶	۷۵/۹	۱۹
چهارمحال	۸۶/۶	۱۱۵/۱	۷۵/۲	۲۰
زنجان	۷۴	۹۸/۴	۷۵/۲	۲۱
قم	۱۲۶/۷	۱۷۱	۷۴/۱	۲۲
اردبیل	۸۰/۵	۱۱۰/۷	۷۲/۷	۲۳
ایلام	۸۸/۴	۱۲۲	۷۲/۵	۲۴
مازندران	۷۲/۶	۱۰۱/۵	۷۱/۵	۲۵
سمنان	۷۶/۶	۱۰۸/۴	۷۰/۷	۲۶
آذربایجان غربی	۱۵۲/۲	۲۲۵	۶۷/۶	۲۷
فارس	۷۱/۸	۱۰۸/۹	۶۵/۹	۲۸
سیستان	۷۷/۲	۱۱۹/۸	۶۴/۴	۲۹
هرمزگان	۱۳۶/۱	۲۱۸	۶۲/۴	۳۰
کردستان	۱۳۴/۱	۲۱۸	۶۱/۵	۳۱
گلستان	۵۶/۹	۱۰۱/۵	۵۶/۱	۳۲
لرستان	۱۹۷	۳۶۶	۵۳/۸	۳۳
همدان	۱۱۲/۴	۲۱۸/۴	۵۱/۵	۳۴
کرمانشاه	۴۵/۷	۱۲۷/۹	۳۵/۷	۳۵

۹- بررسی رابطه اندازه شرکت و کارآمدی

در این راستا، پس از استخراج شاخص‌ها برای انجام محاسبات آماری، نظر به تفاوت در مقیاس شاخص‌های فوق، ابتدا پس از بی‌مقیاس کردن شاخص‌ها با رویکرد نرم اقلیدسی^۱ (رابطه (۴)) از طریق شیوه آماری خوشه‌بندی سلسله مراتبی^۲، شرکت‌های هلدینگ صنعت آب و فاضلاب به ۵ گروه طبقه‌بندی (خیلی بزرگ، بزرگ، متوسط، کوچک و خیلی کوچک- طیف لیکرت^۳) شدند (آذر و رجبزاده، ۱۳۸۹). به دلیل گستردگی از ارایه جزئیات آن‌ها صرف نظر شده است. در ادامه برپایه اطلاعات جدول ۱۰ و شناسایی فاکتورهای آزمون تجزیه و تحلیل واریانس) این فرضیه از طریق آزمون آماری تحلیل واریانس بررسی شد.

این سوال همواره وجود دارد که آیا اندازه شرکت بر میزان کارآمدی شاخص‌های عملکرد مالی تاثیرگذار است یا خیر؟ بررسی این سوال در چارچوب یک فرضیه آماری در بستر تجزیه و تحلیل واریانس قابل طرح است (رابطه (۳)). برای این منظور، ابتدا برپایه نظرات برخی از خبرگان صنعت از شاخص‌های لگاریتم مجموع دارایی‌ها (L_01)، تعداد آحاد مشترکان (L_02)، حجم فروش و دفع فاضلاب (L_03)، مبلغ ریالی فروش خالص (L_04) و تعداد کارکنان (L_06) برای سنجش اندازه شرکت‌های آب و فاضلاب در انتهای سال ۱۳۹۶ استفاده شد.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_i r_{ij}^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

$$\begin{cases} H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 \\ H_1 = \text{NOT } H_0 \end{cases} \quad (3)$$

جدول ۳- نتایج آزمون واریانس کارآمدی شاخص‌های عملکرد مالی با اندازه شرکت (سال ۱۳۹۶) با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس

سطح معنی داری Sig.	آماره F	میانگین مجذورات Mean Square	درجه آزادی df	مجموع مجذورات Sum of Squares		
۰/۰۲۶	۳/۲	۶۶۵۴	۴	۲۶۶۱۶	بین گروه‌ها Between Groups	بازدهی ثابت نسبت به مقیاس
-	-	۲۰۷۷	۳۰	۶۲۳۲۳	درون گروه‌ها Within Groups	
-	-	-	۳۴	۸۸۹۳۹	کلی	

شرکت وجود دارد. در واقع هر چه اندازه شرکت بزرگ‌تر باشد، به همان میزان کارآمدی شاخص‌های ارزیابی عملکرد مالی از منظر بازدهی نسبت به مقیاس ثابت بیش‌تر است.

براساس اطلاعات جدول ۳، از آن جایی که سطح معنی داری آزمون (Sig)، کم‌تر از سطح $\alpha=0/01$ است، لذا با احتمال حداکثر ۹۹ درصد اختلاف معنی داری بین کارآمدی عملکرد شاخص‌های مالی با اندازه

جدول ۴- نتایج آزمون واریانس کارآمدی شاخص‌های عملکرد مالی با اندازه شرکت (سال ۱۳۹۶) با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس

سطح معنی داری Sig.	آماره F	میانگین مجذورات Mean Square	درجه آزادی df	مجموع مجذورات Sum of Squares		
۰/۵۰۲	۰/۸۵۵	۳۴۴۰	۴	۱۳۷۶۲	بین گروه‌ها Between Groups	بازدهی متغیر نسبت به مقیاس
-	-	۴۰۲۳	۳۰	۱۲۰۷۰۳	درون گروه‌ها Within Groups	
-	-	-	۳۴	۱۳۴۴۶۵	کلی	

۱۰- بحث، تحلیل و نتیجه‌گیری

همان گونه که گفته شد ارزیابی کارآمدی براساس تعداد زیادی نهاده و ستانده، فعالیتی بسیار پیچیده است و بدون استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، انجام صحیح آن امکان پذیر نیست. نتایج حاصل از این مدل می‌تواند راهنمای مدیریت برای شناسایی

مطابق اطلاعات جدول ۴، از آن جایی که سطح معنی داری آزمون (Sig)، بیش‌تر از سطح $\alpha=0/01$ است، لذا با احتمال حداکثر ۹۹ درصد اختلاف معنی داری بین کارآمدی عملکرد شاخص‌های مالی با اندازه شرکت وجود ندارد. در واقع اندازه شرکت بر میزان کارآمدی شاخص‌های ارزیابی عملکرد مالی از منظر بازدهی نسبت به مقیاس متغیر تاثیر ندارد.

واقعی کارآمدی باشد و با جلوگیری از صرف هزینه‌های اضافی، راهنمای مناسبی برای تصمیم‌های آتی باشد.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها از بهترین شیوه‌های علمی با چندین شاخص نهاده و ستانده است که می‌تواند به جز شناسایی کارآمدی، وزن شاخص‌ها و گروه‌های مرجع کارآمدی را تعیین کند و نتایج آن به‌عنوان یک ابزار مدیریتی برای بهبود فرایند عملیات مورد استفاده قرار گیرد. مطالب زیر ماحصل این پژوهش است:

- مطابق یافته‌های پژوهش در شرکت‌هایی که درصد کارآمدی آن‌ها کم‌تر از ۱۰۰ است شرکت‌های ناکارآمد و شرکت‌هایی که بیش‌تر از ۱۰۰ درصد است، شرکت‌های کارآمد (نسبی) محسوب می‌شوند. این موضوع به صراحت نشان می‌دهد که فعالیت عملکرد شاخص‌های مالی شرکت‌های ناکارآمد در راستای وظایف عملیاتی اقتصادی نبوده و شرکت‌های فوق در ازای منابعی که در اختیار دارند یا مصرف کرده‌اند بازده اقتصادی مطلوب و قابل ملاحظه‌ای نبوده‌اند. این درحالی است که فعالیت شرکت‌هایی که کارآمدی آن‌ها بیش‌تر از ۱۰۰ درصد است، اقتصادی (نه اقتصادی مطلق) است. این نکته ضرورت دارد که شرکت‌های کارآمد نیز باید فعالیت‌های ارزنده‌ای را درخصوص حفظ درجه کارآمدی و بهبود آن انجام دهند.

- میانگین هندسی کارآمدی صنعت آب و فاضلاب به رویکرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس ۱۱۹/۲ درصد و بازده متغیر نسبت به مقیاس ۱۵۸/۵ درصد است. این موضوع به‌صراحت نشان می‌دهد که در صنعت آب و فاضلاب خوشبختانه ظرفیت بلااستفاده در خصوص عملکرد شاخص‌های مالی وجود ندارد و در مجموع، این صنعت با استفاده از منابع محدود، سطح مطلوبی از ستانده‌ها را کسب کرده است. البته این موضوع پایان کار نیست و شرکت‌های آب و فاضلاب باید با حمایت ستادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور برنامه‌های مدونی را برای استفاده بهینه از مولفه‌های شاخص‌های عملکرد مالی موردنیاز و سیاست‌های دولت با توجه به شرایط خاص حاکم بر صنعت داشته باشند.

- مطابق نتایج پژوهش، این نکته اثبات شد که از منظر اندازه شرکت‌های آب و فاضلاب در ارتباط شاخص‌های مالی، با فرض ثابت نسبت به مقیاس، اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های تعیین شده با یکدیگر وجود دارد (قبولی فرضیه H_1) و این درحالی است که در فرض متغیر نسبت به مقیاس،

این وضعیت وجود ندارد (قبولی فرضیه H_0).

- کارآمدی شرکت‌هایی که بیش‌تر از ۱۰۰ است پایان کار نیست و حفظ بهبود و ارتقای آن در دوره‌های آتی از وظایف مدیریت است. یعنی شرکت‌های کارآمد با توجه به مدیریت و حفظ میزان نهاده‌ها می‌توانند در دوره‌های آتی به شرایط مطلوبی دستیابی داشته باشند.

- شرکت‌های ناکارآمد برای بهبود و افزایش کارآمدی در شاخص‌های مالی در دوره‌های آتی باید در نهاده‌های خود (شاخص‌های نقدینگی، فعالیت، اقتصادی و سرمایه‌گذاری) کاهش داشته باشند. این موضوع می‌طلبد که هریک از شرکت‌های آب و فاضلاب ناکارآمد باید به تناسب شرایط خاص خود برنامه‌های ویژه‌ای را به‌همین منظور تدوین کنند.

با مروی بر آن‌چه در این پژوهش انجام شد، نتیجه‌های زیر را می‌توان در مورد مدل تحلیل پوششی داده‌ها و کارآمدی عملکرد شاخص‌های مالی شرکت‌های آب و فاضلاب مدنظر قرار داد:

۱. مدل تحلیل پوششی داده‌ها، مطابق نهاده‌ها و ستانده‌ها توانایی تجمع آن‌ها و تبدیل به یک معیار واحد به‌عنوان کارآمدی را دارد.
۲. با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان کاستی موجود در فرمول‌های حوزه مالی، مهندسی و بهره‌برداری را که در رابطه با شناسایی کارآمدی وجود دارد برطرف کرد.
۳. عدم وجود ابزارهای مناسب برای ارزیابی عملکرد یکی از علت‌های عدم تحقق برنامه‌های مدیریت است. مدل تحلیل پوششی داده‌ها در این خصوص می‌تواند مبنای ارزیابی مناسب کارآمدی باشد.

۴. مدل تحلیل پوششی داده‌ها یکی از مطمئن‌ترین شیوه‌های علمی و مدیریتی با چندین شاخص نهاده و ستانده است که می‌تواند با درنظر گرفتن تمامی جوانب از جمله اولویت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر، گزینه‌ها را سنجیده و آن‌ها را به شیوه‌ای علمی اولویت‌گذاری کرد که نتیجه آن انتخاب اولویت‌ها یا شناسایی مولفه‌های موثر در مسایل مدیریتی است.

۵. مطابق یافته‌های پژوهش، عملیات تولید آب و خدمات فاضلاب در شرکت‌هایی که کارآمدی آن‌ها کم‌تر از ۱۰۰ است در مقایسه با سایر شرکت‌ها اقتصادی نیست. فعالیت تولیدی و عملیاتی این شرکت‌ها با توجه به منابع در اختیار آن‌ها اقتصادی نیست. به تعبیری، شرکت‌های ناکارآمد منابع بسیار زیادی (شاخص‌های مالی) در مقایسه با شرکت‌های کارآمد مصرف و در مقابل بازدهی کمی کسب کرده‌اند.

۶. کنترل، از وظیفه‌های اصلی مدیریت است و این کنترل

Utility using two-stage data envelopment analysis", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(4), 330-345.

Molinos-Senante, M., Donoso, G., Sala-Garrido, R., and Villegas, A., (2018), "Benchmarking the efficiency of the Chilean water and sewerage companies: Adouble bootstrap approach", *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9), 8432-8440.



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

درخصوص فعالیت‌های انجام شده، نیل به برنامه‌های هدف‌گذاری شده و میزان توفیق در رسیدن به آن‌ها است که با توجه به شناسایی و ارزیابی کارآمدی و انجام اقدام‌های اصلاحی می‌توان این کنترل را در سطح شرکت‌های آب و فاضلاب استقرار و تقویت کرد.

۷. نظر به انحصاری بودن فعالیت‌های شرکت‌های آب و فاضلاب و فقدان امکان رقابت در این عرصه، بهترین راه برای بهبود بخشیدن به کیفیت خدمات، ایجاد فضای رقابتی سالم است. از شیوه‌های ایجاد این فضای رقابتی، ارزیابی و رتبه‌بندی عملکرد است که این موضوع در بستر شاخص‌های مناسب و شیوه‌های علمی ارزیابی حاصل می‌شود.

۸. گروه‌بندی شرکت‌ها بر پایه کارآمدی، هدف‌های چالش‌گرانه و یک فضای رقابتی سالم را برای شرکت‌های آب و فاضلاب فراهم می‌کند، به‌ویژه کوشش‌های فردی شرکت‌ها برای رسیدن به سطح و مرتبه بالاتر سبب ایجاد بهبود و پویایی شرکت‌ها و در نهایت استانداردهای صنعت می‌شود.

۹. مدل تحلیل پوششی داده‌ها قادر به شناسایی علت ناکارآمدی و همچنین ارزیابی داده‌ها و نهاده‌های لازم برای افزایش و بهبود کارآمدی است و در مقابل آن سایر شیوه‌های موجود برای تعیین کارآمدی قادر به انجام چنین کاری نیستند.

۱۱- پی‌نوشت‌ها

- 1- Euclidean Norm
- 2- Hierarchical
- 3- Likert Scales

۱۲- مراجع

- امامی میبیدی، ع.، (۱۳۹۰)، *کارایی و بهره‌وری/از دیدگاه اقتصادی*، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.
- دفتر مجامع و نظارت مالی، (۱۳۹۷)، "ارزیابی عملکرد سال مالی ۱۳۹۶ (ابجد)"، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران.
- دفتر مجامع و نظارت مالی، (۱۳۹۷)، "نتایج عمل، روایت هفدهم (سال مالی ۱۳۹۶)"، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران.
- آذر، ع. و رجب‌زاده، ع.، (۱۳۸۹)، *تصمیم‌گیری کاربردی (MADM)*، انتشارات نگاه دانش، تهران.
- Dong, X., Du, X., Li, K., Zeng, S., and Bledsoe, B., (2018), "Benchmarking sustainability of urban water infrastructure systems in China", *Journal of Cleaner Production*, 170(1), 330-338.
- Gamze, G., Juneseok, L., and Jonathan, K., (2018), "Assessing the performance of a California Water

Research Paper

مقاله پژوهشی

Application of Secondary Treated Municipal
Wastewater for Irrigation of Agricultural
Lands: Quantitative Microbial Risk
Assessment of *Legionella*

کاربرد پساب ثانویه تصفیه فاضلاب شهری در آبیاری
زمین‌های کشاورزی: ارزیابی کمی خطر میکروبی
لژیونلا

Marzieh Farhadkhani¹, Mahnaz Nikaeen^{2*} and
Ghasem Yadegarfar³

مرضیه فرهادخانی^۱، مهناز نیک آیین^{۲*} و قاسم یادگارفر^۳

1- Assistant Professor of Environmental Health
Engineering, Educational Development Center,
Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord,
Iran.

۱- استادیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز مطالعات و توسعه آموزش
پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران.

2- Professor of Environmental Health Engineering,
Department of Environmental Health Engineering,
School of Health, Isfahan University of Medical Sciences,
Isfahan, Iran.

۲- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم
پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

3- Associate Professor of Statistics and Epidemiology,
Department of Statistics and Epidemiology, School of
Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan,
Iran.

۳- دانشیار آمار و اپیدمیولوژی، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده
بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: nikaeen@hlth.mui.ac.ir

*Corresponding Author, Email: nikaeen@hlth.mui.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷

Received: 06/01/2021

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۰/۰۱/۱۸

Revised: 07/04/2021

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱

Accepted: 10/04/2021

© IWWA

© انجمن آب و فاضلاب ایران

Abstract

چکیده

Water scarcity is a main issue in most countries in the worldwide. Nowadays, irrigation with treated wastewater is becoming a necessary alternative to addressing issues of water shortage, especially in arid and semiarid countries. The potential health risks and environmental impacts resulting from inadequate microbial quality of treated wastewater have been well known and is a challenge for developing countries. In this study 25 effluent samples were collected from Isfahan wastewater treatment plant and presence of *Legionella* in STWW samples were monitored using nested real time PCR. As well as using the quantitative microbial risk assessment model, *Legionella* risk due to the use of secondary effluent for spray irrigation of agricultural lands for farmers was determined. *Legionella* was detected in 84% of STWW samples. The mean annual *Legionella* disease risk ranged from 7.7×10^{-8} to 1.5×10^{-5} pppy which was lower than the reference level of 10^{-3} pppy has been recommended by WHO. The results of this study showed that use of STWW for irrigation, dose not significant health risk associated with *Legionella* for farmers. Also, STWW could be used as an alternative source for agricultural irrigation in semiarid areas.

کمبود آب یک مسئله مهم در اکثر کشورهای جهان است. امروزه آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در حال تبدیل شدن به یک گزینه ضروری برای رفع مشکلات کمبود آب به ویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک است. خطرات بالقوه سلامتی و اثرات زیست محیطی ناشی از کیفیت میکروبی پایین فاضلاب تصفیه شده به خوبی شناخته شده و برای کشورهای در حال توسعه یک چالش است. در این مطالعه ۲۵ نمونه پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب اصفهان جمع‌آوری و حضور لژیونلا در نمونه‌های پساب با استفاده از روش Nested Real Time PCR پایش شد. هم‌چنین با استفاده از مدل ارزیابی کمی خطر میکروبی، ریسک لژیونلا ناشی از کاربرد پساب ثانویه برای آبیاری زمین‌های کشاورزی به روش اسپری، برای کشاورزان تعیین شد. لژیونلا در ۸۴٪ نمونه‌های پساب یافت شد. میانگین ریسک بیماری سالانه لژیونلا از 7.7×10^{-8} تا 1.5×10^{-5} pppy بود که پایین‌تر از سطح مرجع 10^{-3} pppy پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت است. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از پساب ثانویه، ریسک بهداشتی قابل توجه مرتبط با لژیونلا برای کشاورزان ندارد. هم‌چنین پساب ثانویه می‌تواند در نواحی نیمه خشک، به‌عنوان منبع جایگزین برای آبیاری در کشاورزی مورد استفاده قرار بگیرد.

Keywords: Secondary effluent, Wastewater irrigation, *Legionella*, Nested real-time PCR, QMRA, Farmers.

کلمات کلیدی: پساب ثانویه، آبیاری فاضلاب، لژیونلا، nested real-time PCR، ارزیابی کمی خطر میکروبی، کشاورزان.

سبزیجات نپخته و بیماریهای باکتریایی و ویروسی مانند اسهال، تیفوئید و وبا در بین مصرف کنندگان محصولات سالاد و سبزیجات خام وجود دارد. بنابراین کشورها برای بهبود استفاده فاضلاب در کشاورزی باید خطرات ناشی از کاربرد فاضلاب، مخصوصاً خطرات میکروبی را کاهش و از طریق برنامه ریزی و عملیات آبیاری مناسب مزایای کاربرد آن را افزایش دهند (Scheierling et al., 2011).

پاتوژن های فرصت طلب به ویژه *آئروموناس*، *مایکوباکتریوم*، *سودوموناس* و *لژیونلا* اغلب در سیستم های آب های بازیابی شده وجود داشته اند (Jjemba et al., 2010). اخیراً *لژیونلا* به عنوان یکی از ۲۰ ارگانیزم نگران کننده کیفیت آب های بازیابی شده تعیین شده است (Jjemba et al., 2015). ریسک و عفونت زایی *لژیونلا* بسته به منبع آب، فرایندهای تصفیه و نوع استفاده از آب بازیابی شده می تواند متفاوت باشد (Jjemba et al., 2015). انتقال از طریق ابزار مکانیکی که آئروسل تولید می کنند شامل آب پاش، برج های خنک کننده (تهویه مطبوع) و سردش ها اتفاق می افتد (Jjemba et al., 2015; Prussin II et al., 2017). مطالعه *لژیونلا* در فاضلاب های تصفیه شده به دلیل این که *لژیونلا* از طریق استنشاق آئروسول ها منتقل شده و ممکن است متعاقباً خطرات بهداشتی را به دنبال داشته باشد، زمانی دارای اهمیت است که پساب برای آبیاری به روش اسپری مورد استفاده قرار گیرد (Catalan et al., 1997; Asghari et al., 2013; Mirzaee et al., 2015). زمانی که آئروسول های آلوده به *لژیونلا* استنشاق می شوند، باکتری در ریه به وسیله ماکروفاژهای حفره دار و سلول های اپیتلیال درگیر شده، درون ماکروفاژها تکثیر شده و سرانجام ماکروفاژهای میزبان را لیز می کنند (Jjemba et al., 2015; Blanky et al., 2015). *لژیونلا* ها دو نوع بیماری مستقل کلینیکی را ایجاد می نمایند، یکی بیماری لژیونر که یک بیماری شدید با درگیری چند ارگان است و دیگری تب پونتیاک که نوعی بیماری خود به خود محدود شونده و شبیه آنفولانزا است (Asghari et al., 2013; Mirzaee et al., 2015). این گروه از باکتری ها نسبت به کلر مقاوم بوده و می توانند شرایط نامناسب محیطی را تحمل کرده و تحت حالت زنده اما غیرقابل کشت رشد کنند (Caicedo et al., 2016). به دلیل مقاومت این باکتری ها نسبت به گرما و به علت نیاز کمترشان به مواد غذایی، به طور وسیع در بسیاری از سیستم های آبی وجود دارند و می توانند به نوان یک خطر جدی بهداشتی مطرح شوند (Asghari et al., 2013). بنابراین تعیین غلظت *لژیونلا* در فاضلاب های تصفیه شده و برآورد ریسک بیماری زایی آن برای کشاورزان و افراد در تماس برای طرح های استفاده مجدد فاضلاب برای آبیاری کشاورزی از اهمیت به سزایی

امروزه بحران آب در حال تبدیل شدن به یکی از بزرگترین مشکلات جهان است. تخمین زده شده است که بیش از ۴۰٪ جمعیت جهان در طی دهه های آینده با تنش آبی و یا کمبود آب روبرو شوند (Becerra-Castro et al., 2015; WHO, 2006; Elgallal et al., 2016). هنگامی که جوامع به طور فزاینده ای با کمبود آب روبرو می شوند، استفاده مجدد از فاضلاب به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک، یک جزء ضروری و قابل اطمینان مدیریت یکپارچه و پایدار منابع آب در نظر گرفته می شود. به عبارت دیگر تشدید کمبود آب و تاثیر آن بر روی ایمنی آب و غذا، نیاز برای استفاده مجدد فاضلاب را به عنوان یک منبع آب با ارزش برای فعالیت های کشاورزی تاکید می کند (Becerra-Castro et al., 2015; Elgallal et al., 2016).

بخش کشاورزی با مصرف حدود ۷۰٪ آب، بزرگترین مصرف کننده آب شیرین جهان است (Becerra-Castro et al., 2015; Jasim et al., 2016). در بعضی کشورهای خاورمیانه از جمله ایران، بیشتر از ۹۰٪ کل آب های برداشتی به مصرف فعالیت های کشاورزی می رسد (Jasim et al., 2016; Lehane, 2014). افزایش کمبود آب، رشد شهرنشینی و متعاقب آن افزایش جریان فاضلاب های شهری و افزایش فعالیت های کشاورزی در نزدیکی مراکز شهری از دلایل قوی برای افزایش استفاده از فاضلاب است (Scheierling et al., 2011). به طور کلی فراهم کردن منبعی از آب و مواد مغذی با ارزش برای محصولات کشاورزی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی از مزایای کاربرد فاضلاب در کشاورزی است (Bitton, 2005). علی رغم مزایا و فواید انکارناپذیر استفاده از پساب، کاربرد پساب در کشاورزی می تواند با توجه به کیفیت پساب دارای مشکلات و خطراتی نیز باشد. عیب اصلی این کار آلودگی بالقوه منابع آب های زیرزمینی و محصولات کشاورزی با انگل ها، پاتوژن های باکتریایی و ویروسی، فلزات سمی و مواد آلی کمیاب جهش زا/سرطان زا است. هم چنین خطر آلودگی شیمیایی گیاه و خطرات آلودگی های زیست محیطی خاک و آب های زیرزمینی نیز وجود دارد (WHO, 2006; Elgallal et al., 2009; Bahri et al., 2016).

در کشورهای کم درآمد و یا با درآمد متوسط، پاتوژن های میکروبی موجود در فاضلاب شهری شامل باکتری ها، ویروس ها، تک یاخته ها و تخم انگل ها بزرگترین خطر تهدید کننده بهداشت عمومی می باشند. شیوع گسترده ای از بیماری های انگلی ناشی از آسکاریس و کرم قلابدار در بین کارگران مزرعه و مصرف کنندگان

برخوردار است.

ایران به عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه با کاهش منابع آب تجدید شونده مواجه بوده و در حال حاضر در سطح کشور، به ویژه در حواشی شهرهای بزرگ و مراکز استان ها، مناطق وسیعی با پساب ها و آب های برگشتی آبیاری می شوند (Lehane, 2014). با توجه به محدودیت منابع آبی و افزایش تقاضا برای مصرف آب، بهره گیری مطلوب و بهینه از آب های غیرمتعارف از جمله فاضلاب و پساب ها، امری غیرقابل اجتناب بوده و به عنوان مهم ترین راه حل منطقی برای توسعه منابع آبی و جبران مشکلات کمبود آب در بخش کشاورزی مطرح می شود. شهر اصفهان با داشتن آب و هوای نیمه خشک با مشکل کمبود آب در بخش کشاورزی مواجه است و استفاده از پساب می تواند به عنوان یک منبع آبی با ارزش این مشکل را حل کند. هدف از انجام این مطالعه، ردیابی لژیونلا در پساب مورد استفاده در آبیاری زمین های کشاورزی به منظور مدیریت مناسب کاربرد فاضلاب های بازیابی شده در کشاورزی است. به علاوه با استفاده از مدل ارزیابی کمی خطر میکروبی (QMRA)^۱ ریسک لژیونلا ناشی از کاربرد پساب ثانویه برای آبیاری زمین های کشاورزی به روش اسپری، برای کشاورزان تعیین می شود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- نمونه برداری از فاضلاب

در این مطالعه نمونه برداری از فاضلاب به صورت مرکب در طول زمان آبیاری انجام گرفت. مقدار حدود ۲/۵ لیتر از پساب تصفیه خانه فاضلاب وارد یک ظرف شیشه ای در پیچدار استریل شده و بلافاصله در شرایط سرد به آزمایشگاه میکروبیولوژی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان منتقل و مورد آنالیز میکروبی قرار گرفت. هم چنین در هر بار نمونه برداری مقدار pH، هدایت الکتریکی (EC)^۲، میزان کلر باقیمانده و دمای پساب نیز اندازه گیری شد.

۲-۲- آماده سازی نمونه ها و انجام آزمایش های میکروبی

متداول ترین روش شناسایی باکتری های شاخص آلودگی و بیماری زا روش کشت میکروارگانیسم بر روی محیط اختصاصی است. در این مطالعه برای تعیین ارگانیسم های شاخص شامل کلیفرم های کل و مدفوعی، /شرشیاکلی از روش تخمیر چند لوله ای براساس روش های ذکر شده در منابع استاندارد استفاده شد. در صورت مثبت بودن نتایج اولیه، آزمایش های تأییدی با

استفاده از محیط های کشت اختصاصی انجام و نتیجه آزمایش ها به صورت تعداد ارگانیسم (MPN)^۳ در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه پساب گزارش شد.

در این مطالعه برای ردیابی لژیونلا در نمونه های پساب از روش nested real-time PCR استفاده شد. به این منظور، ابتدا مقدار ۲۵۰ میلی لیتر از نمونه پساب را با استفاده از سانتریفیوژ (دور ۶۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه)، تغلیظ کرده و رسوب حاصله برای استخراج DNA در مراحل بعدی استفاده شد.

۲-۳- استخراج DNA و انجام PCR

برای افزایش خالص سازی DNA، عمل استخراج DNA در دو مرحله فریز و ذوب^۴ و استخراج با کیت انجام شد. برای فریز و ذوب کردن نمونه ها، تیوپ حاوی نمونه ۵ بار به طور متناوب به مدت ۱ دقیقه در آب جوش (ذوب) و بلافاصله به مدت ۱ دقیقه در نیتروژن مایع (فریز) قرارداده شد. در انتها عملیات نهایی استخراج DNA با کیت پرومگا^۵ بسته به نوع نمونه، طبق دستورالعمل کارخانه سازنده انجام شد. محلول حاوی DNA به عنوان نمونه الگو در آزمایش Real-time PCR استفاده شد. real-time PCR با استفاده از پرایمرهای اختصاصی (5'-
LEG 448 AGG-GGT-TGA-TAG-GTT-AAG-AG-<C>-3
و LEG JRP - 5'-CCA-ACA-GCT-AGT-TCA-CAT-CG - 3)
(3) برای تکثیر ۴۳۰ جفت باز از ژن 16SrRNA لژیونلا انجام شد (Chhipi-Shrestha et al., 2017).

۲-۴- ارزیابی کمی خطر لژیونلا

۲-۴-۱- تعیین خطر

از آن جا که در استفاده مجدد فاضلاب برای آبیاری کشاورزی، کشاورزان بیشترین تماس را با لژیونلا دارند، بنابراین از مدل QMRA ارائه شده توسط Armstrong و Haas برای تخمین ریسک عفونت کشاورزان استفاده شد (Chhipi-Shrestha et al., 2017).

۲-۴-۲- ارزیابی تماس

استنشاق آئروسول های آلوده تولید شده ناشی از آبیاری زمین های کشاورزی با پساب تصفیه شده به روش sprinkler (آب پاش) مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل تماس به کاررفته، مدل Armstrong and Haas (2007) به شرح زیر بود (Chhipi-Shrestha et al., 2017):

محاسبه دز هفتگی آئروسول های ذخیره شده در ریه (WAD,

$$WEV = WAD \times AV$$

(۲)

droplets/wk) توسط فرمول (۱):

$$WAD = WED \times IR \times AG \times RR$$

(۱)

که AV : میانگین حجم قطرات ذخیره شده در ریه (L) است. سرانجام، دز تماس هفتگی لژیونلا (d ; cfu/wk)، برپایه حجم تماس هفتگی و میانگین غلظت لژیونلا در پساب محاسبه شد. با در نظر گرفتن هفته‌ای سه بار آبیاری و مدت زمان صرف شده برای آبیاری (۴-۶ ساعت)، طول تماس (ED) بین ۱۲-۱۸ ساعت در نظر گرفته شد. فرضیات برای پارامترهای مورد استفاده در مدل QMRA در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

که WED : طول تماس هفتگی (min/week)، IR : میانگین نرخ تنفس (m^3/min)، AG : میانگین تولید آئروسول ($droplets/m^3$) و RR : میزان احتباس آئروسول‌ها در ریه (بدون واحد) هستند. سپس با استفاده از WAD محاسبه شده، حجم تماس هفتگی (WEV; l/wk) با استفاده از فرمول (۲) محاسبه شد.

جدول ۱- پارامترهای ورودی مدل QMRA برای لژیونلا

پارامتر	واحد	مقادیر	مرجع
طول آبیاری	ساعت	۴-۶	مطالعه حاضر
نرخ تنفس (IR)	(m^3/min)	۰/۰۱۷۵	Hamilton et al. (2018)
میانگین تولید آئروسول (AG)	($droplet/m^3$)	۱۶۰۰	Blanky et al. (2017)
میزان احتباس آئروسول‌ها در ریه (RR)	-	۰/۵	Blanky et al. (2017)
میانگین حجم قطرات ذخیره شده در ریه (AV)	L	$10^{-15} \times 8/2$ برای ذرات $2/5 \mu$ و $10^{-13} \times 5/2$ برای ذرات 10μ	Blanky et al. (2017)
غلظت لژیونلا در پساب	(CFU/L)	$< 0.3 \times 10^3 - 0.6 \times 10^3$	Jjemba et al. (2010)
γ	1/CFU	۰/۰۶	Armstrong and Haas (2007b); Pepper and Gerba (2018); Blanky et al. (2017)

برای ریسک تجمعی فصلی و سالانه) هستند.

۲-۴-۳- مدل دز-پاسخ

مرحله مدل سازی دز-پاسخ، ارتباط بین دز ورودی و احتمال عفونت را کمی‌سازی می‌کند. مدل دز-پاسخ نمایی زیر (رابطه (۳)) که برای محاسبه عفونت لژیونلا مناسب است، مورد استفاده قرار گرفت (Armstrong and Haas, 2007b):

$$Rw(d) = 1 - e^{(-\gamma d)}$$

(۳)

که $Rw(d)$: ریسک عفونت پیش بینی شده حاصل از دز هفتگی، d (cfu/wk) و $\gamma = 0.60$ (1/cfu) پارامتر مدل برای ریسک عفونت لژیونلا هستند.

سپس ریسک تجمعی سالانه نیز با استفاده از فرمول (۴) محاسبه شد.

$$RA(d) = 1 - \prod_{w=1}^n [1 - Rw(d)]$$

(۴)

که RA : ریسک تجمعی سالانه حاصل از مقادیر ریسک عفونت هفتگی $Rw(d)$ ، ارائه‌دهنده ضرب مقادیر بقای هفتگی $[1 - Rw(d)]$ و n : کل تعداد موارد تماس ($n=13$ یا $n=52$ به ترتیب

۲-۴-۴- خصوصیات خطر

این مرحله ترکیب مراحل ارزیابی تماس و دز-پاسخ جهت ارزیابی ریسک عفونت ناشی از لژیونلا پنوموفیلا است. به دلیل اطلاعات اپیدمیولوژیک بسیار ضعیف، سازمان جهانی بهداشت یک مقدار DALY ویژه را برای لژیونلا ارائه نداده است و بنابراین مقدار 10^{-3} pppy پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت برای ریسک بیماری به عنوان معیار در نظر گرفته شد (WHO, 2006).

۲-۵- آنالیزهای آماری

داده ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطح معنی‌داری ۵٪ آنالیز شدند. از فرمول‌های موجود در مدل QMRA برای تعیین خطر بیماری سالانه مجاز و مقایسه آن با مقدار مجاز در نظر گرفته شده در رهنمود WHO (1×10^{-3}) خطر بیماری به‌ازای هر شخص در هر سال) استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

جنوب اصفهان جمع آوری شد و حضور لژیونلا در نمونه های پساب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کیفیت فیزیکی و میکروبی پساب ثانویه در جدول ۲ ارائه شده است.

۳-۱- کیفیت میکروبی پساب و شناسایی لژیونلا

در این مطالعه مجموعاً ۲۵ نمونه پساب خروجی از تصفیه خانه

جدول ۲- خصوصیات پساب ثانویه تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان

پارامتر	واحد	میانگین $\pm$ انحراف معیار	رهنمودهای کیفیت آب آبیاری ^b (Ayers and Westcot, 1985)
کلر باقیمانده	mg L ⁻¹	< ۰/۵ ^a	-
pH	-	۶/۷-۷/۳	۶/۵-۸/۴
هدایت الکتریکی	dS m ⁻¹	۱ $\pm$ ۰/۲	۰/۷-۳ ^b
دما	°C	۲۴ $\pm$ ۳	-
کلیفرم کل	log MPN 100 mL ⁻¹	۵/۳ $\pm$ ۱/۵	-
کلیفرم مدفوعی	log MPN 100 mL ⁻¹	۴/۷ $\pm$ ۲	-
اشرشیاکلی	log MPN 100 mL ⁻¹	۴/۳ $\pm$ ۱/۹	-
لژیونلا		۸۴٪ ^c	-

a: انحراف معیار وجود ندارد؛ b: محدودیت کم تا متوسط برای استفاده آبیاری وجود دارد؛ c: براساس درصد فراوانی است نه میانگین.

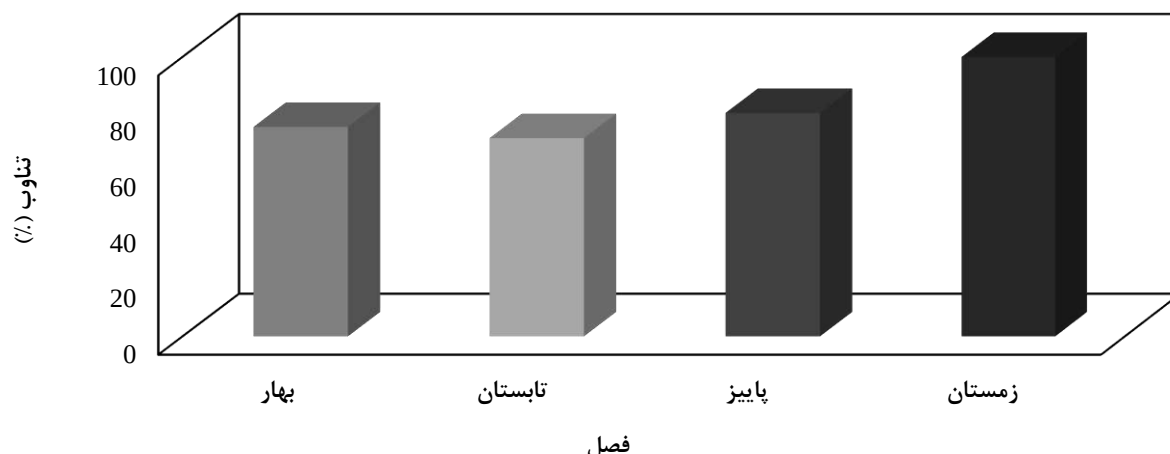
تنها در غلظت های پایین یافت شدند.

نتایج مطالعه (Jjemba et al., 2010) بر روی رشد مجدد جلبک ها و پاتوژن های فرصت طلب درون سیستم های توزیع آب های بازیابی شده نیز مشابه نتایج حاصل از مطالعه Ajibode et al. (2013) بود. آن ها نیاز به توسعه ی عملیات مدیریتی بهتر آب های بازیابی شده را برای کنترل رشد مجدد باکتریایی و کاهش کیفیت آب قبل از مصرف و توسعه شاخص های جدید پاتوژن های water-based را پیشنهاد کردند. (Mirzaee et al., 2015) وجود باکتری لژیونلا در هوای واحدهای مختلف تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که لژیونلا در ۶ درصد نمونه ها شامل نمونه هوای بالای تانک هوادهی، تسمه فیلتر پرس (belt filter press) و همچنین در فاصله ۲۵۰ متر پایین دست باد یافت شد.

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است لژیونلا در تابستان (۷۱٪) نسبت به زمستان (۱۰٪) به طور معنی داری کمتر بود ($p < 0.05$). در حقیقت با افزایش درجه حرارت میزان ردیابی لژیونلا در پساب کاهش یافت. مشابه نتایج مطالعه حاضر، Blanky et al. (2015) نیز مشاهده کردند که غلظت لژیونلا در نمونه های آب خاکستری در تابستان کاهش یافته است. آن ها علت تغییرات فصلی غلظت را به افزایش رقابت بین باکتری ها در طی فصول گرم نسبت دادند. کاهش تناوب تشخیص لژیونلا در پساب در تابستان (یک دوره زمانی که آبیاری به طور گسترده ای انجام می شود)، استفاده مجدد پساب های تصفیه شده را برای آبیاری نسبتاً ایمن می سازد.

مرحله اول PCR در هیچ کدام از نمونه ها نتیجه مثبتی را آشکار نساخت. اما با استفاده از روش nested real-time PCR، لژیونلا در ۸۴٪ (۲۱/۲۵) از نمونه های پساب ثانویه شناسایی شد (جدول ۲). با انجام آنالیز توالی ژن هیچ کدام از آن ها گونه پنوموفیلا نبودند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با وجود غلظت بالای میکروارگانیسم های شاخص در پساب، غلظت کمی از پاتوژن های فرصت طلب منجمله لژیونلا در پساب یافت شد، که این ممکن است ناشی از حذف این ارگانیسم در طی مراحل تصفیه فاضلاب باشد.

در این راستا Blanky et al. (2015) سرنوشت لژیونلا پنوموفیلا را از سیستم های آب آشامیدنی تا مراحل پایانی تصفیه آب خاکستری در چهار خانه در شمال فلسطین اشغالی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که تصفیه آب خاکستری منجر به کاهش ۹۵٪ غلظت لژیونلا می شود. هرچند موارد متعددی وجود دارد که در غیاب ارگانیسم های شاخص، پاتوژن های به طور بالقوه فرصت طلب در سیستم های توزیع آب های بازیابی شده وجود داشته اند (Jjemba et al., 2010). Ajibode et al. (2013) در دو تاسیسات بازیابی فاضلاب در جنوب آریزونا، تاثیر زمان ماند آب های بازیابی شده درون سیستم های توزیع را بر روی کیفیت میکروبی آب در یک دوره زمانی ۱۵ ماهه بررسی کردند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که پاتوژن های فرصت طلب (لژیونلا، تروموناس و مایکوباکتریوم) به طور متناوب در هر دو سیستم وجود داشتند، در حالی که باکتری های شاخص منتقله از طریق آب مانند اشرشیاکلی و اترکوکوس به ندرت و



شکل ۱- درصد تناوب تشخیص لژیونلا در فصول مختلف در نمونه‌های پساب ثانویه

۳-۲- ارزیابی خطر لژیونلا

ساعت متغیر باشد)، حجم تماس هفتگی متفاوت (برای ذرات ۲/۵ و ۱۰ میکرون) و غلظت‌های متفاوت لژیونلا در پساب (که تمامی پارامترها براساس دیگر مقالات و به‌صورت فرضی در جدول ۱ در نظر گرفته شده‌اند) محاسبه شده و در جدول ۳ نشان داده شده است.

تعداد لژیونلای استنشاق شده در هفته و ریسک تجمعی سالانه براساس طول تماس هفتگی متفاوت (براساس این فرض که آبیاری هفته‌ای ۳ روز انجام شود و طول آبیاری بین ۴-۶

جدول ۳- دز تماس هفتگی لژیونلا (CFU/week) و ریسک تجمعی سالانه به‌عنوان تابعی از طول تماس و غلظت لژیونلا

طول تماس هفتگی (min/week)	حجم تماس هفتگی (L/week)	غلظت لژیونلا (CFU/L)	دز (تعداد لژیونلای استنشاق شده در هفته)	ریسک تجمعی سالانه ی بیماری (case/(person.y))
۷۲۰	$8/3 \times 10^{-11}$ *	۳۰۰	$2/5 \times 10^{-8}$	$7/7 \times 10^{-8}$
		۶۰۰	5×10^{-8}	$1/5 \times 10^{-7}$
	$5/2 \times 10^{-9**}$	۳۰۰	$1/6 \times 10^{-6}$	$4/9 \times 10^{-6}$
		۶۰۰	$3/1 \times 10^{-6}$	$9/8 \times 10^{-6}$
۹۰۰	$1/3 \times 10^{-10}$ *	۳۰۰	$3/1 \times 10^{-8}$	$9/7 \times 10^{-8}$
		۶۰۰	$6/2 \times 10^{-8}$	$1/9 \times 10^{-7}$
	$6/6 \times 10^{-9**}$	۳۰۰	2×10^{-6}	$6/1 \times 10^{-6}$
		۶۰۰	$3/9 \times 10^{-6}$	$1/2 \times 10^{-5}$
۱۰۸۰	$1/2 \times 10^{-10}$ *	۳۰۰	$3/7 \times 10^{-8}$	$1/2 \times 10^{-7}$
		۶۰۰	$7/4 \times 10^{-8}$	$2/3 \times 10^{-7}$
	$7/9 \times 10^{-9**}$	۳۰۰	$2/4 \times 10^{-6}$	$7/4 \times 10^{-6}$
		۶۰۰	$4/7 \times 10^{-6}$	$1/5 \times 10^{-5}$

*LEV: حجم پایین تماس (قطرات ۲/۵ میکرون)، **HEV: حجم بالای تماس (قطرات ۱۰ میکرون)

مطالعه، تحقیق (Pepper and Gerba 2018) نشان داد که با افزایش غلظت و زمان تماس، ریسک عفونت افزایش خواهد یافت. براساس نتایج آن‌ها زمانی که غلظت لژیونلا در آب‌های بازیابی شده از ۱۰۰۰ CFU/mL تجاوز نماید، ریسک عفونت قابل توجه خواهد بود، که در ۱۲٪ از نمونه‌های آن‌ها غلظت لژیونلا بالاتر از این حد بود. (Hamilton et al. 2018) با مطالعه بر روی خطرات بهداشتی ناشی از تماس با لژیونلا در آئروسل‌های آب‌های بازیابی

محدوده ریسک تجمعی سالانه بیماری تخمین زده شده لژیونلا از $7/7 \times 10^{-8}$ تا $1/5 \times 10^{-5}$ برای کشاورزان و افراد در تماس بود، که پایین‌تر از سطح مرجع 1×10^{-3} خطر بیماری به‌ازای هر شخص در هر سال پیشنهادی WHO است (جدول ۳). نتایج جدول ۳ حاکی از آن است که درجه ریسک به اندازه زیادی به‌مدت زمان تماس، اندازه قطرات تولید شده به‌وسیله اسپرینکلر و غلظت لژیونلا در پساب بستگی دارد. در مطابقت با نتایج این

- 4- Freeze and Thaw
- 5- Promega (Wizard® Genomic DNA Purification Kit)
- 6- Exposure Duration

۷- مراجع

- Ajibode, O.M., Rock, C., Bright, K., Mclain, J.E., Gerba, C.P. and Pepper, I.L., (2013), "Influence of residence time of reclaimed water within distribution systems on water quality", *Journal of Water Reuse and Desalination*, 3(3), 185-196.
- Armstrong, T.W., and Haas, C.N., (2007a), "A quantitative microbial risk assessment model for legionnaires' disease: Animal model selection and dose-response modeling", *Risk Analysis: An International Journal*, 27(6), 1581-1596.
- Armstrong, T.W. and Haas, C.N., (2007b), "Quantitative microbial risk assessment model for legionnaires' disease: Assessment of human exposures for selected spa outbreaks", *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4(8), 634-646.
- Armstrong, T.W. and Haas, C.N., (2008), "Legionnaires' disease: Evaluation of a quantitative microbial risk assessment model", *Journal of Water and Health*, 6(2), 149-166.
- Asghari, F.B., Nikaeen, M., Hatamzadeh, M., and Hassanzadeh, A., (2013), "Surveillance of legionella species in hospital water systems: The significance of detection method for environmental surveillance data", *Journal of Water and Health*, 11(4), 713-719.
- Ayers, R., and Westcot, D., (1985), *Water quality for agriculture. fao irrigation and drainage*, paper 29 rev. 1, Food and Agricultural Organization, Rome, 1, 74.
- Bahri, A., Drechsel, P., Raschid-sally, L., and Redwood, M., (2009), *Wastewater irrigation and health: Assessing and mitigating risk in low-income countries*, Routledge.
- Becerra-Castro, C., Lopes, A.R., Vaz-moreira, I., Silva, E.F., Manaia, C.M., and Nunes, O.C., (2015), "Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health", *Environment International*, 75(2), 117-135.
- Bitton, G., (2005). *Wastewater microbiology*, John Wiley & Sons.
- Blanky, M., Rodríguez-martínez, S., Halpern, M., and Friedler, E., (2015), "Legionella pneumophila: From potable water to treated greywater; quantification and removal during treatment", *Science of the Total Environment*, 533(22), 557-565.
- Blanky, M., Sharaby, Y., Rodríguez-martínez, S., Halpern, M. and Friedler, E., (2017), "Greywater reuse-assessment of the health risk induced by legionella pneumophila", *Water Research*, 125(18),

شده به این نتیجه رسیدند که در تمام شبیه سازی های ریسک فردی، غلظت لژیونلا در آب های بازیابی شده مهمترین پارامتر تاثیر گذار است.

مشابه نتایج حاصل از ارزیابی ریسک، با توجه به این که شایع ترین گونه بیماری زای لژیونلا، گونه پنوموفیلا است (Caicedo et al., 2016; Armstrong and Haas, 2007a;) (Armstrong and Haas, 2008). با انجام آنالیز توالی ژن هیچ کدام از لژیونلا های یافت شده در نمونه های این مطالعه گونه پنوموفیلا نبودند. بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که این سطح پایین غلظت *Legionella* spp. ریسکی را برای کشاورزان به دنبال نخواهد داشت، چرا که حتی اگر غلظت لژیونلا در آب بالا باشد همیشه بیانگر غلظت بالا در هوا نخواهد بود.

۴- نتیجه گیری

اگرچه غلظت /شرشیاکلی بعضی از نمونه های پساب ثانویه بالاتر از مقدار پیشنهادی WHO برای آبیاری محصولات برگی ($\geq 10^4$) اشرشیاکلی در هر ۱۰۰ میلی لیتر) بود، اما یافته های مطالعه حاضر در رابطه با تخمین های مدل QMRA پیشنهاد می کند که استفاده مجدد فاضلاب ریسکی را از نقطه نظر عفونت لژیونلا برای کشاورزان به دنبال نخواهد داشت. به صورت کلی آنالیز نتایج مطالعه تایید می کند که در مناطق نیمه خشک با کمبود آب، پساب ثانویه (مطالعه موردی: تصفیه خانه جنوب اصفهان) با کیفیتی حتی کمی پایین تر از حد پیشنهادی WHO می تواند برای آبیاری محصولات تحت شرایط کنترل شده به عنوان یک منبع جایگزین مورد استفاده قرار گیرد.

۵- تشکر و قدردانی

این تحقیق به عنوان بخشی از پایان نامه مقطع دکتری در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و با کمک مالی شرکت آب و فاضلاب اصفهان (گرت شماره ۸۴۵۹) انجام شده است. بدینوسیله از مسئولین و کارکنان دانشگاه، رئیس و کارکنان تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان، کمال تشکر و قدردانی به عمل می آید.

۶- پی نوشت ها

- 1- Quantitative Microbial Risk Assessment
- 2- Electrical Conductivity
- 3- Most Probable Number

Building and Environment, 123(13), 684-695.

Scheierling, S.M., Bartone, C.R., Mara, D.D., and Drechsel, P., (2011), "Towards an agenda for improving wastewater use in agriculture", *Water International*, 36(4), 420-440.



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

410-417.

Caicedo, C., Beutel, S., Scheper, T., Rosenwinkel, K., and Nogueira, R., (2016), "Occurrence of legionella in wastewater treatment plants linked to wastewater characteristics", *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16873-16881.

Catalan, V., Garcia, F., Moreno, C., Vila, M., and Apraiz, D., (1997), "Detection of legionella pneumophila in wastewater by nested polymerase chain reaction", *Research in Microbiology*, 148(1), 71-78.

Chhipi-Shrestha, G., Hewage, K., and Sadiq, R., (2017), "Microbial quality of reclaimed water for urban reuses: Probabilistic risk-based investigation and recommendations", *Science of The Total Environment*, 576(15), 738-751.

Elgallal, M., Fletcher, L., and Evans, B., (2016), "Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid and semiarid zones: A review", *Agricultural Water Management*, 177, 419-431.

Hamilton, K.A., Hamilton, M.T., Johnson, W., Jjemba, P., Bukhari, Z., Lechevallier, M., and Haas, C.N., (2018), "Health risks from exposure to legionella in reclaimed water aerosols: Toilet flushing, spray irrigation, and cooling towers", *Water Research*, 134(7), 261-279.

Jasim, S.Y., Saththasivam, J., Loganathan, K., Ogunbiyi, O.O., and Sarp, S., (2016), "Reuse of treated sewage effluent (tse) in qatar", *Journal of Water Process Engineering*, 11(3), 174-182.

Jjemba, P.K., Johnson, W., Bukhari, Z., and Lechevallier, M.W., (2015), "Occurrence and control of legionella in recycled water systems", *Pathogens*, 4(3), 470-502.

Jjemba, P.K., Weinrich, L.A., Cheng, W., Giraldo, E., and Lechevallier, M.W., (2010), "Regrowth of potential opportunistic pathogens and algae in reclaimed-water distribution systems", *Applied and Environmental Microbiology*, 76(13), 4169-4178.

Lehane, S., (2014). *The Iranian water crisis, Strategic Analysis Paper, Global Food and Water Crises Research Programme, Future Directions International Pty Ltd.: Perth, Australia*, 11.

Mirzaee, S.A., Nikaeen, M., Hajizadeh, Y., Nabavi, B.F., and Hassanzadeh, A., (2015), "Detection of legionella spp. by a nested-pcr assay in air samples of a wastewater treatment plant and downwind distances in isfahan", *Advanced Biomedical Research*, 4(48), 1-4.

WHO, (2006), *Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater*, Geneva, Switzerland.

Pepper, I.L., and Gerba, C.P., (2018), "Risk of infection from legionella associated with spray irrigation of reclaimed water", *Water Research*, 139(12), 101-107.

Prussin ii, A.J., Schwake, D.O., and Marr, L.C., (2017). "Ten questions concerning the aerosolization and transmission of legionella in the built environment",



جناب آقای دکتر ابراهیم شاه قاسمی

استاد محترم بازنشسته دانشگاه تهران

و پیشکسوت برگزیده انجمن آب و فاضلاب ایران در سال ۱۳۹۷

* لطفاً یک معرفی اجمالی از سوابق علمی و حرفه‌ای خود را ارائه فرمایید:

- لیسانسم را در رشته آب و خاک در سال ۱۳۵۲ از دانشگاه جندی‌شاپور گرفتم. در سال ۱۳۵۳ با بورس فارغ التحصیلان رتبه اول عازم آمریکا شدم. فوق لیسانسم را در مهندسی آب و خاک در سال ۱۳۵۵ و دکترا را در روزهای پایانی سال ۱۳۵۸ در دو رشته «مهندسی منابع آب» و «مهندسی محیط زیست» به شکل Double Major اخذ کردم و در فروردین ماه سال ۱۳۵۹ پس از فارغ التحصیلی به ایران برگشتم و در دانشگاه صنعتی اصفهان مشغول به کار شدم. در اردیبهشت ماه همان سال دانشگاه‌ها تعطیل شدند. مهندسین مشاور پارس کنسولت که یکی از قدیمی‌ترین شرکت‌های خصوصی مرتبط با مسائل آب و فاضلاب است در اصفهان دفتری داشت که پروژه‌های مختلفی را در امر آب و فاضلاب در منطقه از جمله شهر اصفهان اداره می‌کرد. با این دفتر در ارتباط قرار گرفتم و اولین تجربیات فنی و حرفه‌ای خود را با این شرکت شروع کردم. طراحی شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر کرد و تصفیه‌خانه فاضلاب این شهر را در دفتر اصفهان این شرکت به همراه دیگر همکاران انجام دادم. تصفیه‌خانه آب زابل که در شرکت پارس کنسولت به صورت «تصفیه‌خانه آب بدون شیر فلکه» یا «Valveless water treatment plant» طراحی شده بود به دلایل مختلف عملاً کار نمی‌کرد. با اعمال تغییراتی در سیستم هیدرولیکی تصفیه‌خانه و نیز واحدهای فیلتراسیون توانستم تصفیه‌خانه را به بهره‌برداری برسانم. پس از آن به درخواست مدیران شرکت پارس کنسولت به تهران نقل مکان کردم و در دفتر مرکزی شرکت مشغول به کار شدم. پس از بازگشایی دانشگاه‌ها، رشته مهندسی آب یکی از رشته‌هایی بود که نظر به اهمیت غیرقابل کتمان موضوع آب، در تعدادی از دانشگاه‌های مختلف از

جمله دانشگاه صنعتی اصفهان نیز دائر شد. برای دانشجویان این گرایش در مهندسی عمران و در دوره‌های کارشناسی نیز دروس مهندسی آب و فاضلاب و پروژه، فرآیندهای تصفیه آب و فاضلاب و طراحی تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب و هیدرولیک را تدریس کردم. پس از آمدن به تهران، در دانشکده فنی دانشگاه تهران، دانشکده فنی به تدریس دروس هیدرولیک و آب و فاضلاب به صورت حق التدریسی مشغول شدم. در نهایت نیز بعد از چهار سال به دانشگاه تهران منتقل شدم. از آن پس در دانشکده فنی دانشگاه تهران، در دوره کارشناسی دروس هیدرولوژی مهندسی، هیدرولیک، مهندسی آب و فاضلاب و در دوره کارشناسی ارشد و دکترا دروس فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی- بیولوژیکی تصفیه آب و فاضلاب، طراحی تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب و در مواقعی نیز هیدرولوژی پیشرفته را تدریس می نمودم. در دوره کارشناسی ارشد و دکترا دانشجویان مختلفی را به عنوان استاد راهنما و یا استاد مشاور سرپرستی نمودم.

فارغ التحصیلان مذکور هم اکنون یا در حوزه‌های ستادی وزارت نیرو و یا دیگر نهادهای دولتی در پست‌های کارشناسی یا مدیریتی مشغول به کار هستند. بسیاری از آن‌ها نیز در تشکلهای پیمانکاری در پروژه‌های مختلف آب و فاضلاب در حال اجرای این پروژه‌ها بوده و یا در دفاتر مهندسین مشاور مشغول کارهای مطالعاتی و طراحی و نظارت بر اجرای این پروژه‌ها هستند که دیدار هر از گاهی آن‌ها، موجب شور و شوق بیشتر این جانب می‌شود.

تعدادی از این عزیزان نیز موفق به اخذ مدرک دکترا از دانشگاه‌های داخلی و یا خارجی شده‌اند که هم اکنون در دانشگاه‌های مختلف کشور و یا خارج به کار تحقیق و تدریس مشغول هستند. تعدادی از نخبگان آن‌ها و از جمله جناب آقای دکتر تابش مدیر مسئول نشریه «علوم و مهندسی آب و فاضلاب» نیز در دانشکده مهندسی عمران پردیس فنی دانشگاه تهران همکار بنده بوده و هستند که حضورشان به عنوان اساتید دانشگاه تهران جزو افتخارات همیشگی بنده بوده و خواهد بود.

* گزارشی از فعالیت‌های خود در زمینه آب و فاضلاب را بیان فرمایید.

- فعالیت‌های من در این ارتباط شامل دو بخش است. بخشی که مربوط به فعالیت‌های آموزشی و دانشگاهی است و بخش دیگری که مربوط به فعالیت در این صنعت است. شرح فعالیت‌های آموزشی بنده در در پاسخ به سوال قبل ارائه شد.

در صنعت آب و فاضلاب نیز پروژه‌های متعددی را در ارتباط با موضوعاتی از قبیل مطالعه و طراحی خطوط انتقال آب،

با هدف حل مشکلات مذکور معاونت آب و فاضلاب در وزارت نیرو ایجاد شد و با تشکیل آن، کار مطالعه و بررسی سوابق تأسیسات، با سرعت بیشتری ادامه یافت.

روند تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب

پس از تصویب قانون توزیع عادلانه آب در اواخر سال ۱۳۶۱ که به‌نوعی قانون مادر بخش آب کشور محسوب می‌شود این قانون وزارت کشور را موظف می‌ساخت تا با همکاری وزارت نیرو، شرکت‌های مستقلی به نام «شرکت آب و فاضلاب» را برای تقسیم و توزیع آب شهری و اداره تأسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در محدوده شهرها زیر نظر شورای شهر تشکیل دهد.

با تشکیل معاونت آب و فاضلاب در پیکره وزارت نیرو، پیش‌نویس اولیه اساسنامه شرکت‌های آب و فاضلاب در اوایل سال ۱۳۶۹ ارائه شد. این اساسنامه با اصلاحاتی، در قالب ساختار غیردولتی با استقلال مالی و مدل منظومه‌ای نهایتاً در اواخر سال ۱۳۶۹ به تصویب شورای نگهبان رسیده و برای اجرا به دولت ابلاغ شد. پس از ابلاغ قانون تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب، با تشکیل و استقرار تدریجی شرکت‌های آب و فاضلاب طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۷۳، وظیفه ارائه خدمات آب و فاضلاب شهرها، از شهرداری‌ها و سازمان‌های آب منطقه‌ای جدا و به این شرکت‌ها منتقل شد.

پس از ۱۲ سال از تاسیس شرکت‌های آب و فاضلاب شهری، در سال ۱۳۸۱ شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی نیز به مجموعه وزارت نیرو ملحق شد. در اواخر سال ۱۳۹۷ با هدف زمینه سازی برای یکپارچه‌سازی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی، لایحه‌ای تنظیم شد که پس از ابلاغ آن در سال ۱۳۹۸ شرکت‌های یکپارچه استانی شکل گرفت. با نگاهی بر قانون تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب، به آسانی می‌توان دریافت که به‌دلیل فقدان ثبات سازمانی، هیچ‌گاه استقلال مالی و اداره شرکت‌ها به‌صورت بازرگانی و براساس مقررات قانون تجارت جامعه عمل نپوشید و شرکت‌های آب و فاضلاب برخلاف آن‌چه که در ابتدا باید با ساختار غیردولتی تشکیل و به‌شکل کاملاً خصوصی اداره می‌شدند، ناخواسته، ساختار دولتی به‌خود گرفتند و به‌شدت وابسته به منابع دولتی و ایرادهای حاکم بر ساختارهای دولتی شدند. این انحراف از اهداف اولیه شرکت‌های آب و فاضلاب منجر به چالش‌های متعددی شده که در بخش مربوطه با جزئیات بیشتر به آن پرداخته خواهد شد.

به‌طور خلاصه اهم تجربه‌های برآمده از سی سال تشکیل و فعالیت شرکت‌های آب و فاضلاب را مستقل از چالش‌های شکل گرفته در طول زمان می‌توان به‌شرح زیر خلاصه نمود:

۱. جذب و به‌روزرسانی نیروی متخصص در سطوح گوناگون

شبکه‌های توزیع و تصفیه‌خانه‌های آب، مطالعه و طراحی شبکه‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب را ابتدا در مهندسين مشاور پارس كنسولت و سپس در مهندسين مشاور تهران سحاب مدیریت کرده‌ام. علاوه بر پروژه‌های آب و فاضلاب، در مهندسين مشاور تهران سحاب، مدیریت ۴ پروژه سدسازی را نیز عهده‌دار بوده‌ام. در مقاطعی نیز وزارت نیرو برای به‌روزرسانی اطلاعات کارشناسان خود از بنده دعوت می‌نمودند که در زمینه آب و فاضلاب کلاس‌هایی را برای آن‌ها در دانشگاه شهید عباسپور و یا دانشگاه تهران تشکیل دهم کلاس‌هایی نیز برای آماده‌سازی دانشجویان بورسیه وزارت جهاد که عازم هلند بودند تشکیل می‌شد که بنده هم تدریس دروس هیدرولیک و آب و فاضلاب این کلاس‌ها را برعهده داشتم.

در هر حال ارائه تمامی فعالیت‌ها در دوره چهل و یک سال گذشته در این مختصر نمی‌گنجد. خوشحالم که عملیات اجرایی اکثریت قریب به اتفاق پروژه‌هایی که در این صنعت برعهده داشته‌ام به پایان رسیده و یا در شرف به پایان رسیدن هستند. سال‌ها است که بهره‌برداری از آن‌هایی که تکمیل شده‌اند در راستای رفاه عموم در جریان است و در بحث مربوط به چالش‌های پیش‌رو در صنعت آب و فاضلاب هر جا ضروری باشد از آن‌ها صحبت خواهد شد.

*** روند شکل‌گیری و توسعه شرکت‌های آب و فاضلاب و نیز قوانین و چارچوب عملکردی آن‌ها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟**

زمینه‌های تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب

به اختصار و براساس مستندات موجود، در ایران نخستین تشکیلات آبرسانی شهری در سال ۱۳۰۲ با نام "بنگاه مستقل خیریه آب‌لوله بیرجند" تاسیس شد. از آن زمان با لوله‌گذاری و اجرای تدریجی شبکه‌های آبرسانی به شهرهای کشور، موضوع مدیریت تأسیسات آبرسانی شهرها نیز جدی‌تر و حسب مورد، قوانین مقطعی مربوط به نحوه اداره تأسیسات ایجاد شده، تدوین و تصویب شد. عمده مشکلات این دوران پراکندگی و فقدان انسجام در مدیریت آب شهری که در شهرداری‌ها، سازمان‌های آب منطقه‌ای و در مواردی در بخش خصوصی متمرکز بودند و نیز فقدان برنامه‌ریزی به‌هنگام و آینده‌نگر، مشکلات فنی تأسیسات، عدم وجود سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب‌های شهری، بحران در ظرفیت‌های مالی، عدم وجود نیروی انسانی کارآمد، ضعف در بنیه علمی و صنایع پشتیبان و فقدان ارتباط فرهنگی مناسب با مردم، از مشخصه‌های بارز این دوره بوده است.

پس از پایان جنگ تحمیلی و آغاز بازسازی و توسعه کشور و

با گذشت زمان، برای پویایی و استمرار خدمات آب و فاضلاب، لازم است تا با تبیین شرایط موجود، و با تکیه بر تجربه‌های حاصل از فراز و فرودهای سه دهه گذشته، افق‌های روشنتری پیش‌روی شرکت‌های آب و فاضلاب گشوده شود و از تکرار روش‌های «سعی و خطا» گونه پرهیز شود. شناسایی و تحلیل وضعیت موجود و بهره‌گیری از فرصت‌ها و چگونگی مواجهه با تهدیدهای آن فقط با به‌کارگیری مدیران خبره و کارآزموده و برقراری ارتباط تنگاتنگ با مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی امکان ظهور و بروز می‌یابد.



* مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی در حوزه آب و فاضلاب در کشور را چه می‌دانید؟

- برای بررسی این موضوع ابتدا باید اهداف، به‌ویژه در آخرین برنامه توسعه کشور (برنامه ششم) را به‌اختصار شرح داد تا برپایه این اهداف چالش‌ها را مشخص نمود. این اهداف عبارتند از:

الف) تأمین پایدار آب شرب مورد نیاز آحاد جامعه در شهرها و روستاهای کشور:

اجرای طرح‌های آب‌رسانی شهری و روستایی و صنایع برای ایجاد ظرفیت‌های لازم به‌منظور رساندن سطح پوشش خدمات آب‌رسانی به‌میزان ۹۹/۸ درصد در بخش شهری و ۸۸ درصد در روستاهای بالای ۲۰ خانوار و هم‌چنین استحصال آب از منابع غیرمتعارف از طریق نمک‌زدایی آب دریا و تولید آب از طریق قراردادهای مشارکتی با بخش خصوصی و عمومی؛

ب) حفظ و صیانت از منابع آب و اعمال مدیریت کیفی این منابع: اجرای طرح‌های فاضلاب برای افزایش جمعیت تحت پوشش خدمات فاضلاب شهری از ۴۱/۵ درصد در آغاز برنامه، به ۵۱ درصد در پایان برنامه و هم‌چنین افزایش جمعیت تحت پوشش خدمات فاضلاب روستایی از ۰/۳۶ به ۱۳ درصد در پایان برنامه. انعقاد قراردادهای بیع متقابل برای ایجاد تأسیسات فاضلاب در ۳۵ شهر، بهبود کیفیت آب شرب از طریق ایجاد سامانه دوم توزیع آب شهری در ۱۰۱ شهر کشور و ارتقای کیفی آب و ایجاد سامانه‌های آب روستایی در ۱۲۰۴ روستا از دیگر اهداف این برنامه

مدیریتی، کارشناسی، کاردانی و کارگر فنی؛

۲. نهادینه ساختن و ارتقای سطح دانش فنی در مطالعه، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری سامانه‌های بزرگ انتقال آب و جمع‌آوری و تصفیه و دفع پساب؛

۳. نظام‌مند ساختن سطوح گوناگون اجرایی در راستای نظام فنی و اجرایی کشور و واگذاری مطالعه و اجرای بخش عمده طرح‌ها به بخش خصوصی؛

۴. کسب تجربه‌های فراوان در ایجاد ساختار مدیریتی، تخصصی و اداری برای استقرار شرکت‌ها با ساختار غیردولتی و برقراری نظام بنگاه‌داری اقتصادی در شرکت‌ها؛

۵. کسب تجربه‌های ارزشمند در زمینه‌ی تنوع بخشی در جذب منابع مالی و جلب مشارکت بخش خصوصی در اجرای طرح‌ها

۶. به‌کارگیری تجربه‌های جدید در زمینه بهره‌گیری گسترده از آب‌های غیرمتعارف برای تأمین بخشی از نیازهای شرب، کشاورزی و صنعتی؛

۷. به‌کارگیری تجربه‌های جدید در زمینه جداسازی آب شرب از آب بهداشتی در تعدادی از شهرهای کشور؛

۸. برنامه‌ریزی و اقدام‌هایی برای ارتقای کیفیت شیمیایی آب در برخی از شهرها و روستاهای مواجه با مشکل تغییر کیفیت شیمیایی آب، متأثر از ساختار زمین‌شناسی، تغییرهای اقلیمی و فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی؛

۹. همکاری با بانک‌های توسعه‌ای و ایجاد تعاملات بین‌المللی به‌منظور بهره‌گیری از یافته‌های نوین فنی و اجرایی و ارتقای سطح تخصصی و دانش فنی و عضویت در انجمن‌ها و سازمان‌های بین‌المللی و برگزاری گردهمایی‌های مشترک با کشورهای صاحب فناوری؛

۱۰. تشویق و کمک به ایجاد و توسعه شرکت‌های مشاوره‌ای، پیمانکاری، خدمات بهره‌برداری و ساخت داخلی لوله، تجهیزات و مواد شیمیایی مورد نیاز صنعت؛

۱۱. تدوین و انتشار راهنماها و دستورکارهای گوناگون اجرایی و راهبری و همکاری و مشارکت در تهیه و تدوین ضابطه‌ها و استانداردهای ملی مرتبط با بخش آب و فاضلاب؛

۱۲. انجام پژوهش‌های میدانی به‌منظور بومی سازی فناوری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکلات پیش‌روی.

نگاهی به پیشینه حدود سی سال از عمر شرکت‌های آب و فاضلاب، نشان می‌دهد که این شرکت‌ها، از بدو تشکیل، توانسته‌اند شاخصه‌هایی از قبیل کارآمدی و بهره‌وری، شفافیت بیشتر در هزینه‌ها، ارائه خدمات با کیفیت بهتر و تخصصی‌تر را تا حدود زیادی بهبود بخشند.

است؛

ج) ارتقای بهره‌وری آب از منظر فیزیکی و اقتصادی:

برای تحقق این هدف، کاهش آب بدون درآمد در شهرهای کشور از مقدار ۲۶ درصد به ۲۳/۵ درصد در پایان برنامه، هوشمندسازی سامانه‌های آبرسانی در ۱۰ مرکز استان و کاهش مصرف سرانه آب خانگی به میزان متوسط ۷ لیتر در شبانه‌روز و اجرای طرح‌های مجتمع آبرسانی روستایی، از دیگر اهداف در این حوزه است.

به دلیل محدودیت منابع آب و نوسانات و تغییرات اقلیمی، توزیع نامتوازن آب در سطح کشور، افزایش جمعیت، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، افزایش رقابت بین بخش‌های مصرف‌کننده برای در اختیار گرفتن منابع آبی با کیفیت بهتر و سرانجام رسیدن کشور به مرحله تنش آبی، همگی سبب شده‌اند تا مدیران و برنامه‌ریزان آب کشور علاوه بر استفاده بهینه از منابع موجود در پی استفاده از منابع غیرمتعارف آب برای دستیابی به توسعه پایدار باشند. به‌طور خلاصه تلاش می‌شود تا چالش‌های مختلفی را که مدیریت شرکتهای آب و فاضلاب و سازمانهای آب منطقه‌ای و دیگر دست‌اندرکاران زیرمجموعه این مدیریت با آن روبرو هستند را در قالب گروه بندی شده و به شرح زیر ارائه داد:

۱- رشد جمعیت و افزایش تقاضا و رقابت بین بخش‌های

مختلف برای دستیابی به منابع آب با کمیت و کیفیت بهتر

این موضوع حقیقتاً یکی از چالش‌های عمده نه فقط در حوزه آب و فاضلاب که تقریباً در همه زمینه‌های مربوط به آب است. در شرایط فعلی و در چند سال اخیر و به‌ویژه سال آبی جاری و به‌خصوص با توجه به اظهارنظرها و گفتگوهای که این روزها در جریان است، باور به مشکل کم‌آبی در همه سطوح و در میان تقریباً همه اقشار اجتماعی جا افتاده است. اگر در گذشته نه‌چندان دور، فقط اهل فن و صاحب‌نظران بودند که موضوع را مطرح می‌کردند و گاه و بی‌گاه صرفه‌جویی در مصرف آب را پیشنهاد می‌نمودند، امروزه آن‌چنان موضوع جدی است که نادیده گرفتن و یا فرار از آن در عمل نه پسندیده بوده و نه امکان‌پذیر است.

تکرار آن‌چه که همه می‌دانیم سخت است. ایران با قرار گرفتن بر روی کمربند خشک نیم کره شمالی، دارای نزولات جوی کم، پوشش گیاهی ضعیف و منابع آبی بسیار ناکافی است. اقلیم ایران در مقایسه با اقلیم‌های باران‌خیز دنیا، دارای پیچیدگی‌ها و ویژگی‌های زیادی از قبیل تنوع فراوان اقلیمی، جغرافیایی، فیزیکی و ... است. جدا از مناطق کویری خالی از سکنه، که سطح گسترده‌ای از کشور را تشکیل می‌دهند، حتی در نواحی مسکونی، از جمله بخش‌های جنوبی و به‌خصوص جنوب شرقی کشور، مقدار نزولات جوی در هر سال در محدوده ۵۰ میلیمتر است در حالی که

در همین محدوده شرایط اقلیمی به‌گونه‌ای است که پتانسیل تبخیر سالانه حدود ۸۰ برابر نزولات جوی است.

پراکنش جمعیت در نقاط مختلف کشور ناموزون و تابعی از شرایط و پیچیدگی‌های مختلف اقلیمی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی است. این جمعیت ضمن نامناسب بودن توزیع آن در سطح کشور، به‌طور مرتب نیز در حال افزایش است. جمعیت از ۲۲ میلیون نفر در سال ۱۳۵۵ به بالغ بر ۸۰ میلیون نفر افزایش یافته است. ۳۰ درصد از منابع آب کشور، در ۵ درصد مساحت حوضه‌های آبریز کشور از جمله کارون، دز، کرخه، جراحی و زهره و ۷۰ درصد باقیمانده در سطح ۹۵ درصد مساحت کشور توزیع شده است.

کل پتانسیل آب تجدیدپذیر کشور حدود ۱۲۰ تا ۱۴۰ میلیارد مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود. از مقدار کل پتانسیل آبی کشور، حدود ۱۰۴ میلیارد مترمکعب در سال معادل حدود ۸۰ درصد کل، برای مصارف کشاورزی، صنعت و نیازهای شهری برداشت می‌شود. از ۱۰۴ میلیارد مترمکعب مصرفی، حدود ۵۷ میلیارد مترمکعب آن از منابع زیرزمینی و ۴۷ میلیارد مترمکعب آن از منابع سطحی تأمین می‌شود. پتانسیل کل آب کشور برای هر نفر در سال ۱۳۵۵ حدود ۳۶۰۰ متر مکعب (بیش از ۲ برابر استاندارد سازمان ملل در مرز تنش آبی) بوده در حالی که در حال حاضر با فرض ثابت بودن پتانسیل کل، امروزه این مقدار به حدود ۱۳۰۰ مترمکعب برای هر نفر در سال رسیده است که حدود ۲۰ درصد پایین‌تر از مرز تنش آبی است. این مقادیر در مقایسه با استانداردهای جهانی، نشان‌دهنده این واقعیت تلخ است که کشور ما حتی در حال حاضر وارد فاز تنش شده و اگر مقدار آب تجدیدشونده به کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در سال برای هر نفر کاهش یابد، وارد فاز بحرانی جدی آب خواهیم شد، وضعیتی که با روند فعلی افزایش جمعیت وقوع آن دور از انتظار نخواهد بود. از دیدگاهی دیگر و باز هم براساس استانداردهای جهانی، اگر کشوری بیش از ۴۰ درصد منابع آبی خود را برای اهداف گوناگون و به‌هر شکل مصرف کند، آن کشور در فاز تنش آبی ارزیابی می‌شود. کشور ما در حال حاضر با مصرف بیش از ۸۰ درصد منابع آب خود، مدتها است که وارد فاز تنش آبی شده و در شرایط کم‌آبی قرار دارد.

بدیهی است که در شرایط کمبود آب، رقابت بین بخش‌های مختلف نیز بروز می‌نماید. پروژه‌های آبی به‌خصوص در بخش «توسعه منابع آب و سد سازی» اصولاً پروژه‌های چندمنظوره هستند. در این تیپ از پروژه‌ها، دولت ضوابط و اولویت‌هایی را با توجه به اهمیت مسائل اجتماعی و اقتصادی مترتب بر مصرف و با در نظر گرفتن تجربیات و استانداردهای جهانی مشخص نموده

است. این موضوع به خصوص در سال‌های اخیر به دلیل افزایش جمعیت، بالا رفتن سطح زندگی و سطح توقعات شهروندان در امور بهداشتی و بالتبع بالا رفتن نیازهای آبی از یک طرف و محدودیت در زمینه تأمین آب از طرف دیگر یکی از بزرگترین چالش‌هایی است که نگرش‌های منطقه‌ای و بخشی هم بیش از پیش این چالش‌ها را عمیق‌تر می‌نماید. در امر مدیریت منابع آب، با کمال تأسف باید گفت که گرایش‌های سیاسی، منطقه‌ای، اولویت‌های فنی و مهندسی جامع‌نگر و ملی را در مواردی تحت الشعاع قرار می‌دهند. در یک پروژه معین، مثلاً موضوع تخصیص منابع آب تحت تأثیر عوامل با نفوذ چندین بار تغییر می‌کند. در مواردی هزینه‌های هنگفتی صورت گرفته عملیات اجرایی پروژه‌ای در حال پیشرفت است که دفعته با تغییر نگرش‌ها و تخصیص‌ها، عملیات اجرایی پروژه متوقف می‌شود. چرا؟ چون اولویت‌های جدیدی در امر سیاست‌گذاری در سطوح بالاتر توسط افراد و یا نهادهای ذی‌نفوذ مطرح شده است.

لذا تنها راه برون‌رفت از این وضعیت، اعمال مدیریت یک‌پارچه، جامع‌نگری، داشتن برنامه‌های کوتاه مدت، میان‌مدت و درازمدت، به کارگیری مدیران توانمند، علاقه‌مند، با تجربه و به دور از گرایش‌های سیاسی، حزبی و منطقه‌ای است.

۲- عدم تناسب توسعه و استقرار مراکز جمعیتی و صنعتی با پتانسیل منابع آب

یکی از موضوعاتی که به خصوص در یکی دو دهه اخیر به دلایل مختلف اثرات مخرب خود را نشان داده است، عدم تناسب توسعه و استقرار مراکز جمعیتی و صنعتی با پتانسیل منابع آب در محل استقرار است. اثرات مخرب این عدم تناسب امروزه در جای جای کشور خود را نشان داده است. مصادیق زیادی را می‌توان ارائه داد که تقریباً تمامی صاحب‌نظران و کارشناسان امر نسبت به آن‌ها وقوف کامل دارند. مشکل این‌جا است که متأسفانه با گذشت زمان هم اثرات مخرب سیاست‌گذاری‌های قبلی بیشتر می‌شوند و هم در مواردی همان سیاست‌ها ادامه می‌یابند. از میان ده‌ها و صدها مورد، به یکی دو مورد بسنده می‌شود. یکی از این نمونه‌ها استان اصفهان و ظلم و ستمی است که بر رودخانه زاینده‌رود به عنوان شاهرگ حیاتی این بخش از کشور روا داشته شده است. هم‌نسلی‌های بنده در سنین نوجوانی و جوانی حتی در مخیله خود نمی‌توانستند وضعیت امروزین اصفهان و رودخانه زاینده‌رود و نظایر آن‌را تصور کنند. موارد مشابه در سطح کشور بسیار زیاد است. به یاد آوردن آن‌چه که در خاطرات حفظ شده و مقایسه آن با آن‌چه که امروز از گذشته باقی‌مانده واقعاً دردآور است. نتیجه سیاست‌گذاری‌های غلط و بدون توجه به واقعیت‌های عینی مصائب

متعددی را به خصوص در ارتباط با منابع آب سبب شده‌اند. قرار نبوده معجزه‌ای اتفاق بیفتد و رودخانه زاینده‌رود چندین برابر پتانسیل ذاتی خود و به هر مقدار که ما نیاز داشته باشیم زایش آب داشته باشد. در حوضه آبریز این رودخانه جمعیت به شکل مستمر افزایش یافته‌است. آب مورد نیاز این جمعیت در حال افزایش، برای نیازهای مختلف از جمله کشاورزی، دامداری، باغداری، صنایع ریز و درشت و ... مرتباً در حال افزایش بوده است. مصرف سرانه آب مردمی که در حوضه آبریز این رودخانه زندگی کرده و می‌کنند نسبت به گذشته مرتباً در حال افزایش است. این‌ها همه در شرایطی قوع می‌پیوندند که در بهترین حالت و با فرض شرایط نرمال و طبیعی مقدار متوسط آورد رودخانه ثابت است. در پایین‌دست و در مجاورت شهر اصفهان صنایع بزرگی که شدیداً به آب نیاز دارند مثل ذوب‌آهن اصفهان، فولاد مبارکه و صنایع جانبی آن‌ها، صنایع نفت و پتروشیمی، پلی‌اکریل، دیگر صنایع ریز و درشت، کارگاه‌های کوچک و بزرگ صنعتی و ... یکی پس از دیگری ساخته و راه‌اندازی شده‌اند. به آب مورد نیاز صنعت و کشاورزی، آب مورد نیاز شرب و بهداشت جمعیتی که مرتباً در حال افزایش بوده و مصرف سرانه آن‌ها نیز با گذشت زمان به دلایل مختلف افزایش می‌یابد، باید اضافه شود. نتیجه آن‌که امروزه در بخش عمده روزهای یک‌سال، زاینده‌رودی که زمانی الهام‌بخش شاعران و نویسندگان و حماسه‌پردازان و نقاشان و ... بوده به خشک‌رودی بی‌روح و بی‌جان تبدیل شده که با هزاران زبان، ظلم و ستمی را روایت می‌کند که بی‌توجهی به قوانین کاملاً شناخته شده طبیعت، عامل و مسبب آن بوده است. زاینده‌رود و باتلاق گاوخونی نمونه‌ای بارز از صدها نمونه مشابه در سطح کشور است که به دلیل بی‌توجهی در حال احتضار بوده و یکی پس از دیگری نابود می‌شوند. هامون‌های هیرمند، جازموریان، بختگان، مهارلو، پریشان، دشت ارژن، طشک، دریاچه ارومیه و ...، تالاب‌های متعدد دیگری هستند که سرنوشتی بهتر از سرنوشت باتلاق گاوخونی ندارند.

حال این سوال مطرح است که آیا تنها مکان مناسب برای استقرار این همه صنایع فقط حوضه آبریز زاینده‌رود و مجاورت با شهر اصفهان بوده و هیچ مکان مناسب دیگری وجود نداشته است؟ آیا در جانمایی این صنایع اصلاً به مقدار آب مصرفی این صنایع و دیگر نیازها و مقایسه این نیازها با پتانسیل آبی رودخانه زاینده‌رود توجه شده است؟ به طور قطع می‌توان گفت اگر سیاست‌گذاران دیروز می‌توانستند وضعیت امروز را پیش‌بینی کنند، که با کمک روش‌های علمی و نه چندان پیچیده امکان‌پذیر بوده است و اگر فقط مبانی علمی و مهندسی تنها معیارهای تعیین‌کننده در این سیاست‌گذاری‌ها می‌بود، وضعیت امروز

رودخانه از همان موقع قابل پیش‌بینی بود. متأسفانه در کشور ما در مورد بسیاری از پروژه‌ها، معیارهای علمی، فنی، مهندسی و اقتصادی در مقام مقایسه با معیارهای دیگر و از جمله معیارهای سیاسی و اجتماعی از درجه اهمیت کمتری برخوردارند و تا زمانی که این چالش عمده به شکل اساسی حل و فصل نشود، نه تنها مشکلات موجود پابرجاست که مشکلات جدید نیز رخ خواهند نمود. هم اکنون برای تأمین آب صنایع دیگری از قبیل صنایع فولاد و مس که در کویر مرکزی و در مجاورت معادن خام این کانی‌ها استقرار یافته‌اند، باید آب شور خلیج فارس را با هزینه بسیار بالا ابتدا شیرین نموده و سپس توسط خطوط انتقال طولانی به کمک ایستگاه‌های پمپاژ و در مواردی حفر تونل برای عبور دادن آب از پستی و بلندی‌های مسیر اقدام نمود. به هزینه‌های شیرین کردن آب شور دریا و احداث خط انتقال و تأسیسات مربوطه، هزینه بالای نگهداری، بهره‌برداری و نیز اثرات مخرب محیط‌زیستی را هم باید اضافه نمود. موارد متعددی از این نوع اقدامات را می‌توان به عنوان چالش‌های پیش روی مدیریت منابع آب طرح نمود. با این امید که در برنامه‌ریزی‌های آتی مورد توجه بیشتر قرار گیرند.

۳- شمار قابل توجه طرح‌های نیمه تمام با پیشرفت فیزیکی ۲۰ تا ۸۰ درصد متأثر از محدودیت‌های مالی و تأمین اعتبار

یکی دیگر از چالش‌های عمده بر سر راه شرکت‌های آب و فاضلاب و سازمان‌های آب منطقه‌ای چگونگی تأمین نیازهای مالی پروژه‌هایی است که عملیات اجرایی آن‌ها در جریان بوده و به پیشرفت‌های قابل توجه فیزیکی نیز نائل شده‌اند. ولی در عمل با مشکلات کمبود اعتبار برای تکمیل روبرو شده و در نتیجه عملیات اجرایی آن‌ها یا متوقف و یا دچار رکود شده‌اند. با یک حساب سرانگشتی می‌توان حجم سرمایه‌ای را که در هر یک از این پروژه‌ها به کار گرفته شده و با توجه به برنامه زمانی اجرای آن‌ها که قرار بوده در تاریخ معینی به بهره‌برداری برسند، محاسبه نمود. میزان سرمایه به کار گرفته شده، راکد و غیرمولد در شرایط عدم تکمیل در هر پروژه تابع عوامل مختلف و به طور کلی مشخصات عمومی پروژه بوده که تعیین میزان نسبتاً دقیق آن با توجه به قیمت زمان انعقاد قرارداد و شروع عملیات اجرایی به قیمت روز قابل محاسبه است. عدم‌النفع ناشی از رکود سرمایه‌های راکد شده و غیرمولد به دلیل عدم امکان تأمین اعتبار، سر به ارقام نجومی می‌زند.

مثال‌های متعددی در این ارتباط قابل طرح هستند که باز هم به دلیل جلوگیری از اطاله بحث یکی دو مورد را که خود درگیر آن بوده‌ام به عنوان نمونه مشتتی از خروار می‌توان طرح نمود. یک

پروژه تصفیه‌خانه فاضلاب در شهری متوسط از نظر جمعیت، قرار بوده که در اواسط سال جاری (۱۴۰۰) به بهره‌برداری برسد. به دلایل مختلف که کمبود اعتبار نیز یکی از آن‌ها بوده، پروژه با پیشرفت فیزیکی کمی کمتر از ۵۰ درصد برای مدت ۱۲ ماه به تأخیر افتاده است. اکنون که به نحوی گشایشی از نظر مالی صورت گرفته است، پیمانکار در نظر دارد که عملیات اجرایی را شروع کند. اگر سال گذشته عملیات اجرایی را شروع می‌کرد، با توجه به ضرایب تعدیل تا پایان سال ۱۳۹۸ رقمی در حدود ۲۱۰ میلیارد ریال را می‌توانست مطالبه نماید. به دلایلی عملیات اجرایی به تعویق افتاده و اکنون در خردادماه سال ۱۴۰۰، مبلغ تعدیل از رقم ۲۱۰ میلیارد ریال به رقمی معادل ۶۰۰ میلیارد ریال افزایش یافته است. مبلغ تعدیل آن‌هم تا زمان فعلی به تنهایی حدود ۲ برابر مبلغ اولیه قرارداد است. روشن است که بخش قابل توجه رقم اولیه قرارداد تاکنون هزینه شده و سرمایه هزینه شده برای ۵ سال راکد بوده است. سرمایه‌ای که در شرایط برنامه‌ریزی درست می‌توانست جای دیگری مشکل نبود و یا کمبود اعتبار را حل کند. این تازه فقط ضرر و زیان اقتصادی پروژه است و مشکلات اجتماعی ناشی از این وضعیت در به تأخیر افتادن‌های مکرر و وعده وعیدهای مستمر مسئولین نیز بعد دیگری از ابعاد متعدد روزمره‌گی‌های حاکم بر سرنوشت این قبیل پروژه‌ها است.

۴- عدم تناسب تعرفه‌ها با بهای تمام‌شده خدمات

یکی از فاکتورهای بسیار مهم در مدیریت منابع آب و همین‌طور سایر منابع، مدیریت منابع مالی آن‌ها است. در ایران، قیمت تمام‌شده هر مترمکعب آب با توجه به سیاست‌های دیکته شده توسط دولت و از جمله نرخ سود توصیه شده برای سرمایه‌گذاری صورت گرفته و معمولاً بدون توجه به نرخ تورم محاسبه می‌شود. در اغلب و یا می‌توان گفت در تمامی پروژه‌هایی که خود مدیریت آن‌ها را به عهده داشته‌ام قیمت تمام‌شده برای هر مترمکعب آب نسبت به آب‌بهای دریافتی بابت مصرف آن بسیار بالاتر است و این درحالی است که قیمت واقعی تمام‌شده آب با توجه به نرخ واقعی سود سرمایه بسیار بیشتر از قیمت محاسبه شده است. امروزه نه تنها در کشورهای توسعه یافته که حتی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه این شاخص از اهمیت بالایی برخوردار است. همانند سایر موارد گفته شده تاکنون و به دلایل مختلف، در ایران به این شاخص نیز توجه کافی نمی‌شود و دولت به ناچار در اکثریت قریب به اتفاق پروژه‌ها با پرداخت سوبسید و به شکل دستوری قیمت را در سطح پایینی نگه داشته است. پایین بودن این قیمت به همراه دیگر عوامل سبب شده است تا ارزش اقتصادی و واقعی آب برای اکثریت مصرف‌کنندگان مشخص نبوده

و در نتیجه راندمان مصرف بسیار پایین‌تر از حد مطلوب باشد. پایین بودن قیمت آب‌بها همراه با سایر عوامل تأثیرگذار سبب شده تا مصرف سرانه آب حتی در بخش‌های جنوبی کشور با منابع محدود آب در مواردی از متوسط جهانی بالاتر باشد. معضلات مربوط به این امر نیز بسیار گسترده بوده و پرداختن به جزئیات در این مقوله نمی‌گنجد. باید عرض شود که آب‌بهای دیکته‌شده توسط دولت در ایران در مقام مقایسه با آب‌بها در کشورهای هم‌جوار و کم و بیش مشابه ایران، نظیر کشور ترکیه بسیار کمتر است. قیمت تمام‌شده آب معمولاً و در عمل نقشی را در بهای پرداختی توسط مصرف‌کنندگان ایفا نمی‌نماید و به همین دلیل غالب مصرف‌کنندگان در این کشور به ارزش واقعی آب (حداقل از نظر اقتصادی) واقف نبوده و حتی در شرایط بحرانی امروز، صرفه‌جویی در مصرف را رعایت نمی‌کنند. بنابراین یکی از چالش‌های عمده که باید برای آن چاره‌ای اندیشید رفع این مشکل است. برای پاسخگویی به این چالش هم تنها راه اصولی به‌کارگیری تجربیات کسب‌شده در دنیا است. واقعی کردن قیمت‌ها یکی از راه‌های فائق آمدن بر این چالش است.

۵- افزایش سن تأسیسات و مسائل مترتب بر آن

موضوع افزایش سن تأسیسات و مسائل مترتب بر آن هم یکی دیگر از چالش‌های اساسی شرکت‌های آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای است. عمر مفید تأسیسات و تجهیزات الکترومکانیکال به‌خصوص در خطوط انتقال، ایستگاه‌های پمپاژ و تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب محدود بوده و حتی در شرایط بهره‌برداری مطلوب از حدود ۱۵ تا ۳۰ سال تجاوز نمی‌کند. چالش‌های مربوط به نگهداری و بهره‌برداری از این تأسیسات در جای خود به اختصار شرح داده خواهد شد. وضعیت نامطلوب بهره‌برداری سبب می‌شود تا عمر مفید این تجهیزات از مقادیر ذکر شده در اکثر موارد کمتر باشد. این موضوع باعث شده است تا کیفیت خروجی از تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب از مقادیر مندرج در استانداردهای تعیین‌شده پایین‌تر بوده و در بخش مربوط به جمع‌آوری، انتقال، شبکه‌های توزیع آب و جمع‌آوری فاضلاب درصد هدررفت از مقادیر مطلوب بسیار بالاتر باشد. همانند دیگر چالش‌ها، موارد مختلفی را در ایران می‌توان مطرح نمود که نشانه عمق مشکل در این ارتباط است. موضوع هدررفت آب در شبکه‌های توزیع آب شهری، نمونه بارزی است که تقریباً در تمامی شهرهای کوچک و بزرگ ایران قابل مشاهده است. سالها است که موضوع آب هدررفته و یا به حساب نیامده مثلاً در شهری نظیر تهران حدود ۳۰ درصد تخمین زده شده است. با یک حساب سرانگشتی اگر مقدار آب مصرفی شهر تهران را به‌طور متوسط سالانه حدود یک

میلیارد مترمکعب فرض کنیم، با هدررفت آب به‌میزان ۳۰ درصد، سالیانه حدود ۳۰۰ میلیون مترمکعب آب با هزینه بسیار بالا تولید شده و سپس در مسیر و در شبکه توزیع و یا برداشته‌های غیرقانونی هدر می‌رود. با کاهش مصرف در این حد، عملاً آب ذخیره شده در سدهای کرج و لتیان را می‌توان برای سایر اهداف به‌کار گرفت. رسیدن به هدر رفت در حد صفر عملاً امکان‌پذیر نیست. اگر بتوانیم میزان هدررفت را به ۱۰ درصد که عملاً امکان‌پذیر است برسانیم می‌توانیم سالانه حدود ۲۰۰ میلیون مترمکعب صرفه‌جویی کنیم. باید توجه کرد که این وضع تقریباً در تمامی شهرها و حتی در روستاهای ما حاکم است. در دهه ۶۰ و در ارتباط با تأمین آب شهر قم از سد پانزده خرداد که بنده هم یکی از اعضای کارگروهی بودم که برای این منظور تشکیل شده بود، تلفات آب شبکه توزیع شهر قم حتی از رقم ۳۰ درصد نیز بیشتر بود. ملاحظه می‌شود که افزایش سن تأسیسات و جایگزین نکردن آن‌ها به‌موقع، عملاً تبدیل به چاه ویلی شده است که به‌شکل مستمر و پیوسته هزینه بسیار زیادی را به کشور تحمیل می‌نماید. اگر چاره‌ای اندیشیده نشود این هزینه‌ها مرتباً افزایش خواهند یافت. ضمناً باید متذکر شد که هزینه بازسازی مثلاً شبکه توزیع آب شهری مثل شهر تهران و کاهش هدررفت آب به‌میزان حتی ۱۰ درصد، آن‌چنان بالا است که تأمین این هزینه در کوتاه‌مدت حتی در شرایط مطلوب اقتصادی فوق‌العاده مشکل و دور از دسترس است. به‌عبارت دیگر جایگزین نکردن به‌موقع تأسیسات، سبب افزایش هدررفت و یا تلف‌شدن سرمایه است و از آن طرف سرمایه لازم برای بهره‌برداری و نگهداری از تأسیساتی که عملاً عمر مفید آن‌ها به‌سر آمده و نیاز مستمر به تعمیرات اساسی دارند، بسیار بالا است. اگر این وضعیت را به سایر شهرهای کوچک و بزرگ و حتی روستاها تعمیم دهیم رفع ابعاد گسترده این چالش به‌خصوص با توجه به آب‌بهای بسیار پایین غیرممکن می‌نماید. لذا همان‌طور که در بخش ۴ گفته شد با واقعی کردن آب‌بها و اعمال مدیریت صحیح و تأمین اعتبارات ضروری می‌توان به‌تدریج بر این مشکل نیز فائق آمد.

۶- محدودیت منابع آب تجدید شونده، کاهش شاخص سرانه منابع آب و افزایش سرانه مصرف

همان‌طور که در بحث مربوط به موضوع شماره ۱ گفته شد پتانسیل کل منابع تجدیدشونده در کشور ما محدود بوده و در محدوده ۱۲۰ تا ۱۴۰ میلیارد مترمکعب در سال است. مشخص شد که سهم هر نفر از منابع تجدیدشونده با توجه به معیارهای بین‌المللی به‌گونه‌ای است که عملاً کشور وارد فاز تنش آبی شده است. محدودیت منابع آب در ایران به‌دلایل مختلف و به‌خصوص

با توجه به موقعیت جغرافیایی آن امروزه بر صاحب نظران پوشیده نیست. خشک سالی های چند سال اخیر نیز به خصوص این موضوع را برای اقشار مختلف جامعه از جمله کشاورزان، دامداران، باغداران، صاحبان صنایع، فضای سبز شهرها و روستاها، آب شرب، بهداشتی و سایر مصارف خانگی و ... به گونه ای عیان کرده است که همگان مستقل از موقعیت اجتماعی خود تا حدودی نسبت به ابعاد بحرانی موضوع آگاه هستند. سخنرانی ها و نقطه نظرات ارائه شده توسط مسئولین به خصوص با توجه به شرایط ویژه سال جاری حساسیت ها را بیش از پیش تحریک کرده است.

افزایش جمعیت باعث شده است تا از منابع تجدیدشونده موجود که مقدار آن محدود است، سهم هر نفر کمتر شود. از طرف دیگر با توجه به آن چه که در بخش های ۱ و ۴ به اختصار ذکر شده علاوه بر موضوع جمعیت، موضوع آب بها و بالارفتن سطح توقعات عموم در مصارف مختلف به ویژه در امر بهداشت فردی و اجتماعی سبب شده است تا مصرف سرانه افزایش یابد. لذا با توجه به محدودیت منابع تجدیدشونده، در امر مدیریت مصرف، ما هم چنان در ابتدای این راه پر پیچ و خم بوده و تا رسیدن به شرایط نسبتاً مطلوب با چالش های بسیاری سر و کار خواهیم داشت.

مشکل اساسی این جا است که علی رغم تذکرات مکرر مسئولین دولتی و درخواست های پی در پی آنان، تشکیل سمینارها، وقوف نسبی مردم از ابعاد مشکل و حتی درگیری های موضعی و منطقه ای بین اقشار مختلف و مصرف کنندگان با گرایشات متضاد، و حتی فراگیر شدن موضوع «جنگ آب» و یا ذکر مصیبت هایی از این نوع که خشک سالی ها و بی آبی ها تا حدی گسترش یافته که متأسفانه در مواردی حتی مسئولین رده بالا صحبت از نابود شدن ایران می کنند، هیچ علامتی مبنی بر کاهش مصرف در میان مصرف کنندگان به چشم نمی خورد. همه آن چه که گفته شد نشان دهنده یک واقعیت است و آن این که اگر به شکل ساختاری و اساسی موضوع حل و فصل نشود، ابعاد فاجعه می تواند سریعاً گسترش یابد.

۷- ازدیاد فاصله منابع تأمین تا نقاط مصرف و نزول کیفیت آب در جابجایی طولانی آن

منابع تجدیدشونده موجود در سطح کشور نه تنها محدود بوده بلکه همین مقدار کم نیز از نظر توزیع بسیار ناماهنگ است. در حالی که در استان های شمالی و تا اندازه ای در غرب کشور مقدار منابع تجدید شونده را می توان نسبتاً خوب تا خوب ارزیابی کرد، در استان های جنوبی، جنوب شرقی، شرق کشور و استان های مرکزی، منابع تجدیدشونده بسیار محدود است. در بخش

قابل توجهی از شرق کشور، میزان متوسط بارندگی سالانه از ۵۰ تا ۶۰ میلی متر تجاوز نمی کند. در بخش مصارف و به خصوص مصارف خانگی در شرایط عدم وجود گزینه های مناسب تأمین و یا با توجه به هزینه بسیار زیاد شیرین کردن آب شور دریا، به ناچار باید آب را از مناطق نسبتاً پر آب به مناطق کم آب انتقال داد. هم اکنون در جنوب کشور پروژه هایی در دست بهره برداری است که فاصله از نقطه برداشت تا نقط مصرف بالغ بر ۷۵۰ کیلومتر است. بدیهی است که بهره برداری ضعیف و بالا رفتن سن تأسیسات در این گونه پروژه ها، سبب می شود تا میزان تلفات در طول خط افزایش یابد. به علاوه به دلیل زمان طولانی تماس آب با سیستم انتقال، از نقطه نظر کیفی نیز دستخوش تغییر شود. اگرچه برای مصارف خانگی ممکن است راه حل بهتری وجود نداشته باشد ولی برای سایر مصارف از جمله مصارف صنعتی، مکان یابی مطلوب این صنایع می تواند در کاهش طول خط انتقال و مقدار انرژی مصرفی برای پمپاژ آب و عبور از شرایط توپوگرافی پیچیده مسیر برای رساندن آب تا محل مصرف و اثرات مخرب محیط زیستی مترتب بر آن ایجاب می نماید تا بررسی ها با درجه دقت بالاتر و حساسیت بیشتر صورت گیرد.

هم اکنون در بخش جنوب شرقی و شرق کشور پروژه هایی برای تأمین آب شرب و صنعت این مناطق به کمک شیرین کردن آب شور دریا در دست مطالعه و یا در دست اجرا است که هزینه تمام شده یک مترمکعب آب این پروژه ها بسیار بالا خواهد بود. لذا موضوع هزینه های ساخت، بهره برداری و نگهداری این پروژه ها از هم اکنون باید به شکل ساختاری برنامه ریزی و تأمین شود که حداقل توجیه اقتصادی آن ها در جریان اجرا دستخوش تغییر نشود.

۸- عدم توجه جدی و علمی به جنبه های محیط زیستی و حفاظت از منابع آب در طرح های توسعه صنعتی، کشاورزی و خدمت دهی های شهری

بی توجهی به ظرفیت های قابل تحمل محیط زیست، بهره برداری نامناسب از منابع طبیعی، آزمندی انسان برای بهره کشی از محیط زیست و در آخر بی توجهی به منطق علم اقتصاد در سیاست گذاری های بهره برداری از منابع طبیعی و محیط زیستی، شرایطی را پدید آورده است که همه جوامع به نوعی با معضلات محیط زیستی دست به گریبان شده اند. با بسط و گسترش معضلات محیط زیستی ناشی از فعالیت های بشر، مشخص شده است که فعالیت های اقتصادی بدون توجه به محدودیت های محیط زیست نمی توانند ادامه پیدا کنند. به همین دلیل استفاده از ساز و کارهای بازار و ابزارهای اقتصادی و

هم‌چنین قانون و مقررات برای استفاده عقلانی از مواهب محیط‌زیست در کانون توجه بسیاری از دولت‌های جهان قرار گرفته است. اما در کلیت موضوع، هم‌چنان مشکلات محیط‌زیست جهانی با آینده بشر گره خورده و جوامع بسیاری هستند که هنوز این واقعیت را دریافته‌اند. آنچه اهمیت دارد، این است که برنامه‌ریزان و کلان‌نگران مملکتی نیز دریابند که موضوع محیط‌زیست و داشتن طبیعتی با توان‌زیست‌پالایی مطلوب تا چه اندازه از اهمیت والایی در نظام اقتصادی و سرمایه‌داری امروز برخوردار است.

امروزه در کشورهای پیشرفته، سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست از اختیارات چشم‌گیری در ارتباط با تدوین ضوابط محیط‌زیستی برخوردارند. مثلاً سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA) یکی از سازمان‌های بسیار تأثیرگذار در میان نهادهای دولتی آمریکا است. برطبق ضوابط تدوین‌شده توسط این سازمان منابع آب‌های سطحی اعم از دریاچه‌ها و رودخانه‌ها برحسب ظرفیت خودپالایی، در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند و برحسب این گروه‌بندی‌ها، محدودیت‌های مربوط به کیفیت و کمیت پساب‌هایی که می‌توانند به آن‌ها وارد شوند مشخص می‌شود. کمیت و کیفیت پساب‌ها در ترکیب با دبی پایه رودخانه در شرایط حداقل جریان نباید به گونه‌ای باشد که مثلاً به آبیان رودخانه صدمه‌ای وارد شود. در مواردی کمیت و کیفیت پساب از یک طرف و دبی پایه رودخانه در شرایط حداقل جریان از طرف دیگر به گونه‌ای است که فاضلاب باید تا مرحله تکمیلی تصفیه و پالایش شود. به عبارت دیگر پارامترهای کیفی نظیر SS, COD, BOD مقدار نیترات‌ها و فسفات‌های پساب در حداقل ممکن بوده به گونه‌ای که تشخیص آن از آب تمیز به‌سختی ممکن باشد. در کشور ما اگرچه ضوابط معینی برای مسائل محیط‌زیستی در پروژه‌های آبی توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تعریف شده است و میزان حقابه‌های محیط‌زیستی برطبق این ضوابط مشخص شده‌اند، اما در عمل متأسفانه به آن‌ها توجه نمی‌شود. مثال‌های متعددی را می‌توان در این ارتباط نیز مطرح کرد که فقط سبب طولانی‌تر شدن موضوع خواهد شد. مثلاً برای حقابه محیط‌زیستی رودخانه زاینده‌رود و بسیاری رودخانه‌های دیگر که در پایین‌دست بند و یا سدی که بر روی آن‌ها احداث شده، برای دوره‌ای طولانی در هر سال کاملاً خشک بوده و اکوسیستم آن‌ها عملاً نابوده شده‌اند، به‌جز آهی سرد برآمده از عمق وجود چه می‌توان کرد؟

۹- عدم کفایت منابع مالی برای اجرای برنامه‌ها و بالابودن هزینه‌های سرانه احداث و نگهداری از تأسیسات

عدم کفایت منابع مالی یکی از چالش‌های بزرگ و به‌شدت اثرگذار در پیش‌برد نه تنها پروژه‌های آب و فاضلاب که تقریباً تمامی حوزه‌های مدیریت منابع آب از جمله توسعه منابع آب و سدسازی، آبیاری و زهکشی، محیط‌زیست، حفاظت رودخانه‌ها و سایر منابع سطحی از جمله دریاچه‌های با آب شور و شیرین، کنترل سیل، کنترل رواناب‌های سطحی و استفاده از این منابع در تغذیه منابع زیرزمینی و ... است. همان‌طور که قبلاً گفته شد، پروژه‌های متعددی با پیشرفت فیزیکی در محدوده ۲۰ تا ۸۰ درصد هم اکنون به‌دلیل محدودیت منابع مالی در رکود کامل به‌سر می‌برند. سرمایه قابل‌توجهی در این پروژه‌ها هزینه شده و عدم‌النفع ناشی از توقف آن‌ها بسیار چشمگیر است. تنها راه مثمر ساختن این سرمایه‌گذاری‌های راکد، جستجو برای پیدا کردن راه‌های مناسب سرمایه‌گذاری توسط بخش‌های دولتی، خصوصی اعم از داخلی و خارجی و بانک‌های توسعه‌ای از جمله بانک توسعه اسلامی، بانک جهانی، صندوق توسعه ملی و ... است.

همان‌طور که در بخش ۵ گفته شد، با گذشت زمان، سن تأسیسات موجود هم مرتباً در حال افزایش بوده و استهلاک بیش از حد آن‌ها، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری را مرتباً افزایش می‌دهد. لذا ایجاب می‌نماید که مسئولینی که دست‌اندرکار امر سیاست‌گذاری هستند بدون فوت وقت بیشتر، پیگیر تأمین سرمایه از منابع داخلی و خارجی برای رفع گام به گام مشکلات موجود باشند، درغیر این‌صورت ابعاد نابسامانی‌ها گسترده‌تر شده تا جایی‌که امکان پاسخگویی به این نیازها را به‌شکل اصولی نامحتمل می‌نماید.

۱۰- عدم آمادگی دستگاه‌های اجرایی برای پذیرش سامانه‌های جدید مدیریت تأمین، تصفیه و توزیع آب

اصولاً رهایی از وضعیت ناکارآمد، پذیرفته‌شده و جا افتاده موجود نه تنها در پروژه‌های آب و فاضلاب که تقریباً در بسیاری از حوزه‌ها سخت و دشوار است. در درس مهندسی آب و فاضلاب و در ارتباط با طراحی ایستگاه‌های پمپاژ به دانشجویانم متذکر می‌شدم که کارفرماها عموماً ترجیح می‌دهند که با صرف هزینه بسیار بالاتر مثلاً با حفر تونل در مسیر خطوط انتقال به‌جای استفاده از ایستگاه‌های پمپاژ برای عبور دادن خط از روی ارتفاعات مسیر استفاده شود. دلیل نه‌چندان قانع‌کننده آن‌ها مشکلات مربوط به بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ است. این دیدگاه در ایران مثلاً در صنعت نفت پس از سال‌ها استفاده از این ایستگاه‌ها برای تقویت فشار حل شده است، درحالی‌که در صنعت آب و فاضلاب هم‌چنان مطرح است. در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب به‌جای استفاده از ایستگاه‌های پمپاژ کوچک برای بالا آوردن

فاضلاب به مقدار کمتر از ۵ متر، ترجیح داده می‌شود که عمق کارگذاری شبکه بیشتر شود و از پمپاژ استفاده نشود. مواردی از این قبیل جزو مسائل بسیار بدیهی و پیش‌پا افتاده است که اگر به موضوع بهره‌برداری و نگهداری توجه شایسته و درخور شود به راحتی قابل حل خواهند بود. لذا پذیرش سامانه‌های جدید مدیریت تأمین، تصفیه و توزیع آب نیز از این قاعده مستثنی نیست. ادامه این وضع به این دلیل است که ما در شرکت‌های آب و فاضلاب، سازمان‌های آب منطقه‌ای و ... یک واحد منسجم و پیگیر به عنوان «واحد تحقیق و توسعه» نداریم تا گزینه‌های جدید در معرض ارزیابی دقیق‌تر و کاربردی قرار گیرند. ما اصولاً انتظار داریم که هر قدمی که برمی‌داریم، بلافاصله به نتیجه منتهی شود. درحالی که کار تحقیق برای رسیدن به نتیجه، ممکن است به چندین سال متمادی زمان نیاز داشته باشد و حتی ممکن است به نتیجه‌ای برخلاف انتظار منجر شود. پذیرش ایده‌های جدید در عمل می‌تواند همراه با ریسک باشد. بسیاری از مدیران ما حاضر به پذیرش ریسک نبوده و به همین دلیل جرات و جسارت لازم را برای به کارگیری ایده‌های نو ندارند.

اگرچه بحث طولانی می‌شود ولی لازم می‌دانم از یک اقدام شجاعانه به عنوان پروژه‌ای جانبی در ساخت سد داریان در کردستان و بر روی رودخانه سیروان ذکر کنم. چشمه‌ای به اسم «چشمه بل» در بالادست این سد وجود دارد که اگر قرار بود هیچ‌گونه ریسکی برای حفظ و نگهداری این چشمه لحاظ نشود خروجی این چشمه اکنون که سد از آب پر شده است حدود ۱۱۵ متر در زیر تراز آب داخل دریاچه بوده و به طور کامل از دسترس خارج شده بود. آب این چشمه که از سازندهای آهکی اطراف تغذیه می‌شود، به لحاظ کیفی فوق‌العاده مطلوب و از نظر کمی نیز خروجی متوسط آن در حدود ۲۰۰۰ لیتر در هر ثانیه است. در برخورد با این موضوع دو دیدگاه متفاوت مطرح بوده است. دیدگاه اول طبق معمول ساده‌ترین راه‌حل را که رهاکردن چشمه بدون انجام هرگونه اقدامی در حفظ و نگهداری آن بوده پیشنهاد می‌دهد. توجیه طرفداران این نظر هم این بوده که در هر حال آب خروجی از این چشمه در دریاچه سد تخلیه و ذخیره می‌شود، چرا هزینه اضافی برای منفک کردن آب این چشمه از دریاچه سد و انتقال آن به تراز بالاتر از دریاچه را باید پذیرفت. نظر دوم که نظر مجری طرح بوده، جداسازی آب این چشمه از خروجی آن و انتقال آب به بیرون از دریاچه سد بوده است. هدف نیز آن بوده که از اختلاط آب چشمه با آب ذخیره‌شده در دریاچه سد جلوگیری نمود تا آبی را که از نظر کیفی آماده برای بهره‌برداری‌های مختلف از جمله شرب و مصارف خانگی شهرک‌ها و روستاهای اطراف و همین‌طور دیگر نیازها است در دسترس

داشت. برای کاربردی کردن این دیدگاه اولین قدم تأمین اعتبار لام برای تحقیق در ارتباط با مسائل زمین‌شناسی و هیدرولیکی حاکم بر این پدیده و سپس گزینه‌های مختلف قطع ارتباط فیمابین آب چشمه با آب دریاچه بوده است. تحقیق در این مورد که آیا منطقه شارژ این چشمه و انرژی آن برای رانش آب از خروجی چشمه تا ارتفاعی حداقل حدود ۱۱۵ متر (کمی بالاتر از تراز نرمال دریاچه) کافی است یا خیر؟ نحوه انتقال آن به بیرون از دریاچه باید چگونه باشد؟ به هر حال این کار که در نوع خود یک نوآوری شجاعانه است با کمک گرفتن از اساتید دانشگاه و صاحب‌نظران صنعت به شکلی باورن‌نکردنی و با پشتکار ستودنی مجری طرح و مقاومت بی‌نظیر ایشان در مقابل همکارانی که این کار را تلف کردن سرمایه ملی و پیمودن راهی بی‌نتیجه تلقی می‌نمودند، به نتیجه رسید. درست است که آب خروجی از سیستم اجرا شده بسیار بیشتر از مقدار مورد نیاز در شرایط فعلی است و این مازاد به دریاچه برگشت داده می‌شود، ولی تجربه حاصل از این کار با توجه به منابع آب موجود در سازندهای سخت آهکی در سلسله جبار زاگرس و البرز، بسیار با ارزش بوده و در صورت وجود مراکز توسعه و تحقیق برای این قبیل کارها در وزارت نیرو و همین‌طور دانشگاه‌ها با هزینه بسیار کمتر نسبت به هزینه ذخیره‌سازی آب در پشت سدها، می‌توان از این منابع به شکل کاملاً علمی، حفاظت و استفاده نمود. ذخیره در این ذخیره‌گاه‌های طبیعی و برداشت کنترل شده آن‌ها در صورت امکان، می‌تواند سرآغاز و شروع راهی برای استفاده مطلوب‌تر از این منابع باشد. به هر حال حداقل فواید حاصل از این تجربه را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

- ۱- لزوم پذیرش ریسک در یک اقدام به شدت پرخطر برای حرکت‌های رو به جلو؛
- ۲- نتیجه خوب حاصل از همکاری دانشگاه و صنعت؛
- ۳- درگیرنشدن در مسیرهای پر پیچ و خم اداری برای شکل‌دادن به این همکاری؛
- ۴- پشتکار و پیگیری سرسختانه و مقاومت در مقابل اظهارنظرهای مایوس‌کننده و منفعل و غیر کارشناسانه؛
- ۵- حاصل‌شدن نتیجه‌ای بسیار ارزشمند در نوع خود که می‌تواند سرآغازی برای کنترل این نوع چشمه‌ها باشد؛
- ۶- رهایی از ترس قدم گذاشتن در دنیای ناشناخته‌ها، پذیرش ایده‌های نو و حصول این نتیجه که با در نظر گرفتن درصدی از هزینه‌های اجرائی در امر مطالعه و تحقیق می‌تواند نتایج ارزشمندی را به بار آورد.

بازدید از این چشمه را به خصوص در فصل بهار با طبیعت بسیار زیبای منطقه به علاقمندان این قبیل کارها قویاً توصیه

۱۱- ناسازگاری‌ها و تنش‌های ناشی از خشک‌سالی و برداشت بیش از حد از آب سفره‌های زیرزمینی

سازمان ملل متحد برای ارزیابی شرایط کشورها و تعیین موضوع تنش‌زا بودن و یا نبودن شرایط یک کشور از دیدگاه منابع آبی، ضوابطی را تعیین کرده است. این ضوابط عمدتاً بر مبنای مقدار سرانه آب منابع تجدیدشونده در هر کشور است. همان‌طور که در بخش ۱ ذکر شد بر مبنای این ضوابط کشور ما هم اکنون وارد فاز تنش شده و مشکلات روز به روز گسترده‌تر هم می‌شوند. به عبارت دیگر در امر استفاده از منابع تجدیدشونده باید محتاط بوده و از مصرف دست و دل بازانه منابع آبی خود دست برداشت. در بحث منابع زیرزمینی وضع اسفناک‌تر و می‌توان گفت فاجعه بارتر است. فقط کافی است آمار مربوط به دشت‌های مختلف کشور را از نظر بگذرانیم. بدیهی است که به دلیل نزولات جوی کمتر منابع تجدیدشونده زیرزمینی، در بخش‌های جنوبی و جنوب‌شرقی کشور بحرانی‌تر است. مثال‌های متعددی را می‌توان ذکر کرد که نشان‌دهنده این وضعیت است. دشت‌های جهرم، رفسنجان، جیرفت و ... همه گویای این واقعیت تلخ هستند. فرونشست‌های زمین در دشت‌های جنوب تهران، دشت ایچ در استان فارس، دشت رفسنجان و ... همه ناشی از برداشت بسیار بیشتر از تغذیه این دشت‌ها است. در بازدیدی که از دشت رفسنجان داشتم (حدود ۳ سال پیش) گروه مسئول عملیات نقشه‌برداری میزان نشست سالانه دشت را حدود ۲۹ سانتی‌متر گزارش کردند. رقوم ارتفاعی نقاط نشانه در سطح دشت هر ۲ تا ۳ سال باید کنترل و اصلاح شوند. در همین دشت حدود ۱۲۰ هزار هکتار باغات پسته وجود دارند که تنها منبع تأمین آب آن‌ها به غیر از آب باران که آن‌ها بسیار محدود است، منابع زیرزمینی است. سطح آب زیرزمینی به قدری پایین افتاده است که آب‌های شور کویری با توجه به شکل‌گیری گرادیان هیدرولیکی به سمت مرکز دشت، در حال شور کردن باقی‌مانده منابع آب شیرین دشت است. مصادیق بسیار زیادی هستند که باز هم برای جلوگیری از طولانی‌تر شدن بحث از ارائه آن‌ها خودداری می‌شود. من که روستازاده‌ام بهتر از دوستان و همکارانم که در مراکز شهری متولد و بزرگ شده‌اند تغییرات اکوسیستمی حاصل از برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی را می‌توانم درک کنم. دشتی که زادگاه من در آن واقع شده امروز هیچ‌گونه شباهتی با آن‌چه که در ۵۰ سال پیش بود، به غیر از ظاهر ارتفاعات اطراف دشت ندارد. تمامی باتلاق‌ها و بیشه‌زارها که مملو از انواع پرندگان، چرندگان و آبزیان بود به دلیل برداشت بی‌رویه و بیش از حد از منابع زیرزمینی پس

از ورود دستگاه‌های حفاری و حفر چاه‌های برداشت آب، خشکیدند. دشتی که در گذشته به کمک آب رودخانه‌ای که از وسط دشت عبور می‌کند، تماماً در فصل تابستان توسط مزارع فوق‌العاده زیبا و معطر برنج پوشیده می‌شد، امروز خشک و تشنه است. چاه‌هایی که زمانی با حفر کمتر از ۱۰ متر، آب مورد نیاز را تأمین می‌کردند، امروزه با کفشکنی‌های پی در پی به چاه‌هایی با اعماق حدود ۲۰۰ متر تبدیل شده‌اند. نسل امروز نمی‌تواند تصور کند که تن‌پوش وصله‌پینه شده و بدقواره‌ای که امروز این دشت به تن دارد، در گذشته نه‌چندان دور جامه‌ای بود فاخر، زیبا و سبز و دلنشین که برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی به همراه دیگر عوامل مربوطه به مدیریت ضعیف و بدون برنامه در امر بهره‌برداری و البته تغییرات اقلیمی و افزایش جمعیت مسبب اصلی آن بوده و هستند.

۱۲- گسترش شهرها و قرارگرفتن منابع تأمین در داخل محدوده آبی آن‌ها

بسیاری از شهرهای کوچک و بزرگ کشور ما به‌خصوص شهرهای بزرگ هم اکنون با این معضل روبرو است. یکی از این شهرها، پایتخت کشور یعنی تهران با بیشترین جمعیت در بین سایر شهرها است. تعداد تقریبی چاه‌های در دست بهره‌برداری در شهر تهران حدود ۴۰۰ حلقه است که تقریباً حدود ۲۵ درصد از آب شرب شهر را تأمین می‌کنند. تا قبل از دو تا سه دهه اخیر، سیستم دفع فاضلاب در سطح این شهر از نوع سنتی آن یعنی استفاده از چاه‌های جاذب به دور از هرگونه سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب بوده است. به عبارت دیگر فاضلاب خام عملاً به منابع زیرزمینی تزریق می‌شد. در این روش اگرچه به شکل ظاهر شهروند مشکل فاضلاب خود را حل‌شده تلقی می‌کند ولی در واقع بدون اطلاع از عواقب بعدی آن آلاینده‌های بسیاری را به منابع زیرزمینی هدایت می‌نماید. منابعی که به کمک چاه‌های برداشت آب پس از آلوده شدن با فاضلاب (اگرچه با کمک فیلتراسیون طبیعی لایه‌های زمین فرآیند زلال‌سازی صورت می‌گیرد) مجدداً وارد سیکل مصرف می‌شود. این امر سبب می‌شود تا تقریباً در تمامی شهرهای بزرگ بدون شبکه جمع‌آوری فاضلاب و در بخش‌های شمالی کشور که تراز سطح آب‌های زیرزمینی بالا است، هم در مناطق روستایی و هم در محدوده شهرها این پدیده اتفاق بیفتد. به عبارت دیگر به غیر از آب استحصالی از سازه‌های سخت و آن‌هم نه در همه موارد، تقریباً در اکثر موارد آب برداشت‌شده از آبرفت‌های درون یا در مجاورت شهرها حداقل از نظر بیولوژیکی آلوده هستند. آب برداشت‌شده از سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل زلال بودن معمولاً بدون هرگونه فرآیند تصفیه و فقط بعد از

گندزدایی آن به شکل سنتی با کلرزنی با هدف رفع آلودگی‌های میکروبی، وارد خطوط جمع‌آوری و انتقال به مخازن ذخیره آب شهرها می‌شود. کلر در ترکیب با مواد آلی موجود در آب می‌تواند منجر به شکل‌گیری ترکیباتی شود که امروزه روشن‌شده که این ترکیبات می‌توانند سرطان‌زا باشند. به همین دلیل موکداً توصیه می‌شود تا در این موارد علی‌رغم مشکلات مربوط به استفاده از سایر گزینه‌ها از جمله استفاده از ازن برای اکسیده کردن مواد آلی به جای استفاده از کلر و یا دیگر روش‌ها استفاده شود و از کلر باقی‌مانده فقط در محدوده مجاز و توصیه‌شده توسط استانداردها استفاده شود. به علاوه توصیه می‌شود که از منابع زیرزمینی داخل محدوده شهرها برای استفاده در صنایع و یا آبیاری فضای سبز داخل شهرها استفاده شود. در صورتی که از این منابع به ناچار و به دلیل نبودن گزینه‌های مناسب برای مصارف خانگی استفاده می‌شود، بهتر است پارامترهای شیمیایی آب و به ویژه ترکیبات نیترات و فسفات به درستی سنجیده شده و در صورت لزوم با تصفیه شیمیایی آب نسبت به زدایش عوامل آلوده‌کننده شیمیایی اقدام جدی صورت گیرد.

۱۳- افزایش آسیب‌پذیری منابع آبی به دلیل استحصال بیش از سرعت بازیابی و عدم توازن بین شدت آلودگی و سرعت خود پالایی طبیعی

طبیعت به کمک امکانات ذاتی خود، نسبت به پاک‌سازی عوامل آلاینده موجود در آب در صورت فراهم بودن شرایط مناسب اقدام می‌کند. فرآیند خودپالایی منابع سطحی سریع‌تر بوده و راحت‌تر می‌توان نسبت به ارزیابی پتانسیل این فرآیند در طبیعت اقدام نمود. سرعت این فرآیند در منابع زیرزمینی محدود بوده و در صورت آلوده‌شدن با عوامل آلاینده به زمان طولانی‌تری برای پاک‌سازی نیاز دارد. لذا حتی‌الامکان از آلوده شدن منابع زیرزمینی باید پیشگیری نمود. در امر استفاده از منابع تجدیدپذیر باید میزان برداشت با میزان تغذیه سنجیده شود. به عبارت دیگر هم در ارتباط با منابع سطحی و هم منابع زیرزمینی باید ورودی‌ها و خروجی‌ها در حال تعادل بوده و میزان استحصال آب حداکثر برابر و یا کمتر از ورودی باشد تا بتوان این تعادل را حفظ نمود. عدم رعایت این موضوع طی سالیان گذشته باعث شده تا روند تخریب منابع سرعت بیشتری به خود گیرد. این روند تخریب متأسفانه هم از نقطه‌نظر کمی و هم از نقطه‌نظر کیفی در حال گسترش است. مصادیق متعددی در سطح کشور برای ارائه وجود دارند که بیان همگی آن‌ها در این مقوله نمی‌گنجد. فقط به عنوان مثال باز هم رودخانه زاینده‌رود را می‌توان طرح نمود. میزان استحصال آب از این رودخانه به مراتب بیشتر از میزان ورودی به آن

است تا جایی که به ناچار از پتانسیل حوزه‌های مجاور باید کمک گرفت. از نقطه‌نظر مواد آلاینده ورودی به این رودخانه نیز مقادیر ورودی، بسیار بیشتر از ظرفیت خودپالایی رودخانه است. در پایین‌دست رودخانه، در گذشته نه‌چندان دور، آب در حال جریان در رودخانه قبل از ورود به باتلاق گاوخونی به کمک فرآیند خودپالایی در حدی پالایش می‌شد که حتی آبزیان مختلفی می‌توانستند در آن ادامه حیات دهند. در حالی که امروزه به دلیل کاهش دبی رودخانه از یک طرف و افزایش آلاینده‌ها از طرف دیگر در پایین‌دست علی‌رغم ورود فاضلاب‌های تصفیه‌شده توسط تصفیه‌خانه‌های فاضلاب احداث شده در سطح شهر، این پتانسیل به کلی نابود شده است. همین وضعیت در مورد رودخانه‌های بزرگ دیگر مثل رودخانه کارون نیز صادق است. رودخانه لتیان در بالادست سد لتیان به دلیل وجود مراکز جمعیتی متعدد و ورود فاضلاب‌ها به شکل خام در بعضی از بازه‌ها عملاً نقش فاضلاب‌رو را ایفا می‌نماید. با توجه به مقدار برداشت قابل‌توجهی از آب این رودخانه برای مصارف خانگی و شرب شهر تهران در یکی دو دهه گذشته نسبت به جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های مراکز جمعیتی در بالادست سد اقداماتی صورت گرفته و دو واحد از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب وارد مدار بهره‌برداری شده‌اند. اگرچه از نقطه‌نظر بهره‌برداری این تصفیه‌خانه‌ها مثل سایر تصفیه‌خانه‌ها مشکلاتی را با خود یدک می‌کشند ولی در مجموع با توجه به حضور آن‌ها و پتانسیل نسبتاً بالای آب رودخانه در امر خودپالایی به دلیل شیب زیاد آن و هوادهی طبیعی همراه با دمای پایین آب، زمان ماند طولانی آب در دریاچه سد و شکل‌گیری فرآیند ته‌نشینی (بخشی از فرآیند خودپالایی) نسبت به گذشته شرایط بهتری را می‌توان انتظار داشت.

۱۴- تغییر نوع و ماهیت آلودگی منابع آب از معدنی به آلی

در گذشته به دلیل حضور جمعیت کمتر در سطح کشور و بالتبع جمعیت کمتر در حاشیه رودخانه‌ها و پایین‌تر بودن سطح زندگی و در نتیجه تولید مقدار کمتری آلاینده‌های آلی، آلاینده‌های ورودی به رودخانه‌ها محدود و عمدتاً از نوع معدنی بودند. عمده‌ترین آلاینده در گذشته و به خصوص در شرایط وقوع بارش و شکل‌گیری سیلاب‌ها، مواد رسوبی حاصل از فرسایش آبی در سطح حوضه آبریز رودخانه‌ها بود. این مواد می‌توانند برای چند روز متوالی پس از بارش اولیه ادامه یابند که سبب گل‌آلود شدن آب رودخانه می‌شوند. با فروکش کردن سیل، آب رودخانه به تدریج زلال‌تر و بار مواد آلاینده متناسباً کمتر می‌شود. امروزه با افزایش جمعیت و بالاتر رفتن سطح زندگی، به دلیل برداشت آب بیشتر از رودخانه‌ها برای اهداف مختلف و در نتیجه کاهش دبی پایه

رودخانه‌ها از یک طرف و شکل‌گیری انواع مواد آلاینده آلی از انواع و اقسام پلاستیک‌ها، پسماندهای تولیدشده در فضاهای مجاور رودخانه‌ها، فاضلاب‌های بهداشتی و پسماندهای جامد رستوران‌ها، مواد زائد و فاضلاب‌های تولیدی توسط گردشگران بی‌توجه به مسائل محیط‌زیستی و ... از طرف دیگر سبب شده‌اند تا آلاینده‌های عمدتاً از نوع مواد آلی افزایش یابند.

مثال بارز در این مورد می‌تواند رودخانه لتیان (جاجرود) باشد. همان‌طور که گفته شد بخش قابل‌توجهی از آب این رودخانه از محل سد لتیان و به کمک تونل تلو به تصفیه‌خانه آب تهرانپارس در شرق تهران منتقل می‌شود. آب انتقال داده‌شده به‌دلیل پتانسیل نسبتاً خوب رودخانه در امر خودپالایی و احداث شبکه جمع‌آوری فاضلاب و نیز تصفیه‌خانه‌های فاضلاب احداث شده در بالادست سد که تا حدودی از نظر کیفی وضع بهتری دارد در تصفیه‌خانه آب تهرانپارس، تصفیه‌شده و سپس به مخازن ذخیره و نهایتاً به شبکه توزیع آب شهر تهران تزریق می‌شود. این شرایط در همه‌جا و در همه حال صادق نبوده و می‌تواند به‌دلیل بی‌توجهی یا کم‌توجهی منجر به فاجعه شود. چند سال پیش در بازدیدی که از دریاچه زریوار در مریوان داشتم شاهد تخلیه فاضلاب به‌صورت خام به این دریاچه بودم. در محل ورود فاضلاب، رشد انبوه گیاهان آبی‌نشان از شکل‌گرفتن پدیده مغذی‌سازی (Eutrophication) دارد که این پدیده می‌تواند با گذشت زمان به نواحی درونی‌تر دریاچه و اعماق بیشتر گسترش یابد.

۱۵- ظهور اشکال مختلف آلاینده‌های شیمیایی و میکروبی

مقاوم و پایدار در فرآیند تصفیه و گندزدایی

به‌دلیل افزایش مستمر و پیوسته جمعیت کشور و تأمین نیازمندی‌های اولیه این جمعیت از جمله آب و غذا به‌مقدار کافی هوای تمیز و سالم، بهداشت عمومی و ... از یک‌طرف و رشد بیش از حد و دور از انتظار آلاینده‌های شیمیایی نظیر استفاده از انواع و اقسام کودهای شیمیایی و آن‌هم بدون نظارت دقیق نهادهای نظارتی، استفاده از انواع سموم دفع آفات، علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها و ... از طرف دیگر، عدم رعایت استانداردها و الگوهای مصرف آب در آبیاری اراضی و ... سبب‌شده تا سالانه مقدار معتنابهی از این مواد از طریق زهکش‌های طبیعی به‌صورت سطحی و زیرسطحی به منابع آب وارد شوند. در بخش مصارف خانگی و بهداشتی نیز امروزه، انواع و اقسام مواد شوینده و تمیزکننده با ترکیبات متفاوت، نه تنها از نظر کمی که از نظر کیفی نیز منابع آب اعم از سطحی و زیرزمینی را آلوده نموده‌اند. مقادیر وارد شده به منابع در بسیاری از موارد از مقادیر حداکثر مجاز آن‌ها بر مبنای استانداردهای مختلف بیشتر است. به‌عنوان مثال

مقادیر ترکیبات نیترا ته و نیز فسفات‌ها به‌خصوص در منابع سطحی و زیرزمینی در خطه شمالی کشور از حد مجاز تجاوز نموده تا جایی که باز هم به‌عنوان مثال تالاب انزلی را می‌توان نام برد که فرآیند مغذی‌سازی حاصل از این آلاینده‌ها چالش‌های فراوانی را سبب شده‌اند. بدیهی است که حضور آلاینده‌هایی از این نوع، فرآیند تصفیه فاضلاب را نسبت به مواردی که آلاینده‌ها عمدتاً از نوع بیولوژیکی هستند، بسیار پیچیده‌تر می‌کند. روش‌های تکمیلی تصفیه فاضلاب که مستلزم صرف هزینه بالاتر در امر اجرا و نیز بهره‌برداری و نگهداری است، کمترین اقداماتی است که در این ارتباط انجام آن‌ها برای حفظ محیط‌زیست ضروری خواهد بود.

۱۶- سخن پایانی در ارتباط با چالش‌ها

قبل از ورود به این مبحث ذکر این نکته را ضروری می‌دانم که اولاً چالش‌های ذکر شده تنها چالش‌های بالقوه در شرایط امروز کشور ما نبوده و قطعاً چالش‌های دیگری با درجه اهمیت کمتر نیز وجود دارند و ثانیاً شرکت‌های آب فاضلاب، سازمان‌های آب منطقه‌ای و وزارت نیرو به تنهایی مسئول این چالش‌ها نبوده و نباید انتظار حل این چالش‌ها را به‌تنهایی از این وزارتخانه داشت. سازمان حفاظت محیط‌زیست به‌عنوان سازمان ناظر و مسئول در امر تدوین دستورالعمل‌ها، وزارتخانه‌های کشاورزی، صنعت، معدن و تجارت، وزارت نفت و ... همگی در چالش‌های به‌وقوع پیوسته نقش داشته و متناسب با نقش خود باید نسبت به حل آن‌ها مسئول بوده و کمک کنند.

یکی از چالش‌های اساسی پیش رو در صنعت آب و فاضلاب، موضوع بهره‌برداری و نگهداری است که این چالش را می‌توان از زوایای مختلف مورد بررسی قرار داد. ابعاد این چالش به‌گونه‌ای است که در این مختصر نمی‌توان به تمامی آن‌ها پرداخت و لذا سعی می‌شود تا به اختصار موارد ساختاری و مهم‌تر را مطرح نمود. یکی از این موارد ساختاری، موضوع مسئولیت‌ها و اختیارات در درون سازمان‌های داخلی وزارت نیرو است. موضوع یکپارچگی طرح‌های آب و فاضلاب از جمله طراحی، اجرا و نهایتاً بهره‌برداری و نگهداری از طرح یکی از این موارد است. فرآیندهای تأمین، انتقال و تصفیه آب براساس تجربیات موجود در استان‌های مختلف برعهده سازمان‌های آب منطقه‌ای است. پروژه‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب‌ها برعهده شرکت‌های آب و فاضلاب است. به‌عبارت دیگر سازمان آب منطقه‌ای، طرح تأمین، انتقال و تصفیه آب را پس از تکمیل باید برای بهره‌برداری به شرکت‌های آب و فاضلاب تحویل دهد. در فرآیند تحویل گرفتن، طبیعی است که شرکت‌های آب و فاضلاب کار ارزیابی عملکردی اجزای طرح را

بررسی می‌نمایند و معمولاً لیستی از نواقص ارائه می‌دهند که از نظر سازمان آب منطقه‌ای مشکلی در امر بهره‌برداری ایجاد نمی‌کنند. این تازه مجموعه‌ای از نواقص فیزیکی است که به راحتی توسط سازمان آب منطقه‌ای یا شرکت آب و فاضلاب قابل تکمیل شدن است. مشکل عمده‌تر زمانی است که نواقصی از قبیل کفایت و یا عدم کفایت مثلاً ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ، واحدهای مختلف فرآیندی در تصفیه‌خانه آب، اختلاف نظر در نحوه گندزدایی آب، نوع مواد شیمیایی مصرفی در مثلاً فرآیند زلال‌سازی و ... بروز می‌نماید. دلیل عمده چالش‌هایی از این نوع، عملاً عدم وجود ارتباط تنگاتنگ فی‌مابین سازنده و بهره‌برداری کننده است. مشکل عمده دیگر زمانی بروز می‌نماید که مشکلات بهره‌برداری که در هر سیستمی محتمل بوده و قابل تصور است و می‌تواند ناشی از ضعف عوامل بهره‌برداری کننده نیز باشد به سازنده نسبت داده می‌شود. در چنین مواردی این سوال قابل طرح است که پس از مشخص شدن منابع تأمین آب، چرا بهره‌برداری کننده خود از ابتدا در طراحی و اجرا نقش نداشته باشد تا از این چالش‌ها جلوگیری شود؟ مثال‌های متعددی در این ارتباط قابل طرح هستند که به منظور جلوگیری از اطاله کلام از ارائه آن‌ها پرهیز می‌شود.

مشکل عمده دیگری که قابل طرح است و فقط به پروژه‌های آب و فاضلاب هم محدود نمی‌شود، صرف نظر از این که چه نهادی وظیفه بهره‌برداری را به عهده دارد، بی‌توجهی و یا کم‌توجهی از جهات مختلف به امر بهره‌برداری است، موضوعی را که این جانب به‌طور مرتب به دلیل تأثیرگذار بودن آن با دانشجویانم در میان می‌گذاشتم. پروژه‌های آبی به شکل عام هزینه‌های مطالعاتی و اجرایی بالایی دارند. پروژه‌های آب و فاضلاب نیز از این قاعده کلی مستثنا نیستند. روشن است که حجم قابل توجهی سرمایه در تأمین آب، احداث خط انتقال و تصفیه‌خانه آب هزینه می‌شود. با توجه به وجود تجهیزات حساس الکترومکانیکال فراوان در تصفیه‌خانه و ایستگاه‌های پمپاژ، هزینه‌های سالانه نگهداری و بهره‌برداری از این تیپ پروژه‌ها به‌طور متوسط می‌تواند بالاتر از ۲/۵ تا ۳ درصد هزینه اجرا باشد، درحالی که در حال حاضر اعتباری که برای این منظور تخصیص داده می‌شود از نیم درصد هزینه اجرا هم کمتر است. با کمبود اعتبار تخصیص داده شده، عملیات نگهداری و بهره‌برداری در عمل دچار مشکلات متعددی است که باز هم پرداختن به مصداق‌های موجود سبب طولانی‌تر شدن این مبحث خواهد شد.

موضوع دیگری که در امر نگهداری و بهره‌برداری مهم بوده و به عنوان یک چالش اساسی باید مورد توجه تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد، پراکندگی و عدم جامع‌نگری در سیاست‌گذاری‌ها است.

مثلاً در مورد تصفیه‌خانه‌های آب همان‌طور که قبلاً گفته شد طراحی و اجرا را سازمان آب منطقه‌ای عهده‌دار است و نگهداری و بهره‌برداری را شرکت آب و فاضلاب. هرگونه مشکلی که در امر بهره‌برداری پیش آید، به‌گونه‌ای از طرف نهاد بهره‌برداری کننده به ضعف در طراحی و اجرا نسبت داده می‌شود و برعکس. لذا به نظر می‌رسد بهتر است که اولاً مشکلات مربوط به اختلاف نظرهای فی‌مابین شرکت‌های آب و فاضلاب و سازمان‌های آب منطقه‌ای که هر دو زیرمجموعه وزارت نیرو هستند، از طریق همکاری‌های نزدیک با یکدیگر برطرف شود. ثانیاً پیشنهاد می‌شود که کلیه عملیات نگهداری و بهره‌برداری به شرکت‌های خصوصی دارای رتبه‌بندی مناسب برای یک دوره زمانی حداقل برابر دوره طرح، تحت شرایط مشخص و با نظارت کامل دولت واگذار شود.

در این واگذاری توصیه می‌شود که به مشاور و یا پیمانکار طرح اولویت بیشتری داده شود تا راه هرگونه شانه‌خالی کردن از زیر بار عدم عملکرد درست سیستم و نسبت دادن هرگونه ناکارآمدی به مشاور و یا پیمانکار آن جلوگیری شود. در این راستا علاوه بر انعقاد قراردادی بدون هرگونه راه‌گریز، باید کیفیت آب تصفیه‌شده و یا پساب خروجی از تصفیه‌خانه مطابق استاندارد ضمیمه‌شده به قرارداد بوده و برای هرگونه انحرافی از مقدار استاندارد، جریمه‌های اساسی منظور شود تا طرف قرارداد با به کارگماردن افراد ذی صلاح، متخصصین توانمند و با تجربه کافی، نسبت به بهره‌برداری با کیفیت مطلوب اقدام نماید. در بازدیدهای میدانی به اتفاق دانشجویان دوره کارشناسی ارشد و دکترها هم از تصفیه‌خانه‌های آب و هم از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، مشاهده می‌شود که علی‌رغم وجود امکانات خوب آزمایشگاهی در محل تصفیه‌خانه، نتایج عملکردی در مقایسه با ضوابط تعریف شده برای عملکرد تصفیه‌خانه درحالی که از بهترین تجهیزات موجود در بازارهای بین‌المللی استفاده شده است، تفاوت فاحش وجود دارد. تیم بهره‌برداری کننده هم از نظر توان کارشناسی کارشناسان به کار گرفته‌شده و هم از نظر تعداد افراد با تخصص‌های ضروری در بخش‌های مختلف تصفیه‌خانه، شایسته و درخور یک تصفیه‌خانه مدرن که در آن سیستم‌های پیشرفته ابزار دقیق و مانیتورینگ واحدهای مختلف به کار گرفته شده است هم‌خوانی ندارد. جواب این پرسش که چرا عملکرد در عمل با آن‌چه که باید باشد تفاوت فاحش دارد این است که اعتبار تخصیص داده‌شده برای بهره‌برداری عملاً کسری از مقداری است که باید برای نگهداری و بهره‌برداری مطلوب در نظر گرفته شود. نتیجه آن که دستگاه بهره‌برداری کننده توان به کارگیری تیمی متشکل از افراد با تخصص‌های لازم را ندارد. نظر به این که تجهیزات تصفیه‌خانه در ابتدای راه‌اندازی نو هستند حتی بدون توجه و نگهداری دقیق

یکی دو سال اولیه را که معمولاً پیمانکار، بهره‌برداری را انجام می‌دهد به شکل باری به هر جهت کار می‌کنند و سپس با تحویل دادن به کارفرما یکی پس از دیگری به دلیل عدم نگهداری اصولی از مدار بهره‌برداری خارج می‌شوند.

اگرچه موضوع نسبتاً قدیمی است (حدود ۲۵ سال پیش) تصفیه‌خانه فاضلاب یک نهاد دولتی را به اتفاق شهردار شهر مجاور آن بازدید نمودم که به دلیل گفته شده تمامی واحدهای موجود تصفیه‌خانه فاضلاب را که قبلاً احداث شده بود رها نموده و فاضلاب خام را مستقیماً به رودخانه‌ای که در پایین‌دست برای شرب شهر استفاده می‌شد تخلیه می‌نمودند. پس از ابراز نگرانی شدید این جانب و گوشزد نمودن تبعات احتمالی این عملکرد، اصلاحاتی هرچند ناقص به عمل آمد که حداقل نسبت به شرایط تخلیه فاضلاب خام به رودخانه بهتر بود. جواب مسئولین نهاد که چرا از تصفیه‌خانه موجود هیچ استفاده‌ای نشده و فاضلاب خام به رودخانه تخلیه می‌شود، این بود که در دسر دارد و پول لازم برای بهره‌برداری را هم نداریم. لذا همان‌طور که قبلاً هم به دفعات گفته شد، موضوع بهره‌برداری و نگهداری و تأمین اعتبار مورد نیاز در حد کافی جزو موارد بسیار مهم در حفظ تأسیسات موجود بوده که با صرف هزینه‌های بالا به بهره‌برداری رسیده‌اند. با گذشت زمان، روشن شده که روش‌های فعلی بهره‌برداری و نگهداری عملاً جوابگو نیستند. کمک‌گرفتن از بخش خصوصی در قالب قراردادهای منسجم و بدون راه‌های گریز از انجام درست و مسئولانه تعهدات، همراه با جریمه‌های سنگینی برای هرگونه انحراف از استانداردهای تعریف شده در قرارداد، راه‌حل مناسبی است که باید توسط دولت دنبال شود.

* تا چه حد فعالیت‌های علمی و حرفه‌ای جنابعالی، توانسته خلاءهای موجود در حوزه آب و فاضلاب را پر کند؟

- پاسخ به این سوال سخت است. ارزیابی و قضاوت در مورد عملکرد من را باید از دیگران پرسید. سعی کرده‌ام که در طول دوره کاری خود تاکنون هم در دانشگاه و هم در صنعت اصل صداقت را با خود و دیگران رعایت نمایم. چه‌قدر موفق بوده‌ام نمی‌دانم. در دانشگاه که معمولاً در پایان هر ترم و هم‌زمان با برگزاری امتحانات، پرسشنامه‌هایی را به دانشجویان می‌دادند تا نسبت به عملکرد مدرس درس اظهارنظر کنند. نسخه‌ای از این نظرخواهی نیز پس از تحلیل توسط واحد آموزشی دانشکده در اختیار استاد مربوطه هم قرار داده می‌شد. صادقانه بگویم که از عملکرد خود رضایت کامل نداشتم (چون می‌توانستم بسیار بهتر عمل کنم) و به دلیل اشتغال در بخش صنعت که به دلایل مختلف و به‌ویژه دلایل اقتصادی در شروع به کار و به‌ناچار درگیر شده بودم، بخش

قابل‌توجهی از وقت و انرژی من که می‌توانست در خدمت فعالیت‌های آکادمیک باشد، صرف انجام پروژه‌های مختلف در صنعت می‌شد. بخشی از این نارضایتی خود را البته از طریق انتقال تجربیات کاربردی به دانشجویان می‌توانستم جبران کنم. ولی در هرحال نواقصی در امر آموزش به دلیل اشتغال در بخش غیر آموزشی، همیشه چراغ نارضایتی از خودم را روشن نگه می‌داشت و به همین دلیل با پایان یافتن دوره تعهد ۳۰ ساله درخواست بازنشستگی دادم.

در بخش صنعت اما از هرگونه تلاشی برای سامان دادن به نیازهای مربوطه و انجام تعهدات فروگذار نکرده‌ام. در بخش‌های جنوبی استان فارس، آب انبارهای ساخته‌شده توسط خیرین منطقه که در زمان بارش با آب باران پر می‌شوند، به‌عنوان تنها منبع تأمین آب شرب این منطقه به‌چشم می‌خورند. اولین برخورد با این آب انبارها، مشاهده و حتی نوشیدن آب باران جمع‌آوری شده در آن‌ها با انواع موجودات ریز و درشت که در هر می‌لوند همراه با بوها، رنگ‌ها و طعم‌های مختلف که هر بیننده غیربومی را به شدت تحت‌تأثیر قرار می‌دهد برایم زجرآور بود. در همان ابتدای دهه هفتاد، سالانه مبلغی در حدود ۵۰۰ میلیون تومان توسط خیرین منطقه برای احداث این آب انبارها هزینه می‌شد. این آب انبارها را البته نه فقط در جنوب استان فارس که در سایر استان‌ها از قبیل استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان و حتی جزایری مثل قشم، کیش و ... می‌توان دید. در اوایل دهه هفتاد، سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، اجرای پروژه‌ای را برای آبرسانی به شهرهای قیر، خنج، اوز، گراش و لار و تعدادی شهرک و نیز روستاهای منطقه را در جنوب استان فارس کلید زد. مدیریت این پروژه که یکی از پروژه‌های نسبتاً بزرگ آبرسانی در آن مقطع زمانی بود، برعهده بنده بود. منبع تأمین آب پروژه، آب ذخیره شده در سد سلمان فارسی ساخته‌شده بر روی رودخانه قره‌آغاج است که در نزدیکی شهر قیر واقع شده است. پروژه شامل تصفیه‌خانه آب، خط انتقال به‌طول کمی بیشتر از ۲۰۰ کیلومتر، ۵ ایستگاه پمپاژ در طول مسیر، مخازن متعادل‌کننده فشار و ذخیره آب و ... است. به دلیل محدودیت‌های اعتباری در حین اجرا، سطح زیر پوشش پروژه تقلیل یافت ولی هم اکنون سازمان آب منطقه‌ای و شرکت آب و فاضلاب استان فارس، در تدارک اجرای بخش دیگری از این پروژه برای گستره وسیع‌تری از منطقه هستند. امیدوارم هرچه زودتر در پاسخ به نیازهای حیاتی این منطقه، اعتبارات مورد نیاز تأمین و فعالیت‌های اجرایی آن از سرگرفته شود. به‌هرحال به‌منظور جلوگیری از اطاله بحث به این اشاره می‌کنم که پروژه‌های مختلفی از این نوع را در ابعاد مختلف در شمال، جنوب، غرب و

شرق کشور به سرانجام رسانده‌ام. علی‌رغم همه مشکلات و محدودیت‌هایی که بر صاحب‌نظران پوشیده نیست، می‌توانم به خودم در این حوزه نمره قبولی بدهم.

*** با توجه به فعالیت‌های حرفه‌ای درازمدت جنابعالی در مهندسين مشاور چه مشکلات و نواقصی در مدیریت و برنامه‌های آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها و دستگاه‌های اجرایی کشور وجود دارد که نتیجه کار آنان نمی‌تواند مشکلات موجود در امر آب و فاضلاب کشور را به‌طور اساسی حل کند؟**

- موضوع آب و فاضلاب و به‌ویژه فاضلاب در کشور ما به‌طور نسبی و در مقایسه با سایر حرفه‌ها موضوعی نوپا است. خوب به یاد دارم که در سال ۱۳۶۲ و پس از بازگشایی دانشگاه‌ها که برای اولین بار تدریس درس مهندسی آب و فاضلاب را شروع کردم، لفظ فاضلاب که به‌میان می‌آمد حتی دانشجویان درس زیرچشمی به یکدیگر نگاه می‌کردند و لبخندی هم از روی ناآگاهی و هم از روی شیطنت بر لبان آن‌ها شکل می‌گرفت که به‌نظرم طبیعی بود. من خودم در ایران درسی به اسم فاضلاب و یا مهندسی آب و فاضلاب نداشتم. اولین بار که در کلاس درسی به نام «مقدمه مهندسی آب و فاضلاب» در آمریکا که بیشتر جنبه کنجکاوی و شناخت از این رشته داشت شرکت کرده بودم خودم نیز چنین حسی را داشتم. پس از شرکت در این کلاس موضوع آن‌قدر برای من شیرین و جذاب بود که تصمیم گرفتم در دوره دکترا علاوه بر مهندسی منابع آب، این گرایش را به‌صورت Double Major نیز ادامه دهم.

در جامعه و در بین مردم نیز وضع بهتر از این نبود. یکی از شهرهای جدید وزارت مسکن و شهرسازی شهر جدید سهند تبریز است. در اواخر سال ۱۳۶۹ شرکت تهران سحاب به‌عنوان مشاور تأسیسات زیربنایی این شهر انتخاب شده بود. در سال ۱۳۷۰ یا ۷۱ سمیناری را شرکت شهرهای جدید وزارت مسکن در تبریز برگزار کرد و بنده به اتفاق یکی از همکارانم در شرکت تهران سحاب، آقای دکتر حسن احمدی از اساتید رشته مهندسی عمران دانشکده فنی دو مقاله به این سمینار ارائه کردیم. یکی از مقالات مربوط به «تونل مشترک» و دیگری مربوط به «رشد جمعیت و اثرات آن بر مصرف آب» بود. در تونل مشترک هدف این بود که در شهرهای جدید، تأسیسات شهری شامل شبکه توزیع آب، شبکه جمع‌آوری فاضلاب، خطوط برق، مخابرات، گاز و ... به‌خصوص در شهرهای با شرایط اقلیمی نظیر شهر جدید سهند به‌عوض پراکنده‌بودن در زیر سطح خیابان‌ها، در یک تونل مشترک کار گذاشته شوند. در مقاله دوم با توجه به نرخ رشد دهه ۵۵ تا ۶۵ کشور که به‌حدود ۳ درصد در سال رسیده بود پیش‌بینی ما

این بود که اگر همین روند ادامه یابد ما در سال ۱۴۰۰ (چه زود گذشت) حتی در تأمین آب شرب و بهداشتی شهرهای کشورمان دچار مشکل خواهیم بود. یکی از میان حضار بلند شد، به‌شکل خیلی جدی و در مخالفت با این ایده و با بیان همان نیم بیت معروف که «هر آن کس که دندان دهد نان دهد» فرمودند که طرح مشکل تأمین آب و نظایر آن درست نیست و بحث کنترل جمعیت و کاهش نرخ رشد را از لیست موضوعات قابل طرح حذف فرمودند. در مورد دوم و در ارتباط با بحث فاضلاب پیشنهاد ما این بود که از همین حالا و در شروع کار موضوع جمع‌آوری فاضلاب، تصفیه آن و استفاده از پساب تصفیه شده در راستای کمک به منابع آب مصرفی، در طرح شهرهای جدید لحاظ شود که این‌بار افراد دیگری پا این عقیده که این موضوعات لوکس است و فقط به درد همان غربی‌ها می‌خورد تلاش کردند تا این مورد نیز به‌شکل جدی پیگیری نشود. لذا موضوع نسبتاً جدید است و نباید انتظار و توقع غیرمعقول داشت.

به عقیده من، ما در بخش آموزش و پژوهش در دانشگاه‌ها به‌غیر از مشکلاتی که گریبان‌گیر سایر تخصص‌ها نیز هست، مشکل عمده‌ای نداریم. کتاب‌های درسی و مطالبی که توسط اساتید این حوزه ارائه می‌شوند تفاوت قابل‌توجهی با آن‌چه که در کشورهای پیشرفته ارائه می‌شود ندارند. در زمینه‌های آزمایشگاهی و وسایل کمک آموزشی هم در امر آموزش و هم در تحقیق مشکل داریم ولی نه تا آن حد که اثرات این کمبودها تعیین کننده باشند. مشکل عمده در عدم وجود ارتباط تنگاتنگ فی‌مابین دستگاه‌های اجرایی و آموزشی است. تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب حقیقتاً نقش شایان‌توجهی را هم در شناخت و هم در شناساندن و معرفی این حوزه نوپا در کشور ایفا نمود. جا دارد که بدینوسیله از زحمات جناب آقای مهندس منوچهری به‌عنوان اولین معاون وزیر نیرو در حوزه آب و فاضلاب که به‌حق در این رابطه تلاش فراوانی نمودند تشکر کرد. بعد از تشکیل این شرکت‌ها در عمل نظم و انضباط و تا حدی قانونمندی، جای پراکنده‌کاری‌های سابق را گرفت. البته این واقعیت را هم نباید از نظر دور داشت که کیفیت آموزشی در دانشگاه‌های ما اعم از دانشگاه‌های دولتی و خصوصی نسبت به گذشته به‌دلایل مختلف دچار افت شدید شده است. بدیهی است که این افت تحصیلی در تربیت کادر متخصص توانمند در همه رشته‌های تحصیلی و از جمله فارغ‌التحصیلان گرایش آب و فاضلاب بی‌تأثیر نبوده است. اگرچه تا رسیدن به شرایط مطلوب فاصله زیادی وجود دارد و این فاصله طی سال‌های اخیر به‌دلیل مشکلات اعتباری حاکم بر طرح‌ها زیاده‌تر هم شده است ولی امید به بهبودی را نیز نباید از نظر دور داشت. متأسفانه طی ده سال گذشته، تعداد قابل‌توجهی از

شرکت‌های مهندسی مشاور، یا از خدمات مشاوره‌ای خود کنار کشیده‌اند و یا در رکود نسبی و انفعال به سر می‌برند. شرکت‌های آب و فاضلاب، سازمان‌های آب منطقه‌ای و در رأس آن‌ها وزارت نیرو با حمایت‌های خود و تلاش برای تأمین اعتبار پروژه‌ها و به‌ویژه پروژه‌هایی که دردست اجرا بوده و پیشرفت فیزیکی قابل توجهی را دارند باید قبل از آن‌که بیشتر دیر شود سعی کنند تا از گسست رشته‌هایی که طی سی سال اخیر شکل گرفته‌اند جلوگیری کرده تا هم دانشجویانی که در این حوزه در دانشگاه‌ها مشغول هستند، به‌جای یأس و ناامیدی، امیدوار باشند که در فردای فارغ‌التحصیلی زمینه گسترده‌ای برای کار و فعالیت وجود دارد و هم کارشناسانی که هم‌اکنون در شرکت‌های آب و فاضلاب، سازمان‌های آب منطقه‌ای، شرکت‌های مهندسی مشاور و پیمانکاری‌های متعددی که در این حوزه فعالیت می‌کنند، به‌جای تغییر حرفه و مسیر خود، امیدوارانه ادامه دهند. معتقدم اگر مشکلات اعتباری پروژه‌ها برطرف شده و دقت بیشتری در انتخاب مدیران و دست‌اندرکاران شرکت‌های آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای‌ها صورت گرفته و افراد علاقمند و با انگیزه کافی به کار گرفته شوند، به‌کمک جمع کثیر فارغ‌التحصیلان جوان دانشگاه‌ها و تجربیات اندوخته شده در طول ۳۰ تا ۴۰ سال گذشته، به‌راحتی می‌توان یکی پس از دیگری مشکلات را از سر راه برداشت. امروزه برخلاف سال‌های قبل از انقلاب، تقریباً ۱۰۰ درصد کار مطالعات، طراحی و اجرای پروژه‌های آب و فاضلاب کشور توسط متخصصین و کارشناسان کشور انجام می‌شود. در بخش تجهیزات تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب و آن‌هم به مقدار کم به تولیدات خارجی به‌دلیل کیفیت برتر نیاز است که مطمئناً با همکاری بخش‌های مختلف این نیاز نیز برطرف خواهد شد.

* چگونه می‌توان به کاربردی شدن نتایج تحقیقات دانشگاه‌ها کمک کرد؟

– دانشگاه‌ها، کانون اصلی تربیت نیروی انسانی متخصص و آموزش دیده است که با برخورداری از ایده‌ها و اندیشه‌های نو، هر لحظه در جریان‌های حیاتی جامعه‌ای که حرکت رو به رشد دارد، نیروی نوینی تزریق می‌نمایند و صنعت نیز، با به‌کار بستن ایده‌های نوظهور دانشگاهیان، اندیشه توسعه اقتصادی و پیشرفت جامعه را محقق می‌سازد. ارتقا و رونق علمی شرکت‌های آب و فاضلاب، یکی از لوازم کارآمدی، به‌روزرآوری و بهینه‌سازی در اجرا و راهبری طرح‌های آب و فاضلاب به‌شمار می‌رود و پژوهش، پیش‌نیاز غنا بخشیدن به رونق علمی و گره‌گشایی از مشکلات و تنگناهای اجتماعی و اجرایی و توسعه دانش کاربردی در شرکت‌های آب و فاضلاب است. می‌دانیم که تحقیق و پژوهش را می‌توان، "گام

نهادن در ناشناخته‌ها و نادانسته‌ها، با روش مناسب که اجزای آن‌ها را به‌هم مرتبط ساخته و تقدم و تأخر و یا هم‌زمانی آن‌ها را بیان می‌دارد"، تعریف نمود. با پذیرش این تعریف، به اختصار، به‌چند نکته اشاره می‌شود که تنها به‌عنوان سرفصل کلی ارائه می‌شوند تا در معرض قضاوت و نقد صاحبان دانش و تجربه و نظریه‌پردازان پژوهش به‌ویژه پژوهش‌های کاربردی در حوزه آب و فاضلاب قرار گیرند.

در بخش تحقیقات و کاربردی‌تر شدن نتایج آن، در نخستین گام، لازم است تا با بازنگری در عملکرد و پژوهش‌های گذشته، آن بخش از یافته‌های ارزشمند پژوهشی را که در انجام وظایف شرکت‌ها راهگشا و رافع مشکلات آن‌ها بوده است، عرضه شود، با انجام این امر، زمینه برای آگاهی و بهره‌گیری بهتر از یافته‌ها و دستاوردها، فراهم و از دوباره کاری پرهیز می‌شود. توجه شود که هر طرح پژوهشی کاربردی، به الزام باید ویژگی‌هایی از قبیل رفع مشکل و بهبود کیفیت، کاهش هزینه و تقلیل زمان انجام کار را دارا باشد و هر طرحی که فاقد حداقل یکی از ویژگی‌های یاد شده نباشد، طرح پژوهشی کاربردی محسوب نمی‌شود.

- ایده‌ها و طرح‌های پژوهشی کاربردی، باید مبتنی بر نیازهای واقعی و نه کاذب شرکت‌های آب و فاضلاب باشند و راستی آزمایی و یا اجرای آزمایشی آن‌ها میسر باشد، تا امکان اجرایی شدن یابند؛ - برای کاربردی‌تر شدن پژوهش‌ها، بهره‌گیری از توانایی‌ها و تجربه‌های کارشناسی شرکت‌های آب و فاضلاب با هدف هم‌افزایی و مشارکت هر چه بیش‌تر و بهتر دانشگاه و صنعت آب و فاضلاب در اجرای طرح‌های پژوهش کاربردی مورد نیاز و یا نظارت بر حسن تدوین آن‌ها، شایسته توجه است. صنعت نوپای آب و فاضلاب به‌کمک کارشناسان و متخصصین توانمند و با تجربه خود، به‌همراه امکانات آزمایشگاهی مستقر در محل تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب به‌راحتی می‌تواند نسبت به نمونه‌برداری‌های فراوان و اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی ورودی به تصفیه‌خانه، ورودی و خروجی واحدهای مختلف به‌شکل جداگانه و ... اقدام نماید. اطلاعات و داده‌های جمع‌آوری شده به‌این شکل، می‌تواند منبع با ارزشی را در اختیار محققین، هم در شرکت‌های آب و فاضلاب و هم مراکز دانشگاهی قرار دهد. با تجربه و تحلیل این داده‌ها، بسیاری از ضوابط و مبانی که امروزه اکثراً از منابع خارجی در امر طراحی برداشت می‌شوند می‌تواند با مقادیر به‌دست آمده در شرایط ایران جایگزین شوند. برداشت نمونه و اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی می‌تواند به‌طور مستمر ادامه یابد و هم‌زمان مسائل و ابهاماتی که در عمل ظهور می‌نمایند، می‌توانند به‌کمک مراکز دانشگاهی از جمله دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا و اساتید این حوزه در فعالیت‌های تحقیقی به‌کار

ضعف در عملکرد منتج از ضعف در طراحی، کارآمدی سایر واحدها و حتی مجموعه‌ی تأسیسات را تقلیل دهند. شایسته است تدوین گزارش‌هایی که متضمن نقد عملکرد مبانی طراحی و تجربه‌های میدانی طرح‌های اجرا شده باشند، در برنامه‌های کاری حوزه پژوهش قرار گیرند.

* با توجه سوابق کاری خود، وضعیت پژوهش در بخش‌های تحقیقاتی تابعه وزارت نیرو از جمله شرکت‌های آب و فاضلاب را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

- همان‌طور که ذکر شد، من به دلیل درگیری در پروژه‌های مطالعاتی و اجرایی در زمینه‌های مختلف صنعت آب و فاضلاب فرصت کمتری را برای فعالیت‌های آکادمیک و به‌خصوص کارهای تحقیقاتی داشتم. تعدادی کارهای تحقیقاتی در حوزه آب داشتم که در سمینارها و کنفرانس‌های علمی که عمدتاً توسط وزارت نیرو برگزار شده ارائه شده‌اند و تعدادی از مقالات مربوطه در نشریات داخلی و خارجی چاپ شده‌اند. این تحقیقات یا صرفاً آکادمیک بوده که به‌همراه دانشجویان دوره کارشناسی ارشد و دکترا صورت گرفته و یا تحقیقات کاربردی بوده که از کارهای مطالعاتی پروژه‌های در دست مطالعه یا اجرا استخراج شده‌اند. لذا به‌طور مستقیم در پروژه‌های تحقیقاتی وزارت نیرو و یا شرکت‌های آب و فاضلاب درگیر نبوده‌ام و اطلاع دقیقی از وضعیت پژوهش در بخش‌های تحقیقاتی تابعه وزارت نیرو از جمله شرکت‌های آب و فاضلاب ندارم. در مورد ضعف‌ها و خلأهای موجود به‌شکل خاص نظری ندارم ولی، مواردی به‌شکل عام در پاسخ به سوالات قبل ارائه شده است که امیدوارم در برنامه‌ریزی‌ها برای توسعه و کاربردی‌تر کردن نتایج تحقیقات اعم از تحقیقات دانشگاهی و همین‌طور همکاری‌های تحقیقاتی فی‌مابین وزارت نیرو و دانشگاه‌های مختلف کشور، مثمر‌تر واقع شوند.

* به نظر شما دستگاه‌های اجرایی از جمله شرکت‌های آب و فاضلاب چه ارتباط ارگانیکی با دانشگاه داشته‌اند؟ چه قدر توانسته‌اند برای دانشگاه مسئله تعریف کنند و چه قدر از تحقیقات دانشگاهی را برای رفع مشکلات خود به‌کار گرفته‌اند؟ چه قدر این شرکت‌ها توانسته‌اند داده‌های مورد نیاز طرح‌های تحقیقاتی دانشگاهی را تأمین کنند؟

- همان‌طور که اطلاع دارید، در سال‌های اولیه بعد از انقلاب، دفتری در دانشگاه‌ها تحت عنوان «دفتر ارتباط با صنعت» شکل گرفت که هدف اصلی آن برقراری ارتباط فی‌مابین مراکز عمده تحقیقاتی در دانشگاه‌ها و مراکز عمده به‌کارگیری نتایج این

گرفته شوند. به این ترتیب است که تحول چشم‌گیری را این اشتراک مساعی و فعالیت‌های مشترک، می‌تواند رقم بزنند و هر دو دستگاه به‌طور هم‌زمان ضمن توجه حداکثر به منافع ملی که از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، خود نیز از منافع آن بهره‌مند شوند. لذا در ادامه، در راستای موارد ذکر شده به چند نکته به‌شکل مختصر اشاره می‌شود به این امید که موثر واقع شوند.

۱. با رویکرد به شرایط پیش‌روی و نیازمندی‌های کشور، بهینه‌سازی، مقاوم‌سازی و افزایش کیفیت کالاها، تجهیزات که در نهایت به افزایش عمر مفید طرح‌ها و پروژه‌ها می‌انجامد، باید به‌شکل جدی در دستور کار قرار گرفته و پیگیری شوند.
۲. چگونگی مدیریت هزینه‌ها در اجرای پروژه‌ها، به‌منظور هزینه‌کرد بهینه و احیاناً تقلیل هزینه‌ها از موضوع‌های قابل تأمل و پیگیری است که واحدهای تحقیقات می‌توانند در نیل به آن، مشارکت و نقش‌آفرین باشد.
۳. رویکرد اجتناب‌ناپذیر کشور در بهره‌گیری از آب‌های غیرمتعارف در تأمین بخشی از نیاز آبی شهرها و روستاهای کشور، لازم می‌دارد تا تمرکز ویژه‌ای بر تدوین مبانی طراحی، شیوه‌های راهبری، فناوری‌های بهره‌گیری از آب‌های غیرمتعارف با محوریت زدایش و تقلیل آلاینده‌های محلول مبدول شود. در این زمینه ساخت تدریجی قطعات و اجزای سامانه‌های تصفیه غیرمتعارف آب، با هدف انتقال تدریجی فناوری به کشور و بومی‌سازی آن باید مورد تأکید قرار گیرد.
۴. با گذشت سه دهه از تأسیس شرکت‌های آب و فاضلاب و تجربه‌های برآمده از سال‌ها اجرای طرح‌های گوناگون آب و فاضلاب که مطالعات و طراحی آن‌ها برپایه منابع علمی خارجی انجام شده است، انتظار این است که سیاست‌گذاری بخش دانش‌پایه صنعت که عموماً در واحدهای پژوهشی باید نمود و بروز داشته باشد، از تأکید صرف بر متون خارجی فراتر رفته و متونی را که منبعث از سال‌ها تجربه‌های موفق و احیاناً ناموفق در اجرای چنین طرح‌هایی است، متناسب با نیازها و ویژگی‌های ملی و محلی تدوین و به صنعت آب کشور عرضه شود.

۵. با گذشت زمان، این حقیقت هویدا شده است که برخی مبانی به‌کار رفته در طراحی و اجرای واحدها و فرآیندهای تصفیه آب و فاضلاب، که عمدتاً از متون خارجی اقتباس شده‌اند، با واقعیت‌های کشور ما، هم‌آوا و هم‌خوان نیستند. تأکید و استناد صرف به این مبانی و اجرای آن‌ها، بدون لحاظ مقتضیات محلی و ملی، سبب شده است تا برخی تأسیسات، نه تنها از کارآمدی مورد انتظار برخوردار نباشند، بلکه به دلیل

تحقیقات یعنی وزارتخانه‌ها و نهادهای مختلف دولتی و خصوصی در کشور بود. در همان سال‌ها این امید شکل گرفته بود که این دفتر بتواند به این هدف اصلی جامه عمل بپوشاند. به نظر من موفقیت چندانی متأسفانه حاصل نشد. موفقیت عمده این نهاد عملاً به معرفی دانشجویان دوره کارشناسی به مراکز مختلف دولتی و همین‌طور شرکت‌های خصوصی برای کارآموزی محدود شد. در همین زمینه هم می‌توان گفت که موفقیت چشمگیری به این دلیل که هیچ‌گونه نظارتی اعمال نمی‌شد، حاصل نشد. در بیشتر موارد گزارشات دانشجویان و ارزیابی‌های صورت گرفته جنبه رفع تکلیف داشته‌اند. البته این وضع در مورد همه دانشجویان صادق نبوده و بعضی هم به دلیل علاقمندی شخصی سعی کرده‌اند تا به جنبه‌های کاربردی آن‌چه که در کلاس‌های آموزشی فرا گرفته‌اند توجه بیشتری داشته باشند.

ارتباط صنعت و دانشگاه، نباید به موضوعاتی مثل کارآموزی دانشجویی خلاصه شود. عمده موضوعاتی که در سطح کارشناسی ارشد و به خصوص دکترا، اساس و پایه کار تحقیقاتی دانشجو را تشکیل می‌دهند، موضوعاتی هستند که در صنعت می‌تواند کاربرد داشته باشند. انتظار می‌رود که صنعت بتواند از نتایج کارهای تحقیقاتی دانشجویان در عمل بهره‌برداری کرده و در جهت بهبود و ارتقای کیفی تحقیقات کمک کند، ولی در عمل چنین اتفاقی نمی‌افتد. در صورت وجود ارتباط نزدیک و اعتماد متقابل فی‌مابین دانشگاه و صنعت، دانشگاه با کمک صنعت می‌تواند منابع مالی لازم را برای کارهای تحقیقاتی دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترا فراهم آورد و صنعت نیز می‌تواند نتایج کار را برای بهبود عملکرد و ارتقای سطح عملکردی خود به کار گیرد. این ارتباط در ایران متأسفانه به دلیل عدم اعتماد عمیق و ریشه‌ای فی‌مابین صنعت و دانشگاه شکل نگرفته است. در نتیجه در هر سال تعداد قابل توجهی رساله کارشناسی ارشد و دکترا در دانشگاه‌ها تولید می‌شود که اکثراً به صنعت راه پیدا نمی‌کنند.

* نقش و جایگاه انجمن‌های علمی از جمله انجمن آب و فاضلاب ایران را در توسعه و رشد علوم و صنعت آب و فاضلاب کشور در چه حد می‌دانید؟

همان‌طور که قبلاً هم گفته‌ام، صنعت آب و فاضلاب و به خصوص فاضلاب در ایران نوپا است. به همین دلیل در مقام مقایسه با سایر فعالیت‌ها، از توسعه یافتگی کمتری برخوردار است. این عدم توسعه یافتگی که به دلایل مختلف اتفاق افتاده است، نیاز به صرف انرژی بیشتر و موتور محرکه قوی‌تر دارد. یکی از این موتورهای محرکه، به عقیده من می‌تواند انجمن‌های علمی و از جمله انجمن آب و فاضلاب کشور باشد. نشریه انجمن با گزارشات مختلف خود

از جمله ارائه سخنرانی‌ها، مصاحبه با افراد صاحب‌نظر و انعکاس نظرات آن‌ها، گزارش اخبار مربوط به فعالیت‌های مرتبط با موضوع آب و فاضلاب، انعکاس نتایج کارهای تحقیقاتی در این حوزه، پیشنهادات سازندگان مختلف تجهیزات صنعتی، ارائه چالش‌هایی که صنعت با آن روبرو است و درخواست از صاحب‌نظران و به‌ویژه جامعه دانشگاهی و ... می‌تواند ارتباط تنگاتنگی را فی‌مابین این نهادها برقرار کند. از آن‌جا که نشریه یک نشریه تخصصی است، نمی‌توان انتظار داشت که از تیراژ بالایی برخوردار باشد ولی تعداد نسخ چاپ شده باید به اندازه‌ای باشد که کارشناسان مشغول در سازمان‌های آب منطقه‌ای، شرکت‌های آب و فاضلاب، کارشناسان مهندسين مشاور و پیمانکارانی که در این حوزه فعال هستند، امکان دسترسی به این نشریه را داشته باشند.

بدیهی است که یکی از مشکلات عمده در این ارتباط، مشکل تأمین اعتبار برای چاپ، تکثیر و توزیع گسترده این نشریه است. لازم است که شرکت آب و فاضلاب کشور، شرکت‌های آب و فاضلاب استانی، مدیریت منابع آب وزارت نیرو و ... در این ارتباط با دست‌اندرکاران نشریه که علی‌رغم همه تنگناها در طول چند سال گذشته تلاش‌های فراوانی را به عمل آورده‌اند، همکاری‌های لازم را به عمل آورند تا نشریه بتواند بیش از پیش، از نقطه‌نظرات کمی و کیفی به نیاز دیرینه متخصصین این حوزه جامه عمل بپوشاند. به هر حال نشریه انجمن به دلیل نوپا بودن این صنعت و عدم وجود تجارب طولانی‌مدت در این حوزه، توانسته است، نقش سازنده‌ای را ایفا نموده و امیدوارم با استمرار این فعالیت‌ها، جایگاه بهتری را در بین نشریات تخصصی کشور به دست آورد. جا دارد که در این‌جا به همه دست‌اندرکاران نشریه به‌ویژه جناب آقای دکتر تابش، مدیر مسئول، دست‌مریزاد گفت و توفیق هرچه بیشتر این عزیزان را در راهی که درپیش گرفته‌اند و در تحمل بار این مسئولیت‌ها به‌خصوص با توجه به شرایط کنونی، که در هر قدم رو به جلو موانع متعددی ظهور و بروز می‌نمایند، از خداوند بزرگ آرزو کرد.

* با توجه به حضور در همایش‌های انجمن در سال‌های گذشته، لطفاً نظراتان را در مورد نقاط ضعف و قوت این همایش‌ها بیان فرمایید.

- مشکلات مربوط به برگزاری همایش‌ها به دلایل مختلف و به خصوص مسائل اقتصادی و کمبود اعتبارات، امروزه مشکل‌تر از هر زمان دیگری است. گردهم‌آیی‌های سراسری مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار است. روشن است که انجام کارهای تحقیقاتی جایگاه مناسب خود را در جامعه پیدا نکرده‌اند و این موضوع به دلایلی که گفته شد به طریق اولی در ارتباط با همایش‌های

اعمال همین روش برای پایان نامه ها و مقالات برتر هم می تواند در ارتقای روحیه عزیزی که زحمت بیشتری را متحمل شده و خلاقیت خود را برای خلق اثری برتر به کار گرفته اند، قابل تقدیر است و توصیه می شود که در برنامه انجمن گنجانده شود.

*** با توجه به توان علمی و تشکیلاتی انجمن چه توصیه ای برای جامعه دانشگاهی و صنعت آب و فاضلاب برای بهره گیری از توان انجمن را دارید؟**

- عزیزی که عضو هیئت تحریریه نشریه انجمن هستند همگی از صاحب نظران شناخته شده در این حوزه هستند. بدیهی است که این جمع فرهیخته می تواند کمک های شایانی را به صنعت آب و فاضلاب کشور ارائه دهند. شرط لازم برای کمک گرفتن از این جمع صاحب نظر، برقراری ارتباطی ارگانیک و تنگاتنگ فی مابین شرکت آب و فاضلاب کشور و انجمن در چارچوب نقشه راهی است که می تواند با همکاری مشترک انجمن و شرکت آب و فاضلاب ترسیم شود. تا جایی که من اطلاع دارم، هم اکنون اکثریت پروژه های بزرگ که در سطح استان ها، مطالعه، طراحی و اجرا می شوند، باید توسط شرکت آب و فاضلاب کشور بررسی و پس از تصویب به شرکت های آب و فاضلاب استانی، برای اجرا ابلاغ شود. اعضای انجمن می توانند در فرآیند بررسی گزارشات، به شرکت آب و فاضلاب کمک فراوانی را ارائه دهند. اعضا می توانند در قالب ساختاری مشخص در جلسات مشترک فی مابین مهندس مشاور طرح و شرکت آب و فاضلاب شرکت کرده و نظرات اصلاحی خود را ارائه دهند. به این ترتیب اعضای انجمن که اکثراً از اساتید شناخته شده در دانشگاه ها هستند، از این طریق در جریان پروژه های مطالعاتی و اجرایی قرار می گیرند و می توانند با تعریف صورت پروژه هایی برای رساله های کارشناسی ارشد و دکترا نقش ایفا کنند. به این ترتیب ارتباط گسترده تری می تواند فی مابین صنعت و دانشگاه شکل بگیرد.

*** برای تقویت نقش و اثر بخشی انجمن آب و فاضلاب و گسترش آن چه پیشنهادی دارید؟**

- همان طور که قبلاً گفتم، صنعت آب و فاضلاب و به خصوص صنعت فاضلاب در ایران، نسبت به سایر صنایع، از قدمت چندانی برخوردار نیست. ایجاد ساختاری با استخوان بندی محکم به طور طبیعی به زمان نیاز دارد. بنابراین اگر انتظار داشته باشیم که انجمن یک شبه ره صدساله را طی کند، انتظاری غیرمنطقی است. آن چه که مسلم است با توجه به پیشرفت های قابل توجهی که طی ۲۰ تا ۳۰ سال گذشته و به خصوص پس از تشکیل شرکت های آب و فاضلاب حاصل شده، جای خالی انجمنی تخصصی با ارگانی

مربوط به آب و فاضلاب حتی بیشتر است. با همه مشکلات، در دو سه همایشی که شانس مشارکت در آن را داشته ام، به خصوص در همایش سال ۱۳۹۷ در دانشگاه صنعتی اصفهان، علاوه بر صاحب نظران و متخصصین این رشته که حضورشان در این گونه همایش ها، از بدیهیات است، حضور چشمگیر دانشجویان و مشارکت فعال آن ها در سرو سامان دادن به ابعاد مختلف همایش ستودنی بود. تشکیل کارگروه های تخصصی و بررسی موضوعات مختلف در این کارگروه ها سبب غنای بیشتر این گردهم آیی شده بود. برگزاری نمایشگاه تجهیزات مورد نیاز صنعت و ارائه توضیحات توسط سازندگان آن ها، در برقراری ارتباط تنگاتنگ بین دانشگاه و صنعت از یک طرف و کسب اطلاع و آگاهی از پیشرفت های حاصله در این زمینه از دیگر ویژگی های ارزشمند این گردهم آیی هاست.



*** از آن جا که جنابعالی در همایش سال ۱۳۹۷ انجمن به عنوان پیشکسوت نمونه برگزیده مورد تقدیر قرار گرفتید، لطفاً تأثیر این گونه برنامه های انجمن در تقدیر از پیشکسوتان، پایان نامه های برتر، مقالات برتر و غیره را بیان فرمایید.**

- قبل از هر چیز از اعضای هیأتی که بنده را به عنوان پیشکسوت در سال ۱۳۹۷ انتخاب نمودند، صمیمانه تشکر می کنم. فکر می کنم یکی از ویژگی های معمولی هر شخص خوشحالی از برگزیده شدن در هر سطحی از سطوح مختلف اجتماعی است. شور و شوق ناشی از برگزیده شدن به خصوص وقتی در جمع همکاران باشد، طبیعتاً شیرین تر است. لذا فکر می کنم راه و روشی را که انجمن در این ارتباط در پیش گرفته راه و روش پسندیده ای است. البته توصیه من به عزیزان انجمن این است که برگزیدگان فقط به جمع دانشگاهیان محدود نگردد زیرا در صنعت و در مهندسين مشاور و همین طور در پیمانکاران، افراد به حق شایسته ای، در این حرفه، مشغول ارائه دادن خدمات مختلف هستند که معرفی آن ها به عنوان پیشکسوت، حداقل کاری است که باید انجام داد. طبیعتاً



رسمی در این زمینه شدیداً احساس می‌شد. خوشبختانه با همت جمعی صاحب‌نظر در این حوزه، انجمن شکل گرفته و ارگان رسمی آن‌هم با نام «نشریه علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب» چند سالی است که به‌صورت فصلنامه در دسترس علاقمندان است. باید به عزیزان دست‌اندرکار صمیمانه تبریک و خسته نباشید گفت. کارگذاری شبکه جمع‌آوری فاضلاب و احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که از ضروریات روز جامعه است تقریباً در تمامی شهرها و شهرک‌های کشور در جریان است. به‌این دلیل جمع قابل‌توجهی از فارغ‌التحصیلان دانشگاهی در این حرفه به‌صور مختلف مشغول سرویس‌دهی هستند. بسیاری از این عزیزان می‌توانند در جهت ارتقای دانش در این حوزه حرفی برای گفتن داشته‌باشند. تجربیاتی که با گذشت زمان جمع‌آوری و در حال تکمیل‌شدن هستند، باید پس از طرح در جمع صاحب‌نظران، پالایش شده و به‌عنوان ضوابط و معیارهای بومی شده، به دستگاه‌های اجرایی، برای اعمال در فرآیند طراحی و اجرا ابلاغ شود. لذا انجمنی از صاحب‌نظران باید حضور داشته باشد تا حداقل هریک یا دو سال یک‌بار در قالب همایش، سمینار و ... گردهم جمع‌شده و با تجربه و تحلیل تجارب حاصله بتوانند برای این صنعت سیاست‌گذاری کنند. انجمن و نشریه آن می‌توانند به‌عنوان پل ارتباطی فی‌مابین صنعت، دانشگاه و کارشناسان شاغل در صنعت نقش اساسی را ایفا نمایند. در چنین شرایطی است که نقش انجمن و اثر بخشی آن روز بروز گسترش خواهد یافت. بدیهی است که با تقویت بنیه مالی انجمن باید تلاش شود که تیراژ نشریه هم متعاقباً افزایش یافته و در سطح گسترده‌تری توزیع شود.

* اگر موردی ناگفته مانده است لطفاً بیان فرمایید.

- ناگفته‌ها بسیار زیاد است و آن‌چه که گفته شد، مشتی است نمونه خروار. امیدوارم که با همت دیگر همکاران و با تبیین دیگر چالش‌های مربوط به صنعت آب و فاضلاب، شاهد رشد و شکوفایی هرچه بیشتر این صنعت باشیم.

در پایان جا دارد که از همکاران محترم شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به‌ویژه جناب آقای مهندس پاکروح معاون محترم فنی و مهندسی این شرکت که در ارائه اطلاعات به این‌جانب کمال همکاری را به‌عمل آوردند، صمیمانه تشکر نمایم.



نشست تخصصی: هوشمندسازی و نوآوری در سامانه‌های آب و فاضلاب (سومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، ۵ آذرماه ۱۳۹۹، دانشگاه شیراز)

اعضای میزگرد:

- دکتر محمدرضا جلیلی قاضی‌زاده (دانشیار دانشگاه شهید بهشتی)
- مهندس سیدعلیرضا طباطبائی (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)
- مهندس محمدحسین مسعودی (شرکت آب و فاضلاب شیراز)
- مهندس مرتضی تقوایی حسین‌زاده (شرکت دانش‌بنیان به‌پویان مشهد)
- دکتر داوود غرویان (عضو هیئت علمی و معاون پارک علم و فناوری دانشگاه شهید بهشتی)
- مهندس عبدالحمید توکلی‌بنا (شرکت آب و فاضلاب استان تهران)

سوالات خود را هم به صورت شفاهی و هم به صورت متنی بپرسند. در پایان هم جمع‌بندی انجام خواهد شد. من از آقای مهندس تقوایی خواهش می‌کنم که بحث را شروع کنند و راجع محور اول صحبت کنند و در ادامه خدمت سایر دوستان خواهیم بود.



آقای مهندس تقوایی:

عرض سلام و ادب و احترام خدمت عزیزان حاضر در این جلسه، از اساتید خودم اجازه می‌خواهم که موضوع را فتح باب کنم و بعد از تجربیات دوستان استفاده کنیم. من چون خیلی فرصت کم است، سعی می‌کنم مطالب را خدمت عزیزان عرض کنم. هوشمندسازی انقلاب دوم صنعتی است. هوشمندسازی در موضوعات مختلفی مطرح است، بحث پتروشیمی، پالایشگاه و غیره. یکی از موضوعاتی که در دنیا مطرح است، بحث آب است به دلیل بحث پیوستگی و بحث ذخیره‌سازی آن. این امکان که برق آن را ندارد و باعث می‌شود که خیلی سخت بشود الگوریتم‌های هوشمندسازی را انجام داد.

تعاریف مختلفی برای هوشمندسازی وجود دارد. Smart و intelligent در فارسی به معنای هوشمندسازی هستند. Smart دارای دو بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است. منظور از بخش سخت‌افزاری، تجهیزات منطبق‌پذیر مانند RTU، PLC و غیره است. منظور از بخش نرم‌افزاری، الگوریتم‌هایی است که فضای تصمیم در آن‌ها مشخص است.

آقای دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

به نام خدا، با عرض سلام خدمت حاضرین محترم و آرزوی سلامتی برای شما، سومین نشست تخصصی کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب را شروع می‌کنیم. همان‌طور که اطلاع دارید عنوان این نشست هوشمندسازی در سامانه‌های آب و فاضلاب است. اجازه می‌خواهم که اعضای پنل را معرفی کنم. آقای مهندس سیدعلیرضا طباطبائی مدیرکل دفتر نظارت بر بهره‌برداری آب از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، آقای مهندس محمدحسین مسعودی از دفتر تحقیقات شرکت آب و فاضلاب شیراز، آقای مهندس مرتضی تقوایی حسین‌زاده به عنوان مدیرعامل شرکت دانش‌بنیان به‌پویان مشهد، آقای دکتر داوود غرویان عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی، قائم مقام و مجری طرح شبکه هوشمند و هم‌چنین معاون پارک علم و فناوری دانشگاه شهید بهشتی و آقای مهندس عبدالحمید توکلی‌بنا معاون اسبق نظارت بر بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب استان تهران. خدمت شما عرض کنم که محور این نشست را به صورت زیر طبقه‌بندی کردند:

محور اول: تعاریف، ضرورت‌های هوشمندسازی و گزارش کارهای انجام شده در سطح ملی و بین‌المللی؛
محور دوم: آسیب‌شناسی تجربیات هوشمندسازی در کشور، دلایل کندی، دیدگاه‌های مدیریتی، چالش‌ها و موانع هوشمندسازی و چشم‌انداز آینده؛

در خدمت هر یک از بزرگواران هستیم که به مدت ۴ دقیقه در خصوص محور اول توضیح بفرمائید و بعد وارد محور دوم می‌شویم و در آنجا هم برای هر کدام از دوستان، ۵ دقیقه در خدمتشان خواهیم بود و در پایان، نوبت پرسش و پاسخ است که مدت ۲۵ دقیقه برای آن پیش‌بینی شده است. دوستان می‌توانند

درخصوص هوشمندسازی، تجهیزاتی از قبیل سنسورها، عملگرها، شیرهای برقی و اتوماتیک، تجمیع کننده های دیتا مانند RTU ها، پردازنده های محلی، مخابرات، پردازنده های مرکزی و غیره استفاده می شود. به عبارت دیگر، Smart مترادف SCADA، اتوماسیون و تله متری است.

Intelligent یعنی مغزافزاری که فضای تصمیم در آن ها قابل پیش بینی نیست. یعنی به عنوان مثال، افت فشار ایجاد شده در شبکه، می تواند به دلیل ترکیدگی لوله ها باشد یا ناشی از باز شدن شیرهای آتش نشانی. اگر به خاطر باز کردن شیر آتش نشانی است باید شبکه تقویت شود تا آتش نشان ها بتواند آب مورد نیاز خود را تامین کنند و اگر ناشی از ترکیدگی لوله است باید افت فشار بیشتری ایجاد شود تا حادثه تشدید نشود. لذا فضای حالت، مشخص نیست و باید الگوریتم های دقیق تری استفاده شود. موضوعاتی از قبیل تلفیق داده ها، اصلاح و بازسازی داده، پیش بینی، داده کاوی، تصمیم سازها، مدل های هیدرولیکی، مدل های ریاضی و پایش های هوشمند، در بخش Intelligent مطرح می شوند. پس زنجیره Smart و Intelligent دو سر ابتدایی و انتهایی موضوع هستند.

یک شبکه هوشمند باید پنج شاخصه داشته باشد: یکپارچگی، بهینه بودن، به هنگام بودن، مطمئن و سازگار با تغییر بودن. یعنی اگر شبکه ای این پنج شاخص را هم زمان داشته باشد، می توان به آن شبکه هوشمند گفت. یک شبکه هوشمند دارای اجزای مختلفی است از قبیل پیش بینی تقاضا، مدیریت تامین آب، مدیریت کیفیت آب، به روز رسانی نقشه و مدل، مدیریت انرژی، سامانه پایش جامع، مدیریت اتفاقات، سامانه مدیریت آب بدون درآمد و غیره.

اگر بخواهیم به اقدامات لازم در شبکه های هوشمند اشاره کنیم، این است که مجموعه داده های عملیاتی به صورت آنلاین، آفلاین و تجربه نخبگان در اختیار داریم. این ها باید از یک فیلتری به نام DVR که بحث اعتبارسنجی و بازسازی داده است، عبور کند که داده های دارای اعتبار کافی باشند. سپس متناسب با داده های اعتبار یافته، پیش بینی کنیم و نهایتاً بتوانیم توسط یک مدل فیزیکی و ریاضی، یک تصمیم یار (DDR) برای خودمان ایجاد کنیم که در شرایط مختلف عادی و شرایط بحران، بتواند سناریوی لازم را به ما بدهد. در پایان هم موضوع نظارت و پایش مطرح است.

اجزای یک شبکه هوشمند، تقریباً در ۱۵ گروه کلی گفته شده است که شامل پیش بینی تقاضا، سامانه مدیریت تامین آب، سامانه مدیریت فشار، سامانه مدیریت کیفیت آب، صحت سنجی، به روز رسانی نقشه و مدل، سامانه مدیریت انرژی، سامانه مدیریت

زیرسامانه های هوشمند، سامانه مدیریت آب بدون درآمد، سامانه مدیریت تعمیرات پیشگويانه، سامانه مدیریت اتفاق، داشبورد مدیریت، سامانه مانیتورینگ یکپارچه، سامانه شبیه ساز آفلاین و موتور هیدرولیکی. اگر یک شبکه هوشمند این اجزا را داشته باشد، یک شبکه هوشمند نسبتاً جامعی در حوزه آب و فاضلاب است.

اهداف و دستاوردهای آن را من خیلی سریع خدمت دوستان عرض کنم. شما همه اساتید من هستید و با موضوع آشنایی دارید. شبکه های آب و فاضلاب دفنی بوده و جزء پیچیده ترین شبکه های صنعتی کشور هستند. چون مثلاً درخصوص شبکه های برق صحبت می کنیم، شبکه ای را می بینم که روی زمین است. پس هم هیدرولیک پیچیده داریم و هم هزینه های متفاوت داریم، هم نشستی داریم، هم عدم کالیبراسیون سنسورها است، هم تعرفه های متفاوت وجود دارد. این باعث می شود که یک مسئله بسیار پیچیده را باید حل کنیم. ما در آب و فاضلاب کاری که انجام می دهیم این است که با Level بندی روی مخازن و با فشار روی ایستگاه های بوستر پمپ، شبکه را امن می کنیم. اما این شبکه ای که ما ایمن می کنیم، بهینه است یا نه، حتماً با بهینگی فاصله دارد چون ذهن یک انسان نمی تواند این همه پارامتر را کنار هم داشته باشد، ضمن این که می خواهد تامین دائمی آب را داشته باشد. ما دنبال این هستیم که با کم ترین تعمیرات و بیشترین کیفیت و کم ترین هزینه، آبرسانی کنیم و این ساختار را جلو ببریم.

در دنیا به چنین اهدافی از هوشمندسازی اشاره کرده اند که شامل: مدیریت فشار، مدیریت منابع انسانی، مدیریت منابع تامین آب، کاهش مواد شیمیایی مورد استفاده، پایش و کنترل، بهبود کیفیت آب، کاهش دی اکسید کربن، کاهش انرژی مصرفی، کاهش آب بدون درآمد، مدیریت اتفاقات و رضایت مشترکین است.

نرم افزارهای تجاری مختلفی در سطح بین المللی در زمینه هوشمندسازی وجود دارد که مهم ترین آن ها، نرم افزار Innovyze ساخت آمریکا و Takadu توسط فلسطین اشغالی است که توانسته است ادبیات ذکر شده در خصوص هوشمندسازی را جامع تر پیاده سازی کند. البته این نرم افزار تمام مباحث هوشمندسازی را شامل نبوده و در حال توسعه است. بیش از ۱۴۳ شرکت وارد موضوع هوشمندسازی شدند که اکثراً در حوزه سخت افزار هستند. نرم افزارها و پروژه های پژوهشی مختلفی هم در دنیا کار شده است که دانشگاه ها این کار را انجام دادند.

شرکت های متفاوت در کشورهای مختلف روی موضوع هوشمندسازی کار کرده اند. گفته اند با مدیریت فشار و تشخیص به هنگام نشت می توان ۵۰ درصد آب بدون درآمد را کم کرد و به صورت عملی این موضوع پیاده سازی شده است. مثلاً در شهر

خواهیم داشت). به عنوان مثال درخصوص موضوع کرونا که در انتهای سال گذشته اتفاق افتاد و عملاً هنوز هم گرفتار آن هستیم، یک شوک مصرفی را به شرکت‌ها وارد کرد و در آستانه‌ای قرار گرفت که به حداکثر توان رسیدند. پیش‌بینی این قضیه زمان را به شرکت‌های ما می‌دهد که بتوانند برنامه‌ریزی کنند و براساس آن بتوانند اقداماتی را انجام دهند. کاهش هزینه‌های انرژی، رعایت اصول و اهداف پدافند غیرعامل و گسترش و پیچیدگی شبکه‌های تامین و توزیع آب، از جمله ضرورت‌های دیگر سیستم هوشمند در صنعت آب و فاضلاب است. این موضوع نیازمند توسعه تحقیقات و محصولات گوناگون نرم‌افزاری و سخت‌افزاری است.

اهداف و چشم‌اندازهای کلی هوشمندسازی عبارتند از: ارتقای شاخص‌های کمی و کیفی خدمات و افزایش رضایت‌مندی مشتریان، افزایش کیفیت بهره‌برداری و بهینه‌سازی فنی تاسیسات، مدیریت سیستماتیک، تجمع فعالیت‌ها و بهبود عملکرد، کاهش هزینه‌های عملیاتی و انرژی، افزایش قابلیت اطمینان، مدیریت دانش و مستندسازی تجربیات نخبگان، ایجاد ساختار تصمیم‌ساز بر مبنای الگوریتم‌های پیشرفته، امکان برون‌سپاری و خصوصی‌سازی بهره‌برداری از قسمت‌های مختلف شبکه و رعایت اصول پدافند غیرعامل.

الزامات پیاده‌سازی پروژه‌های هوشمندسازی عبارتند از: تهیه سند چشم‌انداز و تهیه برنامه جامع، ایجاد ساختار سازمانی در بخش‌های سیاست‌گذاری، اجرایی و راهبری، ایجاد زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری به‌خصوص در بخش اسکادا (تله‌متری) و ابزار دقیق، تهیه مدل هیدرولیکی کالبره در سیستم تامین و توزیع آب، تامین منابع مالی و آموزش و فرهنگ‌سازی.



آقای مهندس توکلی بینا:

بسم‌الله الرحمن الرحیم، عرض سلام و روزبه‌خیر و خدا قوت دارم خدمت همه حضار محترم و تشکر می‌کنم از فرصتی که در اختیار من قرار دادید. در خصوص ضرورت‌ها، صحبت‌های بسیار خوب و علمی را دوستان ارائه فرمودند. اما برحسب این‌که من حدود ۱۵ سال است که در بخش اجرای اسکادا حضور داشتم، با یک نگاه اقتصاد مقاومتی به آن نگاه کردم. چالش استقرار سامانه‌های پایش و راهبری تاسیسات آب و

بمبئی، این کار انجام شده است. کاهش هزینه انرژی به میزان ۳۰ درصد با مدیریت بهینه پمپاژ، کاهش ۱۰ درصدی هزینه نت و کاهش ۲۰ درصدی هزینه مواد شیمیایی از دیگر دستاوردهای چنین تحقیقاتی است.

با نگاهی سخت‌گیرانه به موضوع رسیدن به اهداف هوشمندسازی در یک پایلوت، اگر ۲۰۰ میلیارد ریال برای یک شهر حدود ۳ میلیون نفری، هزینه تله‌متری شود، شاخص‌های اقتصادی به صورت زیر خواهد بود:

- دوره بازگشت سرمایه دینامیک: ۴ سال و ۲ ماه
- نرخ بازده داخلی (IRR): حدود ۴۹/۲۶ درصد
- ارزش فعلی خالص (NPV): برابر ۶۴۷/۵ میلیارد ریال



آقای مهندس طباطبائی:

بسم‌الله الرحمن الرحیم، عرض سلام و ادب و احترام دارم خدمت همه عزیزان حاضر در نشست و عرض تشکر دارم از جناب آقای دکتر قاضی‌زاده، بابت این‌که به بنده فرصتی دادند که به صورت مختصر و کوتاه، توضیحاتی را ارائه دهم.

ضرورت شبکه‌های هوشمند شامل مدیریت بهینه تاسیسات است. یعنی آن‌چه که داریم را باید حفظ کرده و ارتقا دهیم و این مسئله‌ای است که هوشمندسازی می‌تواند کمک کند به این شرایط. بحث کاهش تلفات آب مطرح است. منابع تامین آب شرب در کشور محدود است. سیاست‌گذاری که شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در رابطه با بحث منابع آب در کشور، حفظ منابع آبی و کاهش نیاز به تولید را جزء برنامه‌های عملیاتی خود قرار داده است که در این سرفصل هم می‌شود از آن استفاده کرد و هوشمندسازی می‌تواند یک بستر مناسب برای تحقق این هدف باشد. کاهش هزینه‌های بهره‌برداری (با ملاحظات که در سامانه هوشمند است) و اجرای سیستم‌های اسکادا، مدیریت شرایط بحران (تصور کنید در شهری مثل تهران، اگر حادثه‌ای اتفاق بیفتد که شرایط خاصی داشته باشیم، قطعاً سیستم‌های هوشند می‌تواند به ما کمک کند که با تهدیدها مقابله کنیم و شرایط موجود را مدیریت کنیم)، پیش‌بینی مصرف (یکی از دغدغه‌های اصلی شرکت‌های ما در کشور این است که برای فردا چه چیزی را پیش‌بینی می‌کنند و چه شرایطی را براساس رفتار دوره گذشته

خود را به صورت محوری با سازمان ارتباط رادیویی، افتای ریاست جمهوری و سازمان پدافند غیرعامل کشور مطرح کرده و حل نماید. موضوع امنیت که نقش حیاتی در بحث شبکه‌های هوشمند دارد را باید با آن‌ها ببندیم.

بخش محتوایی: تشویق تولیدکنندگان و اطمینان بخشی به آن‌ها (به آن‌ها دلگرمی بدهیم که محصولاتشان را خریداری می‌کنیم. محصولات خارجی هزینه‌های ریسک تجهیزات خود را پرداخت کرده‌اند و ما هم باید برای خود پرداخت کنیم. مثلاً در روستاهای ایزوله و در شهری که برای ما حساسیت زیادی ندارد، تست‌های خود را انجام دهیم)، تدوین راهبردهای دوران گذر از وضع موجود به وضع مطلوب و راهبری مجدانه آن از سوی آbfای کشور، تدوین پروتکل‌های امنیتی و طبقه‌بندی امنیتی درخور هریک از تجهیزات، تدوین پروتکل‌های ایمنی و طبقه‌بندی سطح ایمنی درخور هریک از تجهیزات (مثلاً یک تجهیز که در یک اتاق در بسته و سر بسته است، آیا باید آی پی ۶۸ خریداری کنیم با آن هزینه‌های بالا) از جمله اقداماتی است که باید در این بخش توجه شود. این‌ها باعث می‌شود که به صورت خیلی مطمئن به موضوع اجرا برسیم و همه آرمان‌ها را به یک پدیده عملی تبدیل کنیم.



آقای دکتر غروبان:

بسم الله الرحمن الرحيم، خیلی ممنونم از فرصتی که در اختیار من قرار دادید. خدمت همه همکاران محترم، سلام عرض می‌کنم. من بخش هوشمندسازی را به سه حوزه مختلف تقسیم می‌کنم. یک بخشی از هوشمندسازی هست که ما ناچاریم در حوزه آب و فاضلاب، وارد آن شویم و ضرورت آن بالا است حتی اگر اقتصادی نباشد، مثل این مثال‌های مختلفی که دوستان محترم زدند در سیستم‌های حیاتی آب و فاضلاب. دسته دوم درواقع هوشمندسازی را تقسیم می‌کنم به حوزه‌هایی که برای ما ضروری است اما اگر ما نگاه کنیم می‌بینیم که هوشمندسازی سبب می‌شود که در واقع شما کاهش هزینه‌هایی برایتان اتفاق بیفتد که اگر درواقع آن نظام حاکمیتی بتواند کاهش هزینه‌ها را به درستی محاسبه کند، از این کاهش هزینه می‌تواند استفاده کند برای این که بخش خصوصی را در این‌ها درگیر کند و

فاضلاب (ساپرا) موضوعی است که کشور با آن روبرو است هرچند که تا حدودی از آن عبور شده است. ولی هنوز ذهنیت‌های رسوخ شده در صنعت بسیار است. اما همین که چرخ توسعه و استقرار سامانه‌های پایش و راهبری تاسیسات (ساپرا) راه افتاد، در ۴-۵ سال گذشته، دچار یک رکودی شدیم و اتفاقات زیادی افتاد که حرکت را کند و متوقف کرد.

عمده این چالش‌ها در کشور به دلیل تجهیز و تدارک است. برای استقرار سامانه پایش و راهبری نیاز به نرم‌افزارهای کنترلی، سخت‌افزار، اندازه‌گیری کمی و کیفی، دستگاه‌های ارتباطات، مکانیکی و الکتریکی است. اما ترکیب هزینه‌ها به صورت زیر است:

- ۶۰ درصد هزینه‌های تجهیزات الکتریکی، مکانیکی، سخت‌افزاری و غیره (طبق تجربه موجود)؛

- ۱۰ درصد هزینه‌های بخش نرم‌افزار؛
- ۳۰ درصد هزینه‌ها برای اجرا و استقرار سامانه (هزینه‌های نصب و غیره).

در خصوص چالش‌های اقتصادی استقرار ساپرا، می‌توان گفت که ۷۰ درصد صرف هزینه‌های تجهیز و تدارکات (۶۰ درصد سخت افزار و ۱۰ درصد نرم‌افزار) شده است. منشا تامین این کالا هم در طی این سال‌ها، خارجی بوده است. اگرچه تعداد اندکی کالاها در طول عمر مفید شبکه‌های هوشمند در ایران (عمر شبکه‌های هوشمند در ایران حدود ۱۵ سال است) از داخل تامین شده است اما عمدتاً از خارج بوده است. ملاحظات گارانتی و پشتیبانی تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری نیز از جمله عوامل تاثیرگذار بر آن بوده است. از طرف دیگر به دلایلی هم چون افزایش نرخ ارز، موضوع تحریم‌ها و محدودیت‌های بین‌المللی، چنین پروژه‌هایی را به حالت تعلیق در آورده است. راه برون رفت از چالش اقتصادی ساپرا: باید عزم ملی را در سه حوزه ساختاری (Co-Structure)، زمینه‌ای (Contest) و محتوایی (Content)، جزم کرده و به صورت متمرکز در این حوزه‌ها کار کنیم.

براساس صحبتی که آقای مهندس تقوایی در ابتدای جلسه فرمودند، حتماً باید این راه را برویم. با این شرایط تحریم و نوسان اقتصادی هم شدنی نیست، اما چه کار می‌توان انجام داد؟

در بخش ساختاری: باید پارک‌های علم و فناوری برای تولید سخت‌افزار و نرم‌افزار به کار گرفته شوند. هم چنین به شرکت‌های دانش‌بنیان و استفاده از ظرفیت نخبگان (در دانشگاه‌ها و در شرکت‌های آbfا) توجه شود. کما این که الان هم دارند کار می‌کنند، در بخش برق هم بیشتر از حوزه ما کار کرده‌اند. در حوزه آب و فاضلاب ما این‌ها را خیلی اذیت کرده و به آن‌ها اعتماد نکردیم.

در بخش زمینه‌ای: شرکت مهندسی آbfای کشور باید مسائل

سرمایه‌گذاران بخش خصوصی وارد این حوزه شوند. یعنی به‌جای این‌که دولت خودش هزینه کند برای اجرای پایلوت‌ها، می‌تواند نقش تسهیل‌گری و اجرای یک سری ضوابط و قوانینی باشد که کمک کند که بخش خصوصی وارد این حوزه‌های شوند. حرف من در این‌جا، در خصوص بخش دوم است. در بخش دوم، بعضی وقت‌ها چنین است که ما نیازی به انتقال Real time اطلاعات نداریم. مثلاً فرض کنید که در بحث هوشمندسازی چاه‌های کشاورزی، اگر اطلاعات مصرف را من همین الان باید بگیرم یا اگر سه روز دیگر هم اطلاعات یک ماه را بگیرم، اتفاقی نمی‌افتد. در خصوص هوشمندسازی کنتورهای خانگی هم می‌توان چنین روالی را گفت. لزوماً در هوشمندسازی قرار نیست که کنترل در سطح field انجام شود. درست است که در یک‌سری سامانه‌های حیاتی شاید به‌آن نیاز داشته باشیم، اما باز در بخش عمده‌ای از یک میلیون نقطه‌ای که ادعا می‌شود در صنعت آب کشور وجود دارد و اطلاعات آن‌ها حیاتی است برای صنعت آب، یک میلیون نقطه است و شاید درصد بزرگی از آن‌ها، اصلاً لزومی به کنترل در سطح field نباشد. شاید شما بعداً از این استفاده کنید که در لایه‌های مدیریتی، آن را کنترل کنیم. در لایه‌های بالاتر، تصمیم‌گیری بگیریم و در واقع فرهنگ‌سازی کنیم. پس اگر بپذیریم که یک‌سری از این اطلاعات نیازی نیست به‌صورت real time باشند و کنترلش لازم نیست که در این سطح باشد، بحث اینترنت اشیا مطرح می‌شود. ما براساس فرمایشی که آقای دکتر اردکانیان سال ۱۳۹۶ داشتند و در جلسه معارفه خود خیلی تأکید بر پایش و اطلاعات درست کردند، من آن‌زمان مسئول مرکز شبکه هوشمند پژوهشگاه نیرو بودم و تحقیقاتی را در این زمینه شروع کردیم و پروژه‌ای را تحت‌عنوان پایش منابع و مصارف آب مبتنی بر اینترنت اشیا انجام دادیم. این پروژه مفصلی است و چند هزار صفحه مستندات دارد و من وارد این بحث‌ها نمی‌شوم و فقط چند نکته کلیدی در خصوص آن می‌خواهم بگویم. ما درواقع در این پروژه، نگاه کردیم که دنیا چه‌طور نگاه می‌کند به‌آن بخشی که من خدمتان عرض کردم. فناوری‌های مرتبط با این حوزه در دنیا چه هستند؟ کشور ما از نظر این فناوری‌ها در کجا قرار دارد؟ (همان نکته‌ای که آقای مهندس توکلی گفتند)، بخش خصوصی ما آیا این فناوری‌ها را دارد و ما چه کمکی باید به‌آن بکنیم که صاحب این فناوری‌ها شود. حالا وقتی صاحب این فناوری‌ها شد، بخش حاکمیتی ما شرکت‌های آب و فاضلاب و مهندسی آب و فاضلاب کشور، مدیریت منابع آب و غیره، آیا خریدار این محصولات هستند؟ آیا آن‌ها می‌توانند اطمینان کنند به این‌که ما جریان تولید را در داخل کشور می‌توانیم راه‌بیاندازیم و این جریان تولید در واقع می‌تواند نیازهای آن‌ها را برطرف کند؟ آمدیم و

براساس آن تعامل کردیم با شرکت‌های آب و فاضلاب کشور و وزارت نیرو و نهادهای ستادی وزارت نیرو. دیدیم که مشکلات آن‌ها کجاست و سعی کردیم که مشکلات را تطبیق دهیم به نتایج و مطالعات دنیا، که من در ادامه در خصوص آن‌ها صحبت می‌کنم. این مطالعاتی که انجام شده است نهایت منجر شد به کتابچه‌ای که معاونت علم و فناوری آن را چاپ کرد و ان‌شالله در دسترس عموم هم قرار می‌گیرد چون از دیدگاه کسب و کاری به آن پرداخته شده است. این مطالعات ما نشان داد افزایش حجم سرمایه‌گذاری در حوزه آب از ۶/۷ تریلیارد دلار در سال ۲۰۳۰ به ۲۲/۶ تریلیارد دلار در سال ۲۰۵۰ تخمین زده می‌شود. همه قبول می‌کنند که همه آن برای بخش دولتی نیست و حتماً باید بخش خصوصی را ترغیب کنیم که وارد این حوزه شود که بتوان چنین حجم سرمایه‌گذاری ایجاد کرد. بخش عمده‌ای از این هزینه‌ها، در حوزه پایش است.

چرا ما سراغ اینترنت اشیا رفتیم؟ چون پنج چالش مهمی که سیستم اتوماسیون عادی دارند را برطرف می‌کند؛

- تعامل‌پذیری بالا؛
- ارزان بودن بستر ارتباطی: اینترنت الان همه‌جا هست و می‌شود از آن استفاده کرد؛
- امکان پیاده‌سازی از جزء به کل؛
- ساختار سخت‌افزارهای ارزان قیمت و کم انرژی: به‌عنوان مثال می‌شود مدارهای کم مصرف را داشت که با یک باتری حتی تا مدت ۱۵ سال هم کار کنند؛
- مقیاس‌پذیری بالا: اتفاقاً در بخش دومی که خدمتان عرض کردم، ویژگی آن‌ها این است که تعدادشان زیاد است و این مزیت و ارزش افزوده ایجاد می‌کند. رغبت ایجاد می‌کند که شرکت‌های زیادی وارد این حوزه شوند چون تعداد محصولاتی که مورد نیاز هستند، زیاد است.

بررسی کردیم و دیدیم که تحقیقاتی که در دنیا انجام شده است، یک‌سری پایش را مبتنی بر همین اصول مطرح کردند. این‌ها مواردی هستند که خیلی انتقال real time اطلاعات ضروری نیستند. گزارش‌های جهانی، دستاوردهایی را در خصوص اجرای این پایلوت‌ها مطرح کرده بود که ما با تعاملی که با بخش آب کشور داشتیم، این دستاوردها را بومی‌سازی کردیم. نتایج نشان می‌دهد که اجرای این پایلوت‌ها می‌تواند به خیلی از سوالاتی که دغدغه شرکت‌های آبفا است و آن‌ها را منع می‌کند از این‌که کار را گسترش دهند و در ابعاد بزرگ این کار را انجام دهند، در واقع به این سوالات جواب بدهد و نگرانی‌ها را پایین آورد. دیدیم اتفاقاً در همین‌جا، این‌طور رفتار می‌کنند که در واقع دنبال مدل‌های کسب و کار پایدار می‌گردند. مدل کسب و کار پایدار یعنی این‌که

ما یک بسته‌ای را داشته باشیم که در این بسته، یک کاری می‌خواهد انجام شود و با انجام این بسته یک بهینه‌سازی در هزینه‌ها داشته باشیم. آن بهینه‌سازی برای هزینه‌ها در واقع رغبتی می‌شود برای بخش خصوصی که کسب و کار خصوصی را شکل دهد. یعنی بیايد و با یک مدل سرمایه‌ای، یک سرمایه‌گذار وارد شود و شرکت آبفا فقط آن بخش کاهش هزینه‌هایش را به آن پرداخت کند و سرمایه‌گذار کل پول را بدهد، سیستم اجرا شود و از روی اجرای آن، پولی که بر می‌گردد، عملاً پول سرمایه‌گذار هم برخواهد گشت. نتایجی ایجاد خواهد شد که این نتایج می‌تواند ما را کمک کند برای حل چالش‌های بزرگ؛ چون پایلوت‌های کوچک در واقع یک سری اطلاعات به ما می‌دهند. این چرخه، چرخه مبارکی است و این چرخه کم کم می‌تواند، وضع ما را در حوزه آبفا بهتر کند.

طبق گزارش موسسه لوکس ریسرچ، بررسی ۱۵۰ استارت‌آپ برتر فعال در حوزه فناوری‌های آب نشان می‌دهد که تقریباً ۲۵ درصد از استارت‌آپ‌ها در حوزه پایش، پیش‌بینی و کنترل فعالیت می‌کند که از بستر شبکه‌های حسگری و IOT قابل تحقیق هستند. ما ۵۸ پروژه اتحادیه اروپا را بررسی کردیم و دیدیم بخش پایش بخش مهمی است و نشان می‌دهد که اگر با این مدل و همان‌طور که آقای مهندس توکلی‌بنا گفتند، وارد شویم و بخش خصوصی را درگیر کنیم و به بخش خصوصی اعتماد کنیم، عملاً می‌توانیم تحولی را ایجاد کنیم.



دکتر جلیلی قاضی زده:

دوستان تا آقای مهندس مسعودی آماده شوند، من خیلی خلاصه چند نکته را عرض کنم راجع به بحث تعریف. این که ما می‌گوییم هوشمندسازی را تعریف کنیم، این نیست که دنبال کلمات باشیم و تعریف ادبیاتی آن را داشته باشیم. به‌خاطر این که وقتی هوشمندسازی تعریف شود، می‌توانیم براساس آن، برنامه‌ریزی کنیم. تعریفی که من از هوشمندسازی دارم، برای حالا حداقل تأسیسات آب و فاضلاب، خیلی ساده است. ما می‌توانیم بگوییم، هوشمندسازی در پنج مرحله می‌تواند اتفاق بیفتند. مرحله اول این‌طور است که از سنسورها شروع می‌شود. یعنی شبکه‌ای هوشمند است که بتواند در فیلد، سنسور داشته باشد و اندازه‌گیری کند. این اولین لایه هوشمندسازی می‌تواند محسوب شود. لایه

دوم این است که اطلاعاتی که این سنسورها، جمع‌آوری می‌کنند، بتوانند این اطلاعات را ارسال کنند و این اطلاعات نه به‌شکل خام، بلکه به‌صورت نمودارها یا منحنی‌های قابل فهم برای بهره‌برداران استفاده شود. من چون معلم هستم، خیلی ساده مطالب را بیان می‌کنم. لایه سوم آن است که بهره‌بردار بتواند از محل تله‌متری به تأسیسات فرمان دهد. یعنی تأسیسات از طریق این فرمان، عمل کنند. مرحله چهارم که در واقع بیشتر بحث دوستان درخصوص آن بود، این است که این دیتاهای فراوانی که ما از فیلد جمع‌آوری می‌کنیم، این دیتاها چه‌طور تحلیل شوند و وقتی تحلیل شدند، حالا با نرم‌افزارهای ریاضی، با الگوریتم‌های بهینه‌سازی و با مدل‌هایی که دوستان به آن‌ها اشاره کرده‌اند، بهترین دستور را به بهره‌بردار پیشنهاد دهند.

همان‌طور که دوستان فرمودند به دلیل پیچیدگی‌هایی که ما در شبکه‌های آب و فاضلاب داریم، این که یک شخصی بگوید من تجربه زیادی دارم و می‌توانم بهره‌برداری بهینه‌ای داشته باشم، امکان‌پذیر نیست. روی بهینه‌سازی انرژی، بهینه‌سازی پارامترها، خروجی این نرم‌افزارها، دستور بهینه باشد. آخرین مرحله‌ای که پیشرفته‌ترین مرحله است، این است که بعد از این که این دستورات چک شدند، این دستورها بتوانند به‌صورت خودکار روی تأسیسات آب و فاضلاب عمل کنند؛ یعنی درواقع ما شخص اپراتوری نداشته باشیم. بدین‌صورت که داده‌ها برداشت شده و ارسال، تحلیل و بهینه می‌شود و بهترین دستور داده می‌شود و از طریق سامانه ارتباطی روی تأسیسات آب و فاضلاب پیاده می‌شود و تأسیسات به‌صورت بهینه به‌کار خود ادامه می‌دهند.

این تعریف را من از این‌نظر گفتم که دوستان، در شرکت‌ها ما باید این مراحل را پشت سرهم بگذاریم. اولاً طبق این تعریف، من می‌توانم عرض کنم که شاید در دنیا ما یک شبکه هوشمند کامل نداشته باشیم. این یک افق و دید است و ممکن است اگر الان شروع کنیم، ۲۰ سال دیگر به آن برسیم. اما دقت کنید که مراحل بدین ترتیب است. ما مشکلی که در شرکت‌ها داریم، این است که می‌بینیم شرکت‌هایی که مثلاً مراحل اول را طی نکردند، یک دفعه راجع به مراحل آخر صحبت می‌کنند. بعد هزینه زیادی انجام می‌دهند، سرمایه‌گذاری می‌کنند و بعد می‌بینند که نتیجه خوبی هم دریافت نشد. خیلی از شرکت‌ها با من صحبت کردند که ما چندسال است در حال جمع‌آوری داده هستیم ولی نمی‌دانیم با این داده‌ها، چه کنیم.

این لایه‌ها و این ساز و کارها که برای هوشمندسازی تعریف شده است، مهم‌ترین بخشی هستند که شرکت‌های آبفا باید به آن توجه کنند.

مطالعات و پژوهش‌هایی در زمینه هوشمندسازی در سطح بین‌المللی انجام شده است. چندسالی است که شرکت‌های آب و فاضلاب روی بسترهای داده کار کرده‌اند و یک‌سری داده‌های زیادی در آبفا تولید می‌شود که نمی‌دانیم یا نمی‌توانیم چه‌طور استفاده کنیم. یعنی به سمت تورم داده می‌رویم. لذا بحث پایش داده‌ها بسیار مهم است که در صنعت مورد نیاز است.

دکتر جلیلی قاضی‌زده:

خیلی ممنون آقای مهندس مسعودی. با توجه به کمبود وقت چون دوستان منتظر پرسیدن سوالات هستند، من خواهش می‌کنم که اعضای پنل فقط دو دقیقه و ترجیحاً بدون اسلاید، جمع‌بندی و چالش‌ها را مطرح کنند.

آقای مهندس طباطبائی:

دستاوردهای کلان هوشمندسازی به قرار زیر است:

- بومی‌سازی تکنولوژی شبکه‌های هوشمند بزرگ ابعاد در صنعت آب؛
- ایجاد بستری مناسب برای مدیریت تامین آب در شرایط بحران؛
- ایجاد ساختار تعمیرات پیشگویانه در حوزه تجهیزات و سنسورها؛
- ارتقای سطح علمی نیروها و کارشناسان حوزه‌های مرتبط و ثبت دانش نخبگان؛
- ایجاد یک مدل هیدرولیکی پایدار و به روز. چالش‌های پیش‌رو در زمینه هوشمندسازی عبارتند از:
- کمبود بودجه و فقدان سرمایه و اعتبار کافی برای اجرا و عملی کردن پروژه: آن‌چه که هست الان با توجه به شرایط مملکت، با روش‌های معمولی، امکان تامین بودجه برای ما مهیا نیست پس باید روش‌ها و مدل‌های مالی جدیدی برای تحقق این پروژه‌ها که هزینه‌بر هستند داشته باشیم. هرچند که می‌توانیم از بعد هزینه به آن نگاه نکنیم چرا که بازگشت سرمایه را خواهند داشت؛
- وابستگی تکنولوژی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری به خارج از کشور: اتکا به شرکت‌های دانش بنیان را می‌طلبید. شاید تنها ۱۰ درصد نقاط مدنظر ما کلید و حیاتی باشد ولی ۹۰ درصد آن حساسیت پایینی داشته و می‌توان از تجهیزاتی استفاده کرد و هم‌زمان با ایجاد بستر برای ورودی و نفوذ تجهیزات



آقای مهندس مسعودی:

عرض سلام و ادب و احترام دارم خدمت همه همکاران، محققین، دانشجویان محترم و خیلی خوشحالم که در این جمع، خدمت اساتید بزرگوار خودم، درس پس می‌دهم. به‌عنوان کسی که در شیراز ساکن است، تشکر ویژه‌ای دارم از جناب آقای دکتر بیدختی و دکتر افضلی و دکتر تابش که ما این‌جا از نزدیک شاهد بودیم که چقدر تلاش کردند برای برگزاری کنگره.

می‌خواهم وارد بحث هوشمندسازی بشوم. مباحث به‌صورت تخصصی بیان شد و من خیلی وارد مباحث تخصصی نمی‌شوم و می‌خواهم خیلی ساده مسئله را مطرح کنم. این‌که آیا ما نیاز به هوشمندسازی داریم؟ جواب بله است. قاندا را می‌خواهم از این وجود ندارد. تنها راهی که وجود دارد تا به یک سیستم پایدار توزیع برسیم، این است که به سمت هوشمندسازی حرکت کنیم. این‌که آیا هوشمندسازی یک مقصدی است که قرار است ما الان حرکت کنیم و فردا به آن برسیم؟ جواب آن خیر است. به‌نظر من هوشمندسازی، یک مسیر و فرآیند است که باید طی شود تا چالش‌های کنونی شرکت‌های آبفا رفع شود. هوشمندسازی مانند نوری است که باید به سمت آن حرکت کرد و باعث همگرا کردن سایر فعالیت‌ها می‌شود. در حوزه بهره‌برداری و صنعت آب خیلی از کارها را انجام می‌دهیم که این کارها، نیاز دارد که به یک نقطه‌ای همگرا شود. یعنی شما تصور کنید که مباحث نرم‌افزاری، مدل‌های هیدرولیکی و مدیریت فشار در نقطه‌ای به نام هوشمندسازی همگرا می‌شوند. پس هوشمندسازی می‌تواند سایر فعالیت‌های ما را همگرا کند. در مسیر هوشمندسازی با مسائلی روبرو خواهیم بود و چالش‌هایی خواهیم داشت، اما به اهدافی خواهیم رسید مانند مدیریت توزیع، اطلاعات، نشت، انرژی و غیره. مطالعات و پژوهش‌هایی در زمینه هوشمندسازی انجام شده است. اگر کلمه Smart و Intelligent را در Science Direct بزنیم حدود ۳۲ هزار مطالعه در این حوزه انجام شده است. اگر کلمه Water را به آن اضافه کنیم می‌رسیم به ۹۸۰۰ پژوهش و اگر Smart Water System را جستجو کنیم، می‌رسیم به ۴۰۰۰ هزار پژوهش. حالا اگر ساختار و تعریف بگذاریم، می‌رسیم به حدود ۳۲ مقاله. نمی‌توانیم ساختار تعریف نکنیم، دستورالعمل تعریف نکنیم و سراغ هوشمندسازی برویم. از نظر من این ساختار،

- داخلی، امکان ارتقای تولیدات داخل هم مهیا خواهد شد؛
 - پیچیدگی طراحی و اجرا (نیاز به ترکیبی از دانش علوم پایه و مهندسی)؛
 - عدم دانش و تجربه کافی در بدنه کارفرما و مشاوران؛
 - عدم وجود زیرساخت‌های مناسب؛
 - نداشتن اطلاعات منسجم و مدل هیدرولیکی کالیبره منطبق با نیاز سامانه‌های هوشمند.
- نکته آخر این که ما می‌خواهیم به شهر هوشمند برسیم و باید هم برسیم. هم‌زمان و هم‌گام با دنیا باید حرکت کنیم. شبکه هوشمند، بخشی از کل است و اندرکنش با دیگر حوزه‌های خدمات شهری هستند. اگر امروز برای آینده برنامه‌ریزی و آینده‌پژوهی نکنیم و در راستای بومی‌سازی صنعت آب گام موثری برنداریم، فرصت را از دست داده و در آینده برده تکنولوژی کشورهای پیشرفته خواهیم شد.

آقای مهندس توکلی بینا:

من سلام مجدد دارم و جمع‌بندی می‌کنم مطالب را در سه محور. آن چه که من به چشمم می‌خورد، این است که ما الان برای این که پروژه‌های اسکادا یا هوشمندسازی در کشور توسعه یابد، باید اهمیت آن در تراز سایر مسائل صنعت آب و فاضلاب کشور قرار گیرد. بحث تامین آب و مدیریت تنش آبی، توسعه فاضلاب و تنوع منابع مالی جزء مسائل بسیار مهمی است که از سوی وزارت نیرو و دستگاه‌های بیرونی و داخلی در تراز اول مطالبه‌گری قرار گرفته است. من اعتقاد دارم که بحث هوشمندسازی هم باید در همین تراز قرار گیرد. جمله معروفی وجود دارد و آن این است که اگر بخواهیم کار خود را مدیریت کنیم، باید بتوانیم آن را اندازه‌گیری کنیم. ما اگر بحث هوشمندسازی را انجام دهیم، در بحث تامین، دیگر از تراز اول مطالبه‌گری خارج می‌شویم چون یک‌سری از جاها نیاز به تامین آب نداریم، به دلیل این که میزان هدررفت کاهش یافته است. پس این را جمع‌بندی می‌کنم که ما حتماً باید تراز مطالبه‌گری خود را در بحث هوشمندسازی در رتبه همان مولفه‌های قبلی قرار دهیم و در بحث تامین مالی، ابتکار عمل و ریسک‌پذیری داشته باشیم. نکته بعدی این است که طبق تجربه من، یکی از مسائلی که در بحث هوشمندسازی کمتر به آن پرداخته می‌شود، بحث تامین رضایت و نفع مشتریان ما است. ما وقتی نمودارهای فشار و دبی شبکه را به صورت ترکیبی بررسی می‌کنیم، می‌بینیم مستقیماً با رضایت ارباب رجوع نسبت همبستگی بالایی دارد. من اعتقاد دارم باید هوشمندسازی را از شبکه‌های آب شهری شروع کنیم، چون مستقیماً رضایت ارباب رجوع را نشان می‌دهد.

آقای مهندس مسعودی:

از مواردی که می‌توان به عنوان چالش‌های اساسی مطرح کرد، یکی این موضوع است که از نظر من، هوشمندسازی یک مشکل فنی در شرکت‌های آب و فاضلاب نیست بلکه یک مشکل مدیریتی است. موضوع مهم، در هوشمندسازی، بحث بازگشت سرمایه است که نگران‌کننده بوده و شاید توجه مدیریتی را سخت می‌کند. این کمک خواستن از دانشگاه است که می‌تواند در این موارد ورود کند و این چالش‌هایی که الان شرکت‌های آب و فاضلاب روبرو هستند را حل کند. امنیت سایبری موضوع مهم دیگری است که ممکن است به دلیل آن، هوشمندسازی پیاده‌سازی نشود. نکته مهم تورم داده است که شرکت‌ها با آن روبرو هستند. شرکت‌ها به این سمت رفتند که سنسور نصب کنند و محل سنسور هم هنوز الگوی خاصی ندارد. فقط یک ردیف بودجه دیده می‌شود و یک اتفاق خاصی می‌افتد و آن همگرایی که من عرض کردم در این مسائل نیست. وقتی صحبت از همگرایی می‌کنیم، این است که اگر می‌خواهید پیچی را به یک شبکه اضافه کنید باید جای این پیچ یا سنسور از قبل بررسی و مشخص شده باشد و با افق دید این اتفاق بیفتد. نیاز به ورود دانشگاه به این موضوع است.

آقای دکتر غرویان:

درخصوص چالش‌های هوشمندسازی می‌توان به مواردی هم‌چون قیمت پایین آب (که توجه مدل کسب و کار پروژه‌های هوشمندسازی را تحت تأثیر قرار می‌دهد)، نبود قوانین تسریع‌گری و عدم اعتماد به بخش خصوصی و سرمایه‌گذاران و لزوم تغییر نگاه به موضوع هوشمندسازی اشاره کرد. این که بقیه ذی‌نفعان مثل معاونت علمی و فناوری، صندوق نوآوری، وزارت ICT می‌توانند همه جزء ذی‌نفعان این کار باشند.

آقای مهندس تقوایی:

بنده هم چون فرصت کم است، می‌خواستم یک‌سری از اتفاقاتی که در کشور افتاده است را عرض کنم. در کشور کارهای خوبی انجام شده است. در حوزه هوشمندسازی با نخبگان طرف هستیم. باید نوع برداشت خود را از مهندس مشاور به یک فرآیند پژوهشی دانشگاهی و البته عملگر تغییر دهیم که بتوانند بهتر تعامل کنند. در حوزه نرم‌افزار در بحث هوشمندسازی، هم‌تراز با دنیا حرکت می‌کنیم ولی شرکت‌های آبفا باید زیرساخت‌های سخت‌افزاری خود را ارتقا دهند تا بتوانند از این حوزه‌های نرم‌افزاری استفاده کنند. صندوق نوآوری شکوفایی و معاونت علمی شرایط خوبی را برای استفاده از هوشمندسازی دارند و لیزینگ‌های سه‌ساله‌ای را

شبکه‌های توزیع چون دفنی است تقریباً نشدنی است که اطلاعات GIS کاملی را از شبکه داشته باشیم و کاری بسیار پرهزینه‌ای است. تکنولوژی که در دنیا الان روی آن مرسوم است، یک روش داده‌کاوی است که یک هم‌بستگی بین سنسورها که در نقاط ژرف شبکه حتماً باید باشند که خودش از سه روش ایجاد می‌شود با پمپ‌ها و شیرهای فشارشکن و شیرهای بعد از مخازن، یک ارتباط همبستگی ایجاد می‌کند و تقریباً بالای ۹۵ درصد جوابش دقیق است و آن عدم دقتش را در سطح مخزن ذخیره می‌کنند که مشکلی برای حوزه بهره‌برداری ایجاد نشود. پس حوزه GIS برای شبکه‌های توزیع آب برای فشار بدون داشتن اطلاعات مکانی شدنی است.

آقای دکتر غرویان:

در مورد بستر ارتباطی اینترنت اشیا یعنی mbiot یا lora، اگر درواقع جایی باشد که اینترنت یا اینترنت در دسترس باشد، lora بهتر است، چون هزینه‌های زیادی ندارد. خصوصاً اگر تعداد نقاط زیاد باشد، می‌توان با یک آنتن تعداد زیادی را پوشش داد. اما اگر فقط بستر، بستری که شبکه‌های اپراتورها فراهم می‌کنند باشد، به‌نظر می‌آید باید همان mbiot را استفاده کرد که در واقع بستر رسمی اپراتورها است.

دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

یک توضیح را آقای مهندس هنری فرموده‌اند درخصوص مطالب دکتر غرویان: "با توجه به تاکید ایشان درخصوص به‌کارگیری ظرفیت‌های بخش خصوصی، اخیراً معاونت بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، شرح خدمات مبتنی بر عملکرد را تهیه نمودند که یکی از جایگاه‌های استفاده از این قراردادها، برای استفاده از پتانسیل بخش خصوصی در همین مورد است."

یک سوال دیگر این است که "باتوجه به این‌که موضوع هوشمندسازی و اجرای اسکادا، از دو بخش کنترل و مانیتورینگ تشکیل شده است، در بخش مانیتورینگ مشکلی وجود ندارد، اما درخصوص کنترل، عوامل بازدارنده زیادی از جمله حوزه پدافند و غیره وجود دارد که مسئله کنترل و اجرای فرمان را بسیار محدود می‌کند". در واقع ایشان اشاره کردند که بحث امنیتی و پدافند محدودیت ایجاد می‌کند.

آقای مهندس توکلی بی‌نا:

سوال خوبی می‌کنند. بخش کنترل اهمیت دارد و بخش هوشمندسازی با کنترل به‌بار می‌نشیند. حتماً باید جلساتی را با دوستان افتا، دوستان پدافند غیرعامل و سازمان رادیویی داشته

در اختیار قرار می‌دهند که این‌ها خیلی کمک‌کننده است. شرکت‌ها به‌نظرم به‌یک بلوغ نسبی رسیده‌اند که بتوانند به‌صورت BOT وارد این قراردادها شوند. من مهم‌ترین چالش را نگرانی مدیران ارشد می‌بینم. بالاخره اتفاقات مثبتی افتاده است. اگر می‌خواستم در خصوص هوشمندسازی ۵ سال پیش صحبت کنم، باید از افعال مضارع استفاده می‌کردیم که خواهیم کرد و غیره، اما الان با ادبیات ماضی صحبت می‌کنیم که شده است و یکی از اتفاقات خوبی که در حوزه آبفای مشهد اتفاق افتاده است، یک آزمایشگاه هوشمندسازی دیسپاچینگ با همکاری پارک علم و فناوری خراسان شکل‌گرفته است که دوستان می‌توانند دستاوردهای آن را مشاهده کنند.

دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

درخصوص علل کاهش سرعت هوشمندسازی در شبکه‌های آبفای، یک پروژه تحقیقاتی که کارفرمای آن شرکت آب و فاضلاب منطقه یک تهران بود، انجام شد. در این پروژه، عوامل مختصری نظیر عوامل مدیریتی، عوامل اطلاعاتی، عوامل اعتباری و بودجه، عوامل انسانی، عوامل بهره‌برداری، اجرایی، طراحی و قراردادی مورد بررسی قرار گرفتند. نتیجه این تحقیق نشان داد که عامل اول در کاهش سرعت هوشمندسازی، عوامل مدیریتی است و عامل اعتباری و بودجه در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این تایید صحبت بقیه همکاران است که فرمودند دیدگاه مدیریتی درخصوص این موضوع بسیار مهم است.

پرسش و پاسخ

دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

من سوالات را به‌ترتیب می‌خوانم تا دوستان پاسخ دهند. سوال اول این است که مکانیزم و بستر نرم‌افزاری برای هوشمندسازی شبکه توزیع چه اندازه نیازمند ایجاد زیرساخت اطلاعات مکانی است؟ تله‌متری از چه زیرساختی استفاده می‌کند؟ یک سوال دیگری که شبیه این سوال است و آقای دکتر پورکریمی پرسیدند، این است که با توجه به تجربیات ارزنده دوستان، بهترین بستر ارسال دیتا کدام است؟ آیا امنیت اطلاعات آنقدر حائز اهمیت است که هزینه‌های انرژی زیادی در این زمینه صرف می‌شود؟ این سوال را فکر کنم آقای مهندس تقوایی و آقای دکتر غرویان بهتر است پاسخ دهند چون راجع به بستر اطلاعاتی است.

آقای مهندس تقوایی:

در شبکه‌های تامین آب، حتماً اطلاعات GIS لازم است، چون حساسیت بسیار بالا است و شبکه بسیار پیچیده می‌شود. در

باشیم و این موضوع را حل کنیم و دوستان سردرگم این مسائل نباشند.

آقای دکتر غرویان:

من یک نکته خدمت دوستان عرض کنم. خیلی از اطلاعاتی که در شبکه‌های آب و فاضلاب است، اهمیت دانه‌ای وجود ندارد. مثلاً اطلاعات یک مشترک صرف، اهمیت زیادی ندارد و مجموعه‌ای از آن‌ها است که با هم مفهوم را می‌سازد. پس نکته‌ای که دوستانم در خصوص تراکنش مالی گفتند، حتماً این اهمیتش از آن کمتر است و درواقع با تعامل با سازمانی مثل پدافند غیرعامل و افتا، این‌ها قابل حل است و نباید دغدغه‌ای در این خصوص وجود داشته باشد.

دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

من سوال دیگر را با توجه به این‌که وقت در حال اتمام است، می‌خوانم تا دوستان پاسخ دهند و بعد جمع‌بندی را انجام می‌دهیم. آقای مهندس کاظم امامی سوال فرمودند که: "وضعیت هوشمندسازی در حال حاضر در کشور در چه نقطه‌ای قرار دارد؟ چه نمونه‌هایی و در کجا عملیاتی شده است؟" من خواهش می‌کنم دوستان این پاسخ را گسترده‌تر بدهند که فکر می‌کنید کشور ما در بخش هوشمندسازی در چه جایگاهی است؟

آقای مهندس توکلی بینا:

من فکر می‌کنم که اگر بخواهیم جواب این سوال را به صورت کمی بدهیم، به نظر من شاید کسی نتواند دقیق آن را بگوید. ولی به صورت توصیفی، این قابل تقدیر است که تقریباً تمام استان‌ها، به سمت هوشمندسازی حرکت کرده‌اند و پروژه‌های پایلوت‌ها را انجام داده‌اند. برخی از کلان‌شهرها بهتر کار کردند و برخی از آن‌ها، عقب‌تر هستند. اما کم‌کاری و خلاءهایی در صنعت آبفا وجود دارد.

دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

آقای مهندس موسی‌خانی سوال فرمودند که: "سه ضلع زیرساختی هوشمندسازی در مرحله اول Metering، GIS و SCADA است. حال چه‌طور GIS در شبکه نیاز نیست؟ درحالی‌که عدم وجود رفتار هیدرولیکی شبکه و غیره، امکان مدیریت نمی‌دهد؟ گاهی ممکن است عدم به‌روزرسانی شبکه آب مثلاً کلیه مرزهای پهنه‌ها را جابه‌جا نماید و تصمیم‌ها را دچار چالش کند". آقای مهندس تقوایی فکر کنم این سوال را از شما پرسیدند.

آقای مهندس تقوایی:

آقای مهندس تقوایی:

اگر اجازه دهید من یک نکته کوتاه عرض کنم. سیستم‌های DSS یعنی سیستم‌های تصمیم‌یار تا حدی این قضیه را برطرف می‌کنند. چون فرمانی صادر نمی‌شود و فقط کافی است طراح به جای نقطه‌ای فرمان دادن یعنی به صورت لحظه‌ای، بازه‌ای قضیه را ببیند و این اتفاق را می‌تواند کنترل کند. این را دوستان اگر دقت داشته باشند، به نظر من می‌تواند تا یک حدی کارشان را جلو ببرد. قاعدتاً فرمایش آقای توکلی بینا، حتماً باید اتفاق بیافتد ولی می‌توانیم متوقف نباشیم و به سمت سیستم‌های تصمیم‌یار برویم و به صورت بازه‌ای همان فرمان را توسط اپراتور اعمال کنیم.

دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

آقای مهندس مرادی سبزکوهی یک کامنتی داشتند: "شرکت‌های آبفا لازم است که دو نکته مهم را بنابر فرمایشات عزیزان مدنظر بگیرند؛ ۱- آموزش فنی و تخصصی نیروهایی که قرار است، بهره‌برداری را به دست بگیرند (هم در بخش دولتی و هم در بخش خصوصی)؛ ۲- نسخه واحدی برای طرح هوشمندسازی شبکه‌ها، پیچیده نشود. علاوه بر این لازم است که طرح‌های هوشمندسازی هم در مرحله طراحی و هم در مرحله اجرا سطح‌بندی شود". این موضوع مهمی است و من صحبت‌های زیادی از دوستان در شرکت‌های آبفا می‌شنوم درخصوص این‌که شرکت‌ها با یک‌سری پیمانکارانی که خدمات ارائه می‌دهند، قراردادهایی را می‌بندند ولی این قراردادهای در یک پروتکل کلی در کشور نیست. یعنی جزیره‌ای عمل می‌شود و بعد از چندسال می‌بینند که نتایج قابل استفاده نبوده است.

آقای مهندس نیکروان فرمودند که "سال‌ها است که در محیط ناامن اینترنت، تراکنش‌های بالای مالی اتفاق می‌افتد. مگر نمی‌شود که استانداردهای امنیت انتقال اطلاعات مثل رمزنگاری را داخل شبکه IOT اجرا کرد؟" یکی از دوستان که آماده هستند به این سوال پاسخ دهند.

آقای مهندس توکلی بینا:

ببینید به نظر من تمامی این‌ها شدنی است. الان مثلاً در بستر GPRS، سرویس APN را در تهران استفاده کردیم. بالاخره این‌ها، دالان‌های انتقال اطلاعات را امنیت‌بخشی می‌کند. فقط باید با سازمان‌های ذی‌ربط وارد مذاکره شد و برنامه داشته باشیم.

عرض کردم در حوزه تامین حتما GIS لازم است و مجدداً هم عرض می‌کنم. در حوزه شبکه‌ها، شرکت‌های متفاوتی کار کرده‌اند و جواب‌های آن‌ها موجود است. این که یکی از روش‌های مدل‌سازی این است که یک مدل هیدرولیکی باید داشته باشم که مبتنی بر GIS باشد. یکی دیگر از روش‌های مدل‌سازی این است که بین نقاط ژرف همبستگی می‌گیریم. یعنی ابتدا نقاط ژرف را تشخیص می‌دهیم که خودش از سه روش حاصل می‌شود. نقاط ژرف یعنی نقاط بحرانی من که در شب بیشترین فشار و در روز کم‌ترین فشار را دارد و یک سری actuator ها مثل چاه‌های محلی، بوستر پمپ‌ها، ارتفاع مخازن، شیرهای مخازن و فشارشکن، یک همبستگی ایجاد می‌شود. در یک بازه زمانی مثلاً شش ماهه، سیستم را آموزش می‌دهد و بعد یک جدولی تشکیل می‌دهد که می‌گوید در هر شرایطی، بهترین تصمیم به چه صورتی است. چون یک عدم قطعیت حدوداً ۵ درصد در دنیا برآورد می‌کنند، وجود دارد، آن‌را در سطح مخازن و برای ایمنی فشار در نظر می‌گیرند که موضوع در بهره‌برداری به هیچ عنوان دچار مشکل نشود. یک کار مفصلی در شرکت ما انجام دادیم. دوستان اگر علاقه‌مند هستند، تشریف بیاورند و کاملاً می‌توانیم به آن‌ها نشان دهیم که این همبستگی روی پهنه چگونه است. هم‌چنین اگر متوجه شود که سنسوری متأثر از پهنه دیگر است و شیری برای آن متصور نیست، یک پهنه‌بندی جدید در الگوریتم انجام می‌دهد و این مشکل را برطرف می‌کند.

دکتر جلیلی قاضی‌زاده:

اجازه بدهید که اول من تشکر کنم از دوستانی که در نشست تشریف آوردند و هم‌چنین از حاضرین که خوشیختانه استقبال خوبی از نشست شد و من دیدم آمار به ۱۰۰ نفر رسید. از دبیر محترم کنگره، آقای دکتر طالب بیدختی، هم‌چنین از آقای دکتر تابش و از انجمن آب و فاضلاب لازم است که تشکر کنم. برای جمع‌بندی، دوستان همه اعتقاد داشتند که اجرای هوشمندسازی، ضروری و اجتناب‌ناپذیر بوده و نیاز به ورود بخش خصوصی در قالب پارک علم و فناوری و غیره دارد. در این زمینه، پروتکل‌های امنیتی، سامانه‌های استاندارد و ریسک‌های سایبری باید مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین قیمت پایین آب همیشه می‌تواند یک سد و مشکل در دسترسی به اهداف هوشمندسازی باشد. نگاه مدیران ما در خصوص هوشمندسازی نیز باید به‌روز شود و احتیاج داریم که مدیران با این موضوع کاملاً آشنا باشند و به آن اعتقاد پیدا کنند.

رتبه سوم پنجمین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۹ در مقطع کارشناسی ارشد
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشگاه تهران

دانشکده مهندسی عمران

بررسی پارامترهای مؤثر بر آب بدون درآمد با استفاده از شبکه بیزین

نگارش: نیوشا راثی فقیهی

استاد راهنما: دکتر مسعود تابش

تاریخ: اسفند ۱۳۹۵

چکیده

کشور ایران با توجه به شرایط اقلیمی دارای محدودیت شدید منابع آب و افزایش سریع نیازهای آبی است. هم‌چنین وقوع انواع تهدیدات ناشی از طراحی و بهره‌برداری در شبکه‌های توزیع آب شهری در زمان بهره‌برداری امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین شناسایی دقیق پارامترهای طراحی و عملکردی مؤثر بر پیدایش و افزایش آب بدون درآمد و کاهش میزان تأثیر این پارامترها، از جمله راه‌کارهای کارآمد در مدیریت بهینه شبکه توزیع آب شهری و حفظ منابع مالی است. آب بدون درآمد میزان تفاوت بین حجم آب ورودی به سیستم و مصرف مجاز با قبض است که شامل دو بخش اصلی تلفات ظاهری و تلفات واقعی است. تاکنون مطالعات بسیار محدودی به این موضوع و عوامل تشدیدکننده آن پرداخته است.

در این تحقیق پارامترهای مؤثر بر اجزای آب بدون درآمد شناسایی شده و با استفاده از شبکه بیزین میزان تأثیر آن‌ها در کاهش آب بدون درآمد و اجزای آن بررسی شد. در ابتدا با استفاده از مراجع داخلی و بین‌المللی و تجربه متخصصین در حوزه شبکه توزیع آب، عواملی که در پیدایش اجزای آب بدون درآمد نقش دارند، شناسایی شدند. برای بررسی کارایی مدل پیشنهادی، منطقه تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب منطقه ۴ تهران به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. سپس برای جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز در مورد وضعیت پارامترهای شناخته‌شده در منطقه مورد مطالعه، از نظر افراد آگاه به شرایط شبکه توزیع آب منطقه موردنظر استفاده شد. برای این منظور میزان شدت رخداد هر پارامتر در قالب پرسشنامه و به تفکیک تلفات ظاهری و تلفات

واقعی مورد پرسش قرار گرفت.

با توجه به فقدان داده کافی و اطلاعات دقیق در مورد وضعیت اجزای آب بدون درآمد در منطقه مورد نظر، عدم قطعیت بالایی بر مسئله حاکم بود. بنابراین برای در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود و مدل کردن روابط احتمالاتی میان پارامترها، از شبکه بیزین به‌عنوان ابزار مدل‌سازی استفاده شد و داده‌های پرسشنامه نیز به‌عنوان ورودی مدل بیزین مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت برای آن‌که نتایج مدل شبکه بیزین در صنعت آب و فاضلاب مورد استفاده قرارگیرد و مسئولین و تصمیم‌گیرندگان در شرکت‌های آب و فاضلاب بتوانند با صرف کمترین هزینه و زمان آب بدون درآمد را کاهش دهند، بر روی نتایج مدل بیزین، تحلیل حساسیت انجام شد. در نهایت پارامترهای مؤثر شناسایی شده براساس میزان اثرگذاری بر اجزای بالادست خود (شامل تلفات ظاهری و واقعی و اجزای اصلی آن‌ها) رتبه‌بندی شدند.

نتایج مدل‌سازی علاوه بر رتبه‌بندی پارامترهای شناخته شده، نشان داد که در بخش تلفات ظاهری، "انشعابات غیر مجاز" و "خطای پرسنلی" به‌ترتیب بیشترین و کمترین اولویت را برای کاهش تلفات ظاهری داشتند. در بخش تلفات واقعی نیز "نشت مرئی" نسبت به "نشت نامرئی" از اهمیت بیشتری در کاهش تلفات واقعی برخوردار بود. ضمناً نتایج مدل شبکه بیزین، اولویت بالاتر تلفات ظاهری نسبت به تلفات واقعی برای کاهش آب بدون درآمد را نشان داد.

کلمات کلیدی: آب بدون درآمد، پرسشنامه، تلفات ظاهری، تلفات واقعی، شبکه بیزین، عدم قطعیت

رتبه دوم پنجمین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۹ در مقطع دکتری
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشکده بهداشت

شبیه سازی انتشار آلودگی شیمیایی در شبکه توزیع آب شهری با استفاده از نرم افزار EPANET و الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

نگارش: رویا پیروی مینایی

استادان راهنما: دکتر مهدی مختاری و دکتر مجتبی افشارنیا

استادان مشاور: دکتر علیرضا مقدم، دکتر علی اصغر ابراهیمی و دکتر محسن عسکری شاهی

تاریخ: نیمسال دوم ۱۳۹۷-۱۳۹۸

چکیده

مقدمه و اهداف: امنیت آب از مسائل مهمی است که می تواند در پی تزریق یک آلاینده سمی در آب شرب یک شهر به عنوان نمونه در پی یک حمله تروریستی به خطر افتد. در صورتی که شبکه فاقد یک مدیریت مناسب برای برقراری امنیت در مقابل این تهدید باشد، تمام جمعیت یک شهر می توانند از آسیب دیدگان چنین حادثه ای باشند.

در مطالعات پدافند غیرعامل، اولین گام در هر سامانه هشدار و کنترل آلودگی؛ تشخیص سریع منبع آلودگی است. بدین منظور ضروری است که در زمان هایی غیر از وقوع بحران راه حل هایی تحت عنوان پدافند غیرعامل برای تاسیسات در دست مطالعه و همچنین تاسیسات موجود، اندیشیده شود. یکی از این تدبیرها شبیه سازی ورود آلودگی به شبکه و ارائه راه کارها و اقدامات لازم برای به حداقل رسانی اثرات آن بر سلامت مصرف کنندگان است؛ که در این مطالعه بر روی دو شبکه مرجع و واقعی پیاده سازی شد.

مواد و روش ها: در این تحقیق برای مدل سازی هیدرولیکی و کیفی شبکه از نرم افزار EPANET 2.0، برای واسنجی هیدرولیکی و کیفی شبکه از الگوریتم های ژنتیک (GA)، بهینه سازی ازدحام

ذرات (PSO) و هیبرید این دو الگوریتم (HGAPSO) و به منظور مدیریت آلودگی شبکه از الگوریتم (PSO) استفاده شد. برنامه نویسی برای کلیه بخش های پایان نامه در محیط نرم افزار MATLAB(R2017a) صورت گرفت.

دو شبکه مرجع و یک شبکه واقعی مورد بررسی قرار گرفت. در واسنجی هیدرولیکی و کیفی به ترتیب فشار و کلر آزاد باقی مانده موجود در گره های شبکه به عنوان پارامتر انتخابی برای اندازه گیری در میدان (داده مشاهداتی) و شبیه سازی در نرم افزار و ضریب زبری هیزن ویلیامز (C_{HW}) و ضرایب زوال دیواره (k_w) لوله ها نیز به ترتیب فاکتورهای انتخابی برای واسنجی مدل هیدرولیکی و کیفی شبکه بود. در مورد شبکه واقعی میزان ضریب زوال دیواره (k_w) برای لوله های شبکه براساس چهار سناریوی مختلف با استفاده از الگوریتم PSO و GA و HGAPSO با هدف حداقل کردن خطا در پیش بینی غلظت کلر باقی مانده شبیه سازی و مشاهداتی کالیبره شد. در این مطالعه بازه مجاز ضریب زوال دیواره کلر براساس قطر و جنس لوله ها در نظر گرفته شد.

در این پژوهش رویکرد مدیریت بهینه آلودگی شیمیایی در شبکه توزیع آب تحت چندین سناریو مورد بررسی قرار گرفت. در هر سناریو سه راه کار مدیریتی بستن لوله، باز نمودن شیر

نتایج: در شبکه مرجع اول میزان ضریب زوال دیواره کلر برابر با ۱/۲۳۳ متر در روز طی واسنجی کیفی محاسبه شد. حداقل و حداکثر اختلاف بین میزان غلظت‌های کلر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده به ترتیب صفر و ۰/۱۸ بود. اختلاف بیش‌تر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر تنها در هفت گره مشاهده شد و در هیچ‌یک از گره‌ها اختلاف از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر تجاوز نکرد. در نتیجه واسنجی هیدرولیکی شبکه واقعی میزان توابع هدف MSE، SSE و RMSE برای تمامی فشارهای مشاهداتی و شبیه‌سازی به ترتیب برابر با ۱۵/۶۵، ۳/۹۵ و ۰/۰۰۵ بود. در نتیجه واسنجی کیفی شبکه واقعی مقادیر تابع هدف SSE برابر با ۰/۰۴۵، MSE برابر با ۰/۰۰۵ و RMSE برابر با ۰/۰۲۱ بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده کلر باقی‌مانده محاسبه شد. در نتیجه مدیریت بهینه آلودگی شبکه مرجع براساس تابع هدف کمینه نمودن جمعیت در معرض آلودگی با راه‌کارهای مدیریتی بستن لوله، باز نمودن شیر آتش‌نشانی و مدیریت ترکیبی، جمعیت در مرز آلاینده به ترتیب ۷۱، ۷۸ و ۸۶ درصد کاهش یافت.

در شبکه واقعی نیز با در نظر گرفتن اولویت سلامت افراد، باز نمودن ۲۰ شیر آتش‌نشانی با دبی ۱۵ لیتر بر ثانیه به عنوان بهترین راه‌کار برای مدیریت آلودگی انتخاب شد که منجر به کاهش ۷۷ درصد از جمعیت در معرض آلودگی می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج الگوریتم PSO علاوه بر تعیین k_w و C_{HW} به خوبی توانسته اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی را به حداقل برساند. مدیریت آلودگی شبکه مرجع راه‌کار مدیریتی بستن لوله با اختلاف اندکی از باز نمودن شیر آتش‌نشانی موفق‌تر عمل نمود، در حالی که در مدیریت آلودگی شبکه واقعی طبق نتایج، بستن لوله در تمامی سناریوهای تک هدفه و دو هدفه تاثیر کمتری از باز نمودن شیر آتش‌نشانی در مدیریت آلاینده ورودی داشت؛ که این مسئله با توجه به شکل حلقوی شبکه قابل پذیرش است، چرا که با بستن لوله، جریان آب به همراه آلاینده از حلقه دیگری می‌تواند به مصرف‌کننده برسد. در مطالعات مشابه نیز با توجه به وسعت و نوع شبکه معمولاً یکی از راه‌کارهای بررسی شده از تاثیر بیشتری برخوردار بوده است. این مطالعه همانند پژوهش‌های مشابه، طولانی شدن زمان پاسخ را در کاهش راندمان راه‌کارهای مدیریتی موثر می‌داند.

کلمات کلیدی: مدیریت آلودگی، بهینه‌سازی، PSO، شبکه توزیع

رتبه دوم دومین دوره مسابقه ایده‌های برتر در علوم و مهندسی آب و فاضلاب (محور کیفیت آب)
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران در سال ۱۳۹۹)

عنوان: حذف ترکیبات آلی سمی (آروماتیک‌های حلقوی PAHs) از آب یا پساب با استفاده از فوم شیشه
اصلاح شده با سورفکتانت
نگارنده: سمانه احمدی آسوری
دانشجوی دکترای شیمی کاربردی، شرکت آب و فاضلاب استان مازندران، شهرستان قائمشهر
تاریخ: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

مقدمه

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای گروه بزرگی از آلاینده‌های آلی بوده که از کربن و هیدروژن ساخته شده‌اند که از دو یا تعداد بیش‌تری حلقه‌های بنزنی تشکیل شده‌اند. بسیاری از ترکیبات PAHs سرطان‌زا بوده و در نتیجه تماس انسان با این ترکیبات موضوع تحقیقات بسیاری را به خود اختصاص داده است. این ترکیبات به علت خاصیت آب‌گریزی و حلالیت کم در آب، برای مدت زمان طولانی در محیط‌زیست باقی می‌مانند. عدم تجزیه‌پذیری، سمیت برای انسان و سایر گونه‌ها، جهش‌زایی، سرطان‌زایی و نیز قرار گرفتن در ردیف آلاینده‌های اولیه توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا آن‌ها را در گروه ترکیبات بسیار خطرناک قرار داده است. از اثرات مهم ترکیبات PAHs می‌توان به سرطان‌زایی، جهش‌زایی، سمیت، تخریب گلبول‌های قرمز، سوزش و خارش پوست، سوزش چشم، آب مروارید، آسیب به کبد و کلیه، یرقان و ... اشاره کرد. این ترکیبات تمایل زیادی به ذخیره شدن در کلیه و کبد دارند؛ ولی مقادیر کم آنها در طحال و غده آدرنال نیز ذخیره می‌گردد. در پساب‌های بسیاری از صنایع، تعدادی از هیدروکربن‌های آروماتیک حلقه‌ای (PAHs) یافت می‌شود که غلظت بعضی از آنها از حد مجاز بسیار بالاتر است و به همین دلیل حذف این ترکیبات از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی و پساب‌ها توجهات زیادی به خود جلب کرده است.

ایده پیشنهادی

استفاده از یک کامپوزیت اصلاح شده از فوم شیشه که با سورفکتانت پوشش داده شده، برای حذف ترکیبات آلی سمی (آروماتیک‌های حلقوی PAHs) از آب یا پساب.

روش پیشنهادی

فوم شیشه: ماده‌ای سخت، محکم و متشکل از میلیون‌ها سلول شیشه‌ای به طور کامل بسته‌بندی شده است و می‌توان آن را از بازافت شیشه‌های استفاده شده و شکسته شده تولید نمود و در صنعت بسیار ارزان و قابل دسترس است. این ساختار شیشه‌ای ترکیبی بی‌همتا از خواص فیزیکی

ایده‌آل و دامنه دمایی کاری وسیعی دارد که امکان استفاده از فوم شیشه را در شرایط بسیار متنوع فراهم می‌کند. هم‌چنین سازگاری بسیار خوب با محیط‌زیست و پایداری بسیار بالا دارد.

ترکیبات PAHs به دسته‌ای از هیدروکربن‌های آروماتیک گفته می‌شود که شامل دو یا بیش از دو حلقه بنزنی تشکیل شده باشد. نظیر: آنتراسن، نفتالین، تتراسن، کریزین، پنتاسن، تری فنیلن، کروتن، کورانولن و اووالن که این ترکیب‌های چند حلقه‌ای آروماتیک، بسیاری از خواص شیمیایی بنزن را نشان می‌دهند. سورفکتانت: مواد فعال کننده سطح هستند که معمولاً ترکیباتی آلی بوده که دارای گروه‌های هیدروفوبیک که نقش دم و دنباله را دارد و گروه‌های هیدروفیلیک که نقش سر را دارد هستند. برای اولین بار از فوم شیشه پوشش داده شده با سورفکتانت جهت حذف هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، استفاده شده، سپس به روش جذب سطحی فیزیکی هیدروکربن‌های آروماتیک حلقه‌ای (PAHs) حذف می‌شود.

شرکت آب و فاضلاب و سازمان محیط‌زیست، اداره استاندارد، آزمایشگاه همکار، آزمایشگاه معتمد و آزمایشگاه مجاز به‌عنوان بهره‌وران اهداف کاربردی این تحقیق معرفی می‌شوند. صنایع مانند امکانات فلز کاری، عملیات استخراج معادن، صنایع کود، صنایع لبنی، با ترسیازی، صنایع کاغذی، صنایع رنگسازی، صنایع شوینده و آفت‌کش‌ها از جمله صنایعی هستند که تولید کننده این آلاینده در منابع زیرزمینی و سطحی و پساب‌ها هستند و از این کامپوزیت جدید و ارزان برای حذف ترکیبات آروماتیک می‌توان استفاده کرد.

سخن آخر

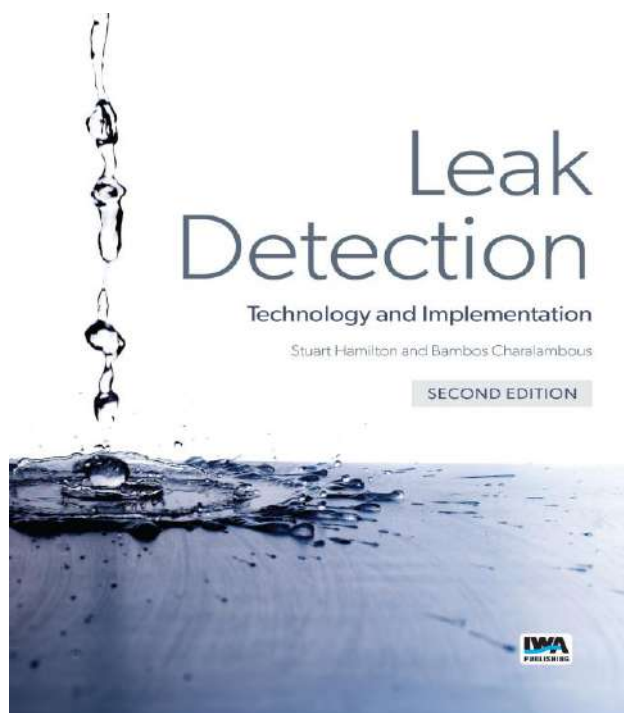
روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای حذف ترکیبات آلی سمی از آب و پساب، پیشنهاد شده است، اگرچه این روش‌ها موثر است ولی هزینه‌بری و گران بودن مواد اولیه و انرژی، سبب کنار گذاشتن آن می‌شود، بنابراین با توجه به ارزان بودن و در دسترس بودن و سازگاری خوب با محیط‌زیست فوم شیشه و کارایی جذب بالا، این پتانسیل را برای کاربردی نمودن این کامپوزیت می‌دهد.

عنوان: نشت‌یابی - فناوری و پیاده‌سازی

پدید آورندگان: Stuart Hamilton and Bambos Chralambous

سال انتشار: ۲۰۲۰

ناشر: IWA



افزایش عمر زیرساخت‌ها و کاهش منابع آب، نگرانی‌های مهمی در ارتباط با رشد جهانی جمعیت هستند. کنترل تلفات یا هدررفت آب به‌عنوان یک اولویت مهم برای شرکت‌های آب و فاضلاب تبدیل شده است. مدیران شرکت‌های آب و فاضلاب به‌منظور کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و بهبود اطمینان‌پذیری، به‌صورت فزاینده‌ای به فناوری‌های موثر مقابله با تلفات آب روی می‌آورند. این موضوع در شبکه‌هایی که در مناطق با تنش آبی قرار دارند، اهمیت به‌سزایی پیدا می‌کند. در واقع، این شرکت‌ها نیاز به پیاده‌سازی روش‌های مناسبی برای نشت‌یابی هستند. در این کتاب که در ماه ژانویه سال ۲۰۲۰ توسط انتشارات IWA چاپ شده است، روش‌ها و فناوری‌های سال‌های اخیر برای توسعه و اجرای برنامه‌های نشت‌یابی، معرفی شده است. از جمله این روش‌ها، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- روش‌های صوتی: شامل ابزار شنود دستی، دستگاه‌های شنیداری تقویت‌شده الکترونیکی، ارتباط دهنده نشت و صدا یا کرولیشن (با استفاده از ارتعاش سنج و هیدروفون)، ثبت دستگاه‌های شنیداری و تکنیک‌های نشت‌یابی در خط (کابلی و شنای آزاد)؛
- روش تزریق گاز؛
- عکس‌برداری حرارتی؛
- اشعه نفوذپذیر در زمین (GPR)؛
- روش ماهواره‌ای؛
- استفاده از سگ؛
- استفاده از ابزارهای بهینه‌سازی - مدل هیدرولیکی،
- تست پله‌ای.

با توجه به تعداد زیاد روش‌های نشت‌یابی، در فصل دوم این کتاب ماتریس‌هایی برای انتخاب روش مناسب در شبکه‌های اصلی و انشعابات دارای فشار کم و زیاد، ارائه شده است. فصل هفدهم نیز، به مطالعات موردی انجام شده توسط روش‌های مذکور و ارائه نتایج، اختصاص داده شده است. اطلاعات بیشتری از این کتاب در لینک زیر قابل مشاهده است:

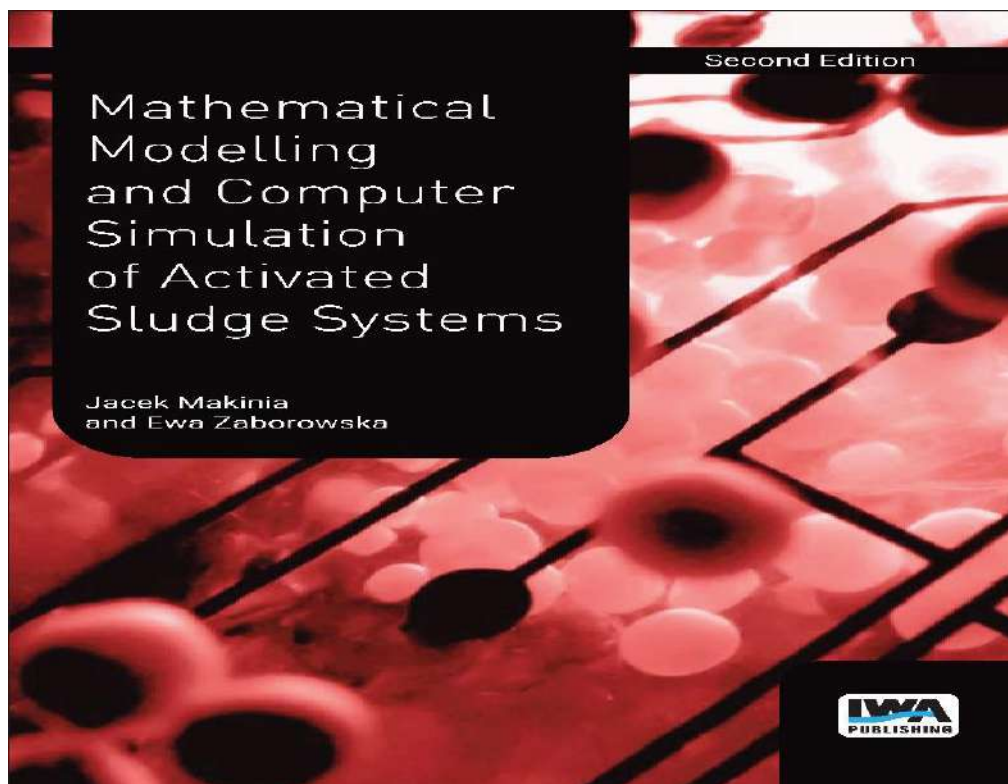
<https://iwaponline.com/ebooks/book/778/Leak-DetectionTechnology-and-Implementation>

عنوان: مدل سازی ریاضی و شبیه سازی رایانه ای سامانه های لجن فعال

پدید آورندگان: Jack Makinia and Ewa Zaborowska

سال انتشار: ۲۰۲۰

ناشر: IWA



ویرایش دوم کتاب "مدل سازی ریاضی و شبیه سازی رایانه ای سامانه های لجن فعال" در سال ۲۰۲۰ توسط انتشارات IWA چاپ شده است. این کتاب از دیدگاه مهندسی فرآیند، یک مرور اجمالی و به هنگام در خصوص مدل سازی و شبیه سازی سامانه های پیشرفته لجن فعالی است که حذف بیولوژیکی مواد مغذی را انجام می دهند. در این ویرایش از کتاب، تمرکز ویژه ای برای حذف نیتروژن شده و به روزترین توسعه ها در مدل سازی فرآیندهای خلاقانه حذف نیتروژن، معرفی شده است. علاوه بر این، یک بخش جدیدی در خصوص حذف ریزآلاینده ها یا آلاینده های نوظهور اضافه شده است. در سال های اخیر، بر روی مدل هایی تمرکز شده است که کل عملکرد یک تصفیه خانه فاضلاب را می توانند تشریح کنند. در این کتاب، مدل هایی معرفی شده است که علاوه بر مدل های توصیف کننده تعادل انرژی، هزینه های بهره برداری و اثرات محیط زیستی، مهم ترین فرآیندهای مرتبط با خط اصلی سامانه های لجن فعال را نیز تشریح می کنند. ارزیابی فرآیندهای پیچیده ای نظیر کمینه سازی مصرف انرژی و رد پای کربن، مطابق با اهداف حاضر و آینده تصفیه خانه های فاضلاب است. این کتاب می تواند به عنوان یک راهنمود جامع برای مطالعات مدل سازی و شبیه سازی، مورد استفاده پژوهشگران قرار گیرد.

اطلاعات بیشتری از این کتاب در لینک زیر موجود است:

<https://www.iwapublishing.com/books/9781780409511/mathematical-modelling-and-computer-simulation-activated-sludge-systems-second>

اخبار و فعالیت‌های عمده انجام شده انجمن آب و فاضلاب ایران در سه ماهه دوم سال ۱۴۰۰ به شرح زیر است:

- انتشار دومین شماره از سال ششم نشریه علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
- برگزاری چهارمین جلسه واحد بین‌الملل انجمن (۱۴۰۰/۰۴/۰۶)
- برگزاری هجدهمین جلسه کمیته تخصصی تلفات آب انجمن (۱۴۰۰/۰۴/۱۵)
- برگزاری هفتمین جلسه کمیته تخصصی کیفیت آب انجمن (۱۴۰۰/۰۴/۱۶)
- برگزاری جلسه بیست و پنجم هیئت مدیره اتحادیه انجمن‌های علوم آب (۱۴۰۰/۰۴/۱۶)
- برگزاری هشتمین و بینار علمی انجمن با عنوان "تأثیرات شرایط اقلیمی بر روی ظرفیت شبکه‌ها و شکست" توسط آقای دکتر احسان روشنی محقق مرکز ملی تحقیقات کانادا (۱۴۰۰/۰۴/۱۶)
- برگزاری نهمین و بینار علمی انجمن با عنوان "ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌های آب و فاضلاب با رویکرد چرخه حیات (LCA)" توسط مهندس هانیه صفرپور (۱۴۰۰/۰۴/۲۳)
- برگزاری جلسه بیست و ششم هیئت مدیره اتحادیه انجمن‌های علوم آب (۱۴۰۰/۰۴/۳۱)
- انتشار شصت و چهارمین خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران (تیرماه ۱۴۰۰)
- انتشار بیانیه انتظارات اتحادیه انجمن‌های علوم آب از رئیس جمهور سیزدهم (۱۴۰۰/۰۵/۰۳)
- برگزاری جلسه شورای هماهنگی اتحادیه انجمن‌های علمی (۱۴۰۰/۰۵/۰۴)
- برگزاری جلسه هفتم شورای سیاست‌گذاری همایش ۱۴۰۰ (۱۴۰۰/۰۵/۰۵)
- برگزاری جلسه پنجاه و یکم هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۱۴۰۰/۰۵/۰۶)
- برگزاری دهمین و بینار تخصصی انجمن تحت عنوان "کاربردهای اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب" توسط آقای دکتر سید حسین سجادی‌فر (۱۴۰۰/۰۵/۱۳)
- برگزاری جلسه هشتم هیئت تحریریه نشریه انجمن (۱۴۰۰/۰۵/۱۳)
- برگزاری بیست و هفتمین جلسه هیئت مدیره اتحادیه انجمن‌های علوم آب (۱۴۰۰/۰۵/۲۰)
- برگزاری نشست علمی "چالش‌ها، راهبردها و انتظارات از وزیر آتی نیرو در حوزه آب" در کلاب هاوس (۱۴۰۰/۰۵/۲۹)
- انتشار شصت و چهارمین خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران (مردادماه ۱۴۰۰)
- برگزاری جلسه هشتم شورای سیاست‌گذاری همایش ۱۴۰۰ (۱۴۰۰/۰۶/۰۲)
- برگزاری بیست و هشتمین جلسه هیئت مدیره اتحادیه انجمن‌های علوم آب (۱۴۰۰/۰۶/۰۲)
- برگزاری پنجاه و دومین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۱۴۰۰/۰۶/۰۳)
- برگزاری یازدهمین و بینار تخصصی انجمن تحت عنوان "مرور بیش از ۲۰۰۰ مقاله برای تعیین داغترین موضوعات در زمینه مهندسی محیط‌زیست" توسط آقای دکتر علیرضا بازارگان (۱۴۰۰/۰۶/۰۹)
- برگزاری دومین نشست علمی اتحادیه انجمن‌های علوم آب با عنوان "انتقال آب بین حوضه‌ای" (۱۴۰۰/۰۶/۱۰)
- برگزاری دوازدهمین و بینار تخصصی انجمن تحت عنوان "توسعه و بهره‌برداری از شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب با رویکرد تمرکززدایی" توسط آقای دکتر علی حقیقی (۱۴۰۰/۰۶/۱۷)
- برگزاری سیزدهمین و بینار تخصصی انجمن تحت عنوان "نقشه راه برای ارتقای شبکه‌های آبرسانی موجود به هوشمند" توسط آقای دکتر دکتر جلیلی قاضی زاده (۱۴۰۰/۰۶/۲۴)
- برگزاری جلسه نهم شورای سیاست‌گذاری همایش ۱۴۰۰ (۱۴۰۰/۰۶/۳۰)
- برگزاری پنجاه و سومین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۱۴۰۰/۰۶/۳۱)
- انتشار شصت و ششمین خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران (شهریورماه ۱۴۰۰)
- صدور حدود ۲۰ حکم نمایندگی انجمن در دانشگاه‌های مختلف کشور و شرکت‌های آب و فاضلاب و ۲ شاخه دانشجویی
- جذب بیش از ۲۰ عضو حقیقی و حقوقی جدید

عبدالرضا بهره‌مند، نماینده انجمن در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دکتر عبدالرضا بهره‌مند دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بوده و از سال ۱۳۸۵ تاکنون در این دانشگاه مشغول به تدریس است. ایشان دارای مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته آبخیزداری از دانشگاه تهران و مدرک دکتری مهندسی هیدرولوژی از دانشگاه بروکسل بلژیک هستند. تخصص و تمرکز تحقیقاتی ایشان در مدلسازی هیدرولوژی است. دکتر بهره‌مند همچنین سردبیر مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (مجله دانشگاه گرگان) و کمک سردبیر مجله Natural Resource Modeling از انتشارات وایلی آمریکا هستند. وی عضو کارگروه هیدرولوژی و منابع آب هیئت گزارش ملی سیلابها نیز بوده است.

**وحید نورانی، نماینده انجمن در دانشگاه تبریز**

پروفسور وحید نورانی مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی عمران از دانشگاه تبریز، به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۹ دریافت کرد. سپس تحصیلات تکمیلی خود را در دکترای مهندسی عمران و محیط زیست (گرایش هیدرولوژی) در دانشگاه شیراز ایران و دانشگاه توهوگو ژاپن ادامه داد و در سال ۱۳۸۴ فارغ‌التحصیل شد. پروفسور نورانی از ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ به‌عنوان استادیار، از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ به‌عنوان دانشیار و از سال ۱۳۹۳ به‌عنوان استاد در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز خدمت می‌کند. ایشان در سال ۱۳۹۰ به‌عنوان دانشیار میهمان در دانشگاه مینه‌سوتا آمریکا و از سال ۱۳۹۶ به‌عنوان استاد نیمه‌وقت در دانشگاه خاور نزدیک قبرس فعالیت داشته‌اند. در این مدت، ۸۳ دانشجوی کارشناسی ارشد و دکتری تحت راهنمایی دکتر نورانی فارغ‌التحصیل شده‌اند. علایق پژوهشی ایشان شامل مدل‌سازی بارش - رواناب، کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی منابع آب، هیدروانفورماتیک و هیدرولیک محاسباتی است. نتایج تحقیقات وی در قالب ۱۷۲ مقاله در مجلات علمی، ۲ کتاب، ۹ فصل کتاب و بیش از ۱۸۰ مقاله ارائه شده در کنفرانس‌های بین‌المللی و ملی منتشر شده است. در حال حاضر ایشان سردبیر مجله مهندسی عمران و محیط‌زیست (دانشگاه تبریز)، دبیر Journal of Hydrology، معاونت پژوهشی دانشکده عمران دانشگاه تبریز و موسس و مدیر قطب علمی هیدروانفورماتیک هستند.

**مهدی دینی، نماینده انجمن در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان**

دکتر مهدی دینی استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه شهید مدنی آذربایجان هستند که از سال ۱۳۹۴ تاکنون در این دانشگاه مشغول به تدریس بوده‌اند. ایشان دارای مدرک کارشناسی عمران آب از دانشگاه شهید بهشتی تهران و کارشناسی ارشد و دکتری در رشته عمران آب از دانشگاه تهران هستند. تخصص و تمرکز تحقیقاتی ایشان در زمینه بهینه‌سازی و مدل‌سازی هیدرولیکی و کیفی شبکه‌های توزیع آب است. ایشان نماینده انجمن هیدرولیک ایران در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان نیز هستند.



 سنجش افزار آسیا (با مسئولیت محدود)	 سیال کنترل FLUID CONTROL ما راهی را پیدا می‌کنیم	 PERSIA ARAS JONOUR Co.
 معین زیست آریا	 پادیاب تجهیز	 تالیه همیشه تالیه کام جوت تالیه TALIEH INDUSTRIAL COMPLEX تاسیس ۱۳۵۱
 آتیہ پردازان شریف Atieh Pardazan Sharif	 سپید یاس فراز (سهایی خاص)	 ماشین سازی اراک
 مهندسین مشاور آببران	 SafBon	 مهاب قدس شرکت مهندسی مشاور MAHAB GHODSS CONSULTING ENGINEERING CO.
 تشریفات اتوماتیک بلندا BOLANDA www.bolanda-co.com @bolandafaucets	 مهندسین مشاور آذین رسته کارهای آبی - معماری و ژئوتکنیک	 مهندسین مشاور Absaran Consulting Engineers www.absaran-co.ir
 چنوب مهندسان مشاور آب، فاضلاب و محیط زیست	 کوه صینا شرکت مهندسی و ساخت بویلر و تجهیزات مپنا	توسعه انهار آریانا
 شرکت مهندسی سپهر کویر فرداد FARDAD سپهر کویر فرداد	 DESIGN & BUILD CONCRETE INTERNATIONAL TRADE MARK OF QUALITY کریستال	 مهندسین مشاور داهه
 NIKA International Inspection Services	 FAPCO شرکت فرایند ارقام پردال	 هپیکو شرکت توسعه خط لوله هامون Hamoon Pipe Line Development Company Hapico
 شرکت آب و فاضلاب تصفیه فرا آب تدبیر تصفیه	 APPA Atin Parsian Pishko Apadang اتین پارسیان پیشکرو اپادان	

کنفرانس‌های داخلی

عنوان کنفرانس	برگزارکننده	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
بیستمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران	انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	گرگان	۵ تا ۶ آبان‌ماه ۱۴۰۰	https://conf.iha.ir/
دهمین کنفرانس بین‌المللی سامانه‌های سطوح آبگیر باران	دانشگاه کردستان، انجمن سیستم‌های سطوح آبگیر باران	سنندج	۳ تا ۴ آذرماه ۱۴۰۰	https://conf.uok.ac.ir/rcsc-onf10?Lang=fa
اولین همایش ملی مدیریت کیفیت آب و سومین همایش ملی مدیریت مصرف آب	انجمن آب و فاضلاب ایران، دانشگاه تهران	تهران	۹ تا ۱۱ آذرماه ۱۴۰۰	http://www.iwwa-conf.ir/
دوازدهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه	دانشگاه شهید چمران اهواز، سازمان آب و برق خوزستان	اهواز	۴ تا ۶ بهمن ۱۴۰۰	http://ireconf.scu.ac.ir/fa/ -

کنفرانس‌های خارجی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
The 5th International Conference on Water Economics, Statistics and Finance; The International Conference on Rethinking Treatment with Asset Management	Porto, Portugal	22 – 24 September 2021	https://www2.isep.ipp.pt/iwa_porto2021/index.php?page=home
NORDIWA wastewater conference 2021	Sweden	28 September – 1 October 2021	https://www.nordiwa.org/
Virtual Conference: 9th IWA Microbial Ecology and Water Engineering Specialist Conference: Microbial Ecology Data & Principles for Water Systems and Industries	Delft, Netherlands	18 – 20 October 2021	https://mewe2021.dryfta.com/
15th International Conference on Urban Drainage	Melbourne, Australia	24 – 29 October 2021	https://www.icud2021.org/
Hybrid: 9th IWA Odour and VOC/Air Emissions Conference	Bilbao, Spain	26 – 27 October 2021	https://www.olores.org/en/iwaodours2021
Amsterdam International Water Week	Amsterdam, Netherlands	1 – 5 November 2021	https://aiww2021.com/
IWA International Strategic Asset Management Forum 2020 (Supported)	Serbia, Belgrade	18 November 2021	https://utvsi.com/event/iwa-international-sam-forum-2020/
Biofilm Reactor Conference 2021	USA	6 – 8 December 2021	https://biofilms2021conference.nd.edu/
LET2022- The 17th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies	Reno, Nevada, USA	27 March – 2 April 2022	http://iwa-let.org/
7th Young Water Professionals BeNeLux conference 2022	Delft, Netherlands	4 – 6 April 2022	https://ywpbenelux.ugent.be/
Wastewater, Water and Resource Recovery Conference	Poznan, Poland	10 – 13 April 2022	http://wwrr.put.poznan.pl/
Singapore International Water Week 2022	Singapore, Singapore	17 – 21 April 2022	https://www.siww.com.sg/
9th Leading Edge Conference for Strategic Asset Management	Bordeaux, France	12 – 14 May 2022	https://lesam2022.colloque.inrae.fr/
12th Micropol and Ecohazard Conference	Santiago de Compostela, Spain	6 – 10 June 2022	https://micropol2022.org/
Water Loss 2022	Prague, Czech Republic	19 – 22 June 2022	https://waterloss2022.org/
Water Safety Planning 2022	Narvik, Norway	22 – 24 June 2022	http://www.watersafety2022.org/

ردیف	رویداد	موضوع (ارائه دهنده)	لینک آپارات
۱	وبینارهای تخصصی انجمن آب و فاضلاب ایران	ویروس کرونا در صنعت آب و فاضلاب؛ (دکتر عبدالله رشیدی)	https://www.aparat.com/v/hevFM?playlist=737673
		راه کارهای بهبود کیفیت پساب برکه های تثبیت فاضلاب؛ (دکتر حسین ساسانی)	https://www.aparat.com/v/Antvj?playlist=737673
		مروری بر ظرفیت های ارتقای پژوهش و نوآوری در حوزه آب کشور؛ (دکتر مجتبی شفیعی)	https://www.aparat.com/v/Pob7C?playlist=737673
		نشت یابی در شبکه های آبرسانی؛ (دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده)	https://www.aparat.com/v/Uf3N5?playlist=737673
		مدیریت شورابه های ناشی از سامانه های نمک زدایی با تاکید بر فناوری های ZLD؛ (دکتر عباس اکبرزاده)	https://www.aparat.com/v/4QcMo?playlist=737673
		چالش های روش های جایگزین برای بهبود و مدیریت کیفیت آب؛ (دکتر مسعود یونسین، مهندس سلیمه رضایی نیا و دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده)	https://www.aparat.com/v/mTSiK?playlist=737673
		ارزیابی عملکرد مدل های متابولیسم آب شهری قابلیت ها و محدودیت ها؛ (دکتر کورش بهزادیان)	https://www.aparat.com/v/DtoQY?playlist=737673
		سواد آبی در جوامع شهری؛ (دکتر شروین جمشیدی)	https://www.aparat.com/v/FPtCY
		تأثیرات شرایط اقلیمی بر روی ظرفیت شبکه ها و شکست؛ (دکتر احسان روشنی)	https://www.aparat.com/v/5c7Ph
		ارزیابی اثرات محیط زیستی پروژه های آب و فاضلاب با رویکرد چرخه حیات (LCA)؛ (مهندس هانیه صفروپور)	https://www.aparat.com/v/W8P7J
۲	نشست های تخصصی انجمن آب و فاضلاب ایران	کاربردهای اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب (دکتر سیدحسین سجادی فر)	https://www.aparat.com/v/y1euk
		سامانه های فاضلاب، اپیدمی ها و بیماری های نوظهور	https://www.aparat.com/v/6OhwE?playlist=879646
		تاب آوری شبکه های آب و فاضلاب	https://www.aparat.com/v/IXWfd?playlist=879646
		هوشمندسازی و نوآوری در سامانه های آب و فاضلاب	https://www.aparat.com/v/7JxVU
		بازنگری شاخص و استاندارد کیفیت منابع آب ایران	https://www.aparat.com/v/ISgM7?playlist=879646
		چالش های تعیین الگوی مصرف آب	https://www.aparat.com/v/tn4E9?playlist=879646
		تاب آوری زیرساخت های آب و فاضلاب در شرایط بحران به ویژه سیلاب	https://www.aparat.com/v/DZzYX?playlist=879646
		استفاده از آب خاکستری در محیط های شهری چالش ها، راهبردها و انتظارات از وزیر آبی نیرو در حوزه آب	https://www.aparat.com/v/t1iaZ?playlist=879646 https://www.aparat.com/v/o1geI
۳	سومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران (۱۳۹۹)		https://www.aparat.com/v/V7BNT?playlist=878354
۴	دومین همایش ملی مدیریت مصرف آب با رویکرد کاهش هدر رفت و بازیافت (۱۳۹۸)		https://www.aparat.com/v/SHiuG?playlist=943170



1st National Conference on Water Quality Management

3rd National Conference on
Water Consumption Management
Loss Reduction and Reuse

30 Nov. - 2 Dec. 2021

College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

همایش ملی
مدیریت کیفیت آب

و همایش ملی
مدیریت مصرف آب

باریکرد کاهش هدررفت و بازیافت

۱۴۰۰ آذر ماه ۱۹ تا ۳۰

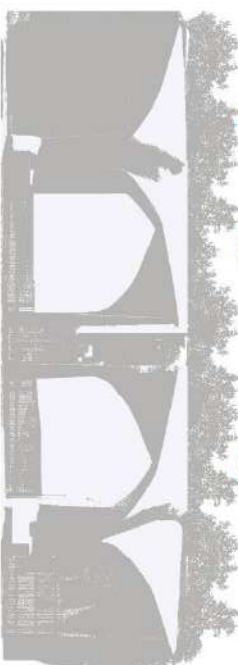
پروین دانشکده های فنی، دانشگاه تهران



محورهای همایش

- رویکردهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و حقوقی در مدیریت مصرف و استفاده از پساب
- ارزیابی و آسیب شناسی روش های جایگزین در مدیریت کیفیت آب
- مدیریت فاضلاب و پسماند حاصل از فرایندهای بازیافت
- آلاینده های ویژه و نوظهور در آب آشامیدنی و پساب
- استفاده ایمن از پساب و کاهش ریسک آن
- مدیریت و راهبری تصفیه خانه های آب
- پایش کمی و کیفی پساب بازیافتی
- فناوری های نو در حوزه بازیافت
- مدیریت هوشمند کیفیت آب
- پایش کیفی اکوسیستم ها
- اقتصاد و کیفیت آب
- هدررفت واقعی، ظاهری و مصارف مجاز بدون در آمد در شبکه های توزیع آب
- تأثیر تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی
- تأثیرات پساب دستگاه های آب شیرین کن بر کیفیت آب
- کاهش مصرف و ارتقای بهره وری آب در بخش صنعت
- استانداردها و ضوابط کمی و کیفی آب و فاضلاب
- فناوری های ساده و ارزان قیمت بازیافت پساب
- مدیریت و بازیافت زهاب های کشاورزی
- مدیریت هوشمند شبکه های توزیع آب
- پیوند آب-انرژی در بازیافت پساب
- اثر ویروس کرونا بر آب و پساب
- مدیریت مصرف آب
- برنامه ایمنی آب

مجله ارسال مقالات کامل: ۱۴۰۰ مهر ماه



آدرس دبیرخانه: تهران، خیابان انقلاب، خیابان قدس،
بش کوچه آذین، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

کدپستی: ۱۴۱۷۸۵۳۱۱

تلفن: ۰۲۱-۶۱۱۱۳۱۷۹ فکس: ۰۲۱-۶۱۱۴۰۷۷۱۹

www.iwwa-conf.ir

info@iwwa-conf.ir

@IWWWSEC





فراخوان ششمین دوره انتخاب پایان نامه برتر

۶

ویژه دانش آموختگان سال های ۱۳۹۶ به بعد



انجمن آب و فاضلاب ایران در نظر دارد در ششمین دوره برگزاری مسابقات پایان نامه برتر، به منظور ترویج تحقیقات بنیادی و کاربردی در محورهای **کیفیت، هدررفت و بازیافت آب**، پایان نامه های برتر در "مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری" را با اهدای **لوح تقدیر و جوایز نفیس** مورد تشویق قرار دهد.

از علاقه مندان دعوت می شود تا برای شرکت در مسابقه، فایل پایان نامه به همراه مقالات منتشر شده ISI و علمی- پژوهشی خود را **حداکثر تا تاریخ ۳۰ مهرماه ۱۴۰۰** از طریق سایت انجمن به نشانی **IRWWA.IR** بارگذاری نمایند.

جوایز نفرات اول تا سوم در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری، همزمان با برگزاری "اولین همایش ملی مدیریت کیفیت آب و سومین همایش ملی مدیریت مصرف آب، با رویکرد کاهش هدررفت و بازیافت" که از ۹ تا ۱۱ آذرماه ۱۴۰۰ در دانشگاه تهران برگزار می شود، اعطا می گردد.



[Telegram.me/irwwa94](https://t.me/irwwa94)

<https://www.aparat.com/irwwa>



۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

۰۹۱۰۶۸۰۸۹۰۹

۰۹۱۰۶۸۰۸۹۰۹





دومین دوره المپیاد آب و فاضلاب



یادواره دکتر محمدتقی منزوی

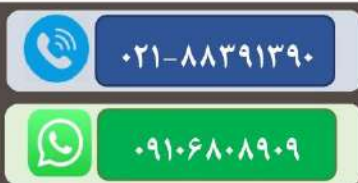
داوطلبان می توانند در یک یا هر دو بخش زیر، به انتخاب خود در المپیاد شرکت کنند:

- ❖ گزینه اول: طراحی و بهره‌برداری شبکه‌های آب، فاضلاب و آب سطحی
- ❖ گزینه دوم: فرآیندهای تصفیه، طراحی و بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب

🏆 به نفر اول هر گزینه جایزه نفیسی اهدا خواهد شد.

هزینه ثبت نام:
اعضای انجمن: ۵۰ هزار تومان
سایرین: ۸۰ هزار تومان

آخرین مهلت ثبت نام: ۳۰ مهرماه
نحوه و زمان برگزاری
مرحله اول: به صورت تستی (آنلاین)
۶ آبان ماه
مرحله دوم: به صورت تشریحی
(متعاقباً اعلام می شود)



علاقه‌مندان می‌توانند برای کسب اطلاعات بیشتر به وبسایت **انجمن آب و فاضلاب ایران** مراجعه کنند و یا با دفتر انجمن تماس حاصل فرمایند.

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 حقیقی

نوع	مبلغ (ریال)
حق عضویت با تاخیر سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ (به ازای هر سال)	۵۵۰۰۰۰
حق عضویت دو ساله (۱۴۰۰ - ۱۴۰۱)	۱۴۰۰۰۰۰
حق عضویت چهار ساله (۱۴۰۰ - ۱۴۰۳)	۲۵۰۰۰۰۰
حق عضویت دو ساله دانشجویی (۱۴۰۰ - ۱۴۰۱)	۱۰۰۰۰۰۰

حق عضویت اعضای حقوقی

نوع شرکت	حق عضویت سالانه (ریال)
کوچک	۴۵۰۰۰۰۰
متوسط	۹۰۰۰۰۰۰
بزرگ	۱۵۰۰۰۰۰۰

هزینه چاپ آگهی در نشریات انجمن

نوع	مبلغ (ریال)
۱ صفحه در یک شماره	۱۲۵۰۰۰۰۰
۲ صفحه در یک شماره	۲۵۰۰۰۰۰۰
۱ صفحه در چهار شماره پیاپی*	۵۰۰۰۰۰۰۰
۲ صفحه در چهار شماره پیاپی*	۸۰۰۰۰۰۰۰

* شامل یک‌سال عضویت حقوقی انجمن

شماره حساب: ۱۳۵۷۲۰۶۲۳

شماره شب: IR9301800000000000135720623

شماره کارت مجازی: ۵۸۵۹-۸۳۷۰-۰۰۱۲-۶۲۵۶

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.

مزایای عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

مزایای عضویت					عضویت حقیقی			عضویت حقوقی (شرکت‌ها)		
					پيوسته	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	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	
تخفیف چاپ آگهی در مجلات انجمن					-	-	٪۲۰	٪۲۰	٪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 کارگروه‌های انجمن					*	*	*	*	*	
دسترسی به اطلاعات سایت انجمن					*	*	*	*	*	دسترسی به مقالات بارگذاری شده در سایت
					*	*	*	*	*	دسترسی به آموزش‌های بارگذاری شده در سایت

محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل pdf مقاله بدون نام نویسندگان که شامل کلیه اجزا و محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل مشخصات کامل نویسندگان.

- فایل حق چاپ (Copy Right): نامه‌ای است که نویسندگان با مضمون تعهد ارسال مقاله فقط برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه می‌کنند و با امضای کلیه مولفین با ترتیبی که قرار است چاپ شود، ارسال می‌نمایند (نمونه این نامه در زمان ثبت مقاله در قسمت نامه به سردبیر قابل رویت است).

- فایل تعارض منافع (Conflict of Interests): نامه‌ای است که نویسندگان با مضمون تعهد به رعایت کلیه اصول اخلاق نشر ارسال می‌نمایند (نمونه این نامه در زمان ثبت مقاله در قسمت نامه به سردبیر قابل رویت است).

❖ نرم‌افزار حروف چینی: نرم‌افزار Microsoft Word 2013

❖ عنوان: کوتاه اما معرف محتوای مقاله است و از ۱۵ واژه تجاوز نمی‌کند.

❖ نام نویسنده(گان):

به همان ترتیبی که در مقاله چاپ می‌شود، در یک فایل جداگانه به‌طور کامل آورده می‌شود. عناوین دانشگاهی نویسنده(گان) به ترتیب نویسنده: مرتبه علمی، گروه، دانشکده، دانشگاه، شهر، کشور نشان داده می‌شود. 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 می‌شود، لذا تاکید می‌شود که فایل‌های ارسالی به مجله فاقد نام نویسنده(گان) باشد. در غیر این صورت تا اصلاح شدن فایل، ارسال مقاله برای داوران متوقف می‌شود.

❖ نام مؤسسه:

نام مؤسسه در بخش فارسی و انگلیسی منطبق بر نام مصوب و رایج مؤسسه است (نام رسمی مندرج در سربرگ رسمی مؤسسات، دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و ...).

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

توجه به نکات زیر در ارسال مقاله ضروری است:

- ارسال مقاله منحصر از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب انجام می‌شود.
- نویسنده‌ای که برای بار چندم اقدام به ارسال مقاله می‌نماید، 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 و اطلاعات کامل 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 می‌شوند که مقاله صرفاً برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه شده و برای چاپ یا ارزیابی به مجله دیگری ارائه نشده است.

❖ دستورالعمل نگارش و تنظیم مقالات:

مجله علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب به زبان فارسی و با چکیده انگلیسی چاپ می‌شود. 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.

با توجه به آیین‌نامه جدید نشریات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، از این پس امکان چاپ مقالات پژوهشی نیز وجود دارد و نوع هر مقاله در بالای آن درج خواهد شد.

❖ انواع مقالات:

این نشریه مقالات مروری، پژوهشی، یادداشت فنی (ترویجی) و یادداشت کوتاه را به چاپ می‌رساند. بنابراین نویسنده محترم باید در هنگام ارسال مقاله، نوع مقاله را از بین چهار گروه فوق انتخاب و در سایت اعلام کند.

❖ فایل‌های لازم

نویسنده مسئول مقاله به هنگام ثبت مقاله، فایل‌های زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می‌نماید:

- فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، که شامل کلیه اجزا و

❖ چکیده فارسی:

شامل مقدمه، مواد و روش‌ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث و نتیجه‌گیری است. حداقل تعداد 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 آن‌ها است.

❖ متن مقاله:

متن کامل مقاله در دو فایل جداگانه شامل یک فایل ورد 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 و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه می‌شود. در فایل pdf، مقاله به صورت کامل و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه می‌شود. 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 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 و قبل از فهرست مراجع درج می‌شوند. پی‌ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص می‌شود.

❖ جدول‌ها و شکل‌ها:

جدول‌ها و شکل‌ها در محل مناسب بعد از معرفی آن‌ها در متن مقاله در 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

جدول‌ها و نمودارها باید سه ویژگی «چه، کجا و کی» برای محتوای آن مشخص شود. مثلاً نوشته شود: نوسان‌های دبی آب خام در تصفیه خانه بابا شیخ علی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵. در ضمن اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگری اخذ شده است، به مرجع موردنظر 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 برحسب واحد بین‌المللی (SI) و معادلات به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند. تمام پارامترهای هر معادله باید بلافاصله در زیر آن معرفی شوند.

❖ مراجع:

نگارش مراجع در این مجله براساس شیوه مرجع‌نویسی هاروارد است. در متن مقاله به منظور اشاره به مرجع به صورت (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. 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 نیز 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 (و همکاران) یا (et al.) در متن مقاله استفاده می‌شود.

* مقاله فارسی:

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.

آب و فاضلاب ایران، کلیه مقالاتی که به مجله ارسال می‌شوند باید مبلغ یک میلیون ریال برای هزینه داوری و در صورت پذیرش مقاله نیز مبلغ دو میلیون و پانصد هزار ریال برای هزینه انتشار به حساب انجمن واریز و فیش آن را به همراه فایل‌های مقاله در سایت نشریه بارگزاری کنند.

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 غیر فارسی:

Tabesh, M., Roozbahani, A., Roghani, B., Rasi Faghihi, N., and Heydarzadeh, R., (2018), "Risk assessment of factors influencing Non-Revenue Water using Bayesian Networks and Fuzzy Logic", *Water Resources Management*, 31(9), 2561-2578.

* 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 and K.W. Kinzler (eds.), *The genetic basis of human cancer*, McGraw-Hill, New York, pp. 93-113.

* موسسه به جای 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", *Proceeding Conference on Hydraulics in Civil Engineering, Institution of Engineers*, Brisbane, Australia, pp. 149-155.

* پایان‌نامه:

de Schaetzen, W., (2000), "Optimal calibration and sampling design for hydraulic network models", Doctoral Dissertation, University of Exeter, Exeter, UK.

* سایت اینترنتی:

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

❖ تذکر مهم:

با توجه به افزایش شدید هزینه‌های انتشار نشریه در سال‌های اخیر، براساس مصوبه هیئت تحریریه و تایید هیئت مدیره انجمن

Journal of Water and Wastewater Science and Engineering

Vol. 6, No. 2, Summer 2021

License from Ministry of Science, Research and Technology of
Iran: No. 3/18/290129 on 6 March 2017.

License from Ministry of Culture and Islamic Guidance: No.
86092 on 20 January 2020.

Concessionaire: Iran Water and Wastewater Association (IWWA)
Director-in-Charge: Tabesh, M. (Ph.D.)
Editor-in-Chief: Safavi, H.R. (Ph.D.)

Editorial Board:

Farmani, R. (Ph.D.): Associate Professor, University of Exeter (UK)
Giustolisi, O. (Ph.D.): Professor, University of Bari (Italy)
Jalili Ghazizadeh, M.R. (Ph.D.): Associate Professor, University of Shahid Beheshti
Naseri, S. (Ph.D.): Professor, Tehran University of Medical Science
Nazif, S. (Ph.D.): Associate Professor, University of Tehran
Rashidi Mehrabadi, A. (Ph.D.): Associate Professor, University of Shahid Beheshti
Safavi, H.R. (Ph.D.): Professor, Isfahan University of Technology
Sajadifar, S.H. (Ph.D.): Tehran Water and Wastewater Engineering Company and Assistant Professor, Islamic Azad University
Sarrafzadeh, M.H. (Ph.D.): Associate Professor, University of Tehran and Chairholder of UNESCO Chair on Water Reuse
Savic, D. (Ph.D.): Professor, University of Exeter (UK)
Tabesh, M. (Ph.D.): Professor, University of Tehran
Takdastan, A. (Ph.D.): Professor, Ahwaz Jundishapur University of Medical Science
Talebbeydokhti, N. (Ph.D.): Professor, Shiraz University
Tanyimboh, T. (Ph.D.): Associate Professor, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa
Torabian, A. (Ph.D.): Professor, University of Tehran
Vosoghi, M. (Ph.D.): Professor, Sharif University of Technology



Industrial Water and Wastewater Policy Council:

Ghane, A.A. (M.Sc.): Advisor of Managing Director, Iran National Water and Wastewater Engineering Company
Ghannadi, M. (M.Sc.): Advisor of Deputy of Engineering and Development, Iran National Water and Wastewater Engineering Company
Honari, H. (M.Sc.): Retired Faculty Member, Tehran University of Medical Science
Tabatabaei, A. (M.Sc.): Director General of Operational Supervising Office, Iran Water and Wastewater Engineering Company

Editorial Staff:
Graphic Designer:
Page Setting:
English Editor:
Publisher:
No. of Prints:
Address:
Tel:
Fax:
Print ISSN:
Online ISSN:
E-Mail:
Print:

Akhtari, N.
Shahangian, S.A.
Akhtari, N.
Ostadrahimi, A.
Iran Water and Wastewater Association (IWWA)
500
No. 7, 4th Floor, 429 Taleghani Street, Tehran, Iran
+98 21 88956097
+98 21 88391390
2588-3941
2588-396X
info@jwwse.ir
Farshiveh



ISSN 2588-3941

Journal of Water and Wastewater Science and Engineering

Volume 6, No. 2, Summer 2021

Preface	2
<u>Papers</u>	
Smart City Solutions to Cope with Water Crisis Based on the KNX Protocol Mona Jahangiri Khah, Monireh Houshmand and Mahsa Khorrampanah	5
Identification and Statistical Analysis of Some Factors Affecting the Residential Water Demand in Arak, Iran Mohammad Reza Vesali Naseh, Mohammad Reza Hosseininassab, Hamed Safikhani, Sajjad Norouzi, Mehran Mamaghanezhad, Alireza Jokar and Ali Ghasabadi Farahani	15
Investigation of Nematode Removal by Units of Pardis Drinking Water Treatment Plant Farzanreh Faridirad, Masoomeh Gholinazhad, Fatemeh Tabrizi and Noormohammad Salabarzi	27
Studying the Efficiency of Balancing Pond Function in Sanitary Sewage Treatment Using the Activated Sludge Method (Case Study: Sewage Treatment Plant of Brigade 37) Mohammad Hadi Fattahi, Mohammad Hosseini and Sohrab karami	38
Assessing Performance of Financial Factors of Urban Water and Wastewater Industries Using Data Envelopment Analysis Abdolmajid Rahpeima and Mohammad Davoodabadi	50
Application of Secondary Treated Municipal Wastewater for Irrigation of Agricultural Lands: Quantitative Microbial Risk Assessment of <i>Legionella</i> Marzieh Farhadkhani, Mahnaz Nikaeen and Ghasem Yadegarfar	58
<u>General Section</u>	
Interview	66
Round-Table	87
Best Thesis	98
Best Idea	101
Book Presentation	102
IWWA News	104