



ISSN 2588-3941

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

انجمن آب و فاضلاب ایران

پیشگفتار

۲

مقالات علمی

۳

مقایسه بین نانوتکنولوژی و روش‌های دیگر حذف آفت‌کش سایپرمترین از آب آلوده بهاره کریمی و اصغر کریمی

۱۴

تخمین اکسیژن‌خواهی شیمیایی خروجی از فاضلاب صنعت پتروشیمی با استفاده از رگرسیون مقاوم میلاد ابوذری، پرهام پهلوانی و غلامرضا نبی بیدهندی

۲۴

بررسی حذف گازوئیل شناور بر روی آب به روش اکسیداسیون با کمک آهن شش‌ظرفیتی امیر رضا طلایی خوزانی، طاهره قربانی، مهسا اعمی و مرضیه باقری

۳۱

جایگزینی مدل مدیریتی «بهداشت آب» با «مهندسی کیفیت آب» راه‌کاری برای مدیریت کارآمدتر در تأمین و توزیع آب آشامیدنی مجید قنادی

۴۱

مروری بر فرآیند انعقاد شیمیایی برای حذف فلزات سنگین از آب فرهاد سلیمی

۵۴

بررسی و تحلیل پایان‌نامه‌های مرتبط با آب و فاضلاب (مطالعه موردی: دانشگاه تهران) مسعود تابش، الهام قائمی و آناهیتا پورمحمدی

۶۱

بررسی امکان تخلیه لجن حاصل از تصفیه‌خانه‌های آب به شبکه فاضلاب و تاثیر آن بر روی فرآیندهای تصفیه‌خانه فاضلاب (مطالعه موردی: تخلیه لجن تصفیه‌خانه آب شماره ۲ به خط انتقال باکری و تصفیه‌خانه غرب تهران) حامد رسولی سعدآباد و زهره اختیاریزاده

مطالب عمومی

۶۴

مصاحبه

۷۱

فناوری برتر

۷۴

معرفی کتاب

۷۶

پایان نامه برتر

۷۷

فراخوان ایده کاوی

۷۸

گزارش فعالیت های انجمن

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

این نشریه طبق نامه شماره ۱۲۹۰۲۹۰/۳/۱۸ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی-ترویجی دریافت نموده است.

انجمن آب و فاضلاب ایران

دکتر مسعود تابش

دکتر حمیدرضا صفوی

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سر دبیر

اعضای

هیئت تحریریه

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

دکتر مسعود تابش: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر علی ترابیان: استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

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

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

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

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

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

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

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

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

دکتر سارا نظیف: استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

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



شرکت آب و فاضلاب استان تهران

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

شورای سیاستگذاری

صنعت آب و فاضلاب

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

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

مشاورین
هیئت تحریریه

کارشناس اجرایی

طراح و صفحه آرا

ناشر

ترقیب انتشار

شمارگان

آدرس:

تلفن:

فکس:

ایمیل:

ناهید اختری

زهره دهقانی

انجمن آب و فاضلاب ایران

فصلنامه

۱۰۰۰ نسخه

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

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

info@jwwse.ir

پیشگفتار

۲

مقالات علمی

- ۳ مقایسه بین نانو تکنولوژی و روش های دیگر حذف آفت کش سایپر مترین از آب آلوده
بهاره کریمی و اصغر کرمی
- ۱۴ تخمین اکسیژن خواهی شیمیایی خروجی از فاضلاب صنعت پتروشیمی با استفاده از رگرسیون مقاوم
میلاذ ابو ذری، پرهام پهلوانی و غلامرضا نبی بیدهندی
- ۲۴ بررسی حذف گازوئیل شناور بر روی آب به روش اکسیداسیون با کمک آهن شش ظرفیتی
امیر رضا طلایی خوزانی، طاهره قربانی، مهسا اعمی و مرضیه باقری
- ۳۱ جایگزینی مدل مدیریتی «بهداشت آب» با «مهندسی کیفیت آب» راه کاری
برای مدیریت کارآمدتر در تامین و توزیع آب آشامیدنی
مجید قنادی
- ۴۱ مروری بر فرآیند انعقاد شیمیایی برای حذف فلزات سنگین از آب
فرهاد سلیمی
- ۵۴ بررسی و تحلیل پایان نامه های مرتبط با آب و فاضلاب (مطالعه موردی: دانشگاه تهران)
مسعود تابش، الهام قائمی و آناهیتا پورمحمدی
- ۶۱ بررسی امکان تخلیه لجن حاصل از تصفیه خانه های آب به شبکه فاضلاب و تاثیر آن بر روی فرآیندهای تصفیه خانه
فاضلاب (مطالعه موردی: تخلیه لجن تصفیه خانه آب شماره ۲ به خط انتقال باکری و تصفیه خانه غرب تهران)
حامد رسولی سعدآباد و زهره اختیارزاده

مطالب عمومی

- ۶۴ مصاحبه
- ۷۱ فناوری برتر
- ۷۴ معرفی کتاب
- ۷۶ پایان نامه برتر
- ۷۷ فراخوان ایده کاوی
- ۷۸ گزارش فعالیت های انجمن



مدیریت پایدار و توانمند منابع و مصارف آب در صنایع



دکتر محمدحسین صرافزاده

آب زیرزمینی) تأمین شوند. آب‌های شور و لب‌شور، آب باران، رطوبت هوا، پساب‌های صنعتی و شهری و زه‌آب‌های کشاورزی از جمله مهمترین منابع آب نامتعارف به‌شمار می‌آیند. دسترسی به منابع آب شور و لب‌شور، میزان بارش سالانه و درصد رطوبت هوا و همچنین حاصلخیزی خاک از جمله عواملی است که استفاده از منابع آب نامتعارف را محدود به شرایط جغرافیایی، آب‌وهوایی و پارامترهای محیطی می‌کند. در این میان، پساب‌های صنعتی و شهری نقطه تلاقی منابع و مصارف هستند که می‌توان مدار پایداری آب را بر آن‌ها استوار نمود. به‌خصوص در بخش صنعت، با توجه به این‌که عمده مصرف آب صنایع مربوط به مصارف غیرفرآیندی، نظیر شست‌وشو، گرمایش و سرمایش و یا تولید الکتریسیته می‌شود، آب باکیفیت خیلی خالص، موردنیاز نیست و با فرایندهای تصفیه نه‌چندان پیشرفته، امکان آماده‌سازی پساب برای بازیافت و استفاده مجدد در واحدهای صنعتی وجود دارد.

لازمه این امر، شناسایی کمی و کیفی جریان‌های آب مصرفی و پساب تولیدشده در واحدها و مجتمع‌های صنعتی و تفکیک از مبدأ آن‌ها براساس درجه‌بندی کیفی آن‌ها است. به این فرآیند، ممیزی آب گفته می‌شود. اهمیت ممیزی آب در صنایع در این است که علاوه بر ارائه شناختی جامع از توزیع و جریان گردش آب و پساب در سطح واحدهای صنعتی، امکان مدیریت بهتر مصرف آب را فراهم می‌آورد. همچنین از این طریق شاخصی مناسب به‌منظور درجه‌بندی صنایع کشور و واحدهای تولیدی هر صنعت از منظر مصرف آب و تولید پساب تعریف شده و بانک اطلاعاتی جامعی از وضعیت آب صنایع کشور، به‌دست خواهد آمد که در مدیریت بخش‌های مختلف کشور از قبیل صنعت، محیط‌زیست و اقتصاد در سطوح کلان و ملی، حائز اهمیت فراوان خواهد بود. خروجی اجرای فرایند ممیزی آب در واحدهای صنعتی، نمایه جامع آب آن واحد صنعتی است که شامل اطلاعات لازم کمی و کیفی از وضعیت آب آن واحد بوده و می‌تواند معیار خوبی برای تعریف یک استاندارد ملی در حوزه آب صنعتی باشد. اجرای نمودن این طرح در سطح صنایع، گام مؤثری در ارتقاء سطح کیفی مدیریت پایدار منابع آب در صنعت و نیز افزایش بهره‌وری آب صنایع خواهد بود.

دانشیار دانشکده فنی دانشگاه تهران، رئیس کرسی یونسکو در بازیافت آب و عضو هیئت تحریریه

صنایع، نقشی کلیدی در توسعه پایدار کشورها ایفا کرده و اغراق نیست اگر بگوییم حیات یک ملت در گرو پویایی بخش تولید و صنعت آن کشور است. هرچه چرخ‌دنده‌های صنعت، سریع‌تر و پرقدتر تر بچرخد، اقتصاد کشور قدرتمندتر و پویاتر خواهد بود. از این رو، فعال‌شدن هرچه بیشتر صنایع، در صدر برنامه‌های اقتصادی دولت‌ها قرار دارد. اما، با گسترش روزافزون فعالیت‌های صنعتی، اثرات متقابل این فعالیت‌ها روی محیط‌زیست، به‌دغدغه‌ای همگانی تبدیل شده و ذهن متولیان امر را در این حوزه به خود مشغول داشته است. یکی از مهمترین نگرانی‌ها در این حوزه، بحث تأمین پایدار آب برای صنایع به‌ویژه در شرایط کنونی کم‌آبی است. طبق آمار سازمان خوار و بار جهانی (FAO) حدود ۱۹٪ از کل آب مصرفی در سطح جهان، در بخش صنعت به مصرف می‌رسد. اگرچه این مقدار در مقایسه با کشاورزی که بزرگترین مصرف‌کننده آب به‌حساب می‌آید، چندان چشمگیر نیست اما به‌دلیل پیوند تنگاتنگی که بخش صنعت با رشد تولید ناخالص ملی و تحقق اهداف توسعه پایدار سرزمینی دارد، تأمین آب لازم به منظور استمرار حیات و پویایی صنایع از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. کاهش دسترسی به منابع آب شیرین به‌ویژه در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک نظیر منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) که ایران نیز در این منطقه واقع شده، تأمین آب بخش‌های مختلف به‌ویژه صنایع را به چالشی جدی تبدیل نموده است، تا آنجا که عمده صنایع آب‌بر احتمالاً چاره‌ای جز تعطیلی نخواهند داشت. این امر، در درازمدت لطمات جبران‌ناپذیری به بخش تولید کشور وارد نموده و مانعی بزرگ در تحقق اهداف توسعه پایدار خواهد شد. بنابراین، اتخاذ رویکردی پایدار برای مدیریت منابع آب در بخش صنعت، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر به‌نظر می‌رسد.

یکی از مؤثرترین راه‌حل‌های پایدار مطرح‌شده در این رابطه، استفاده از منابع آبی نامتعارف است. بنابه تعریف مؤسسه آب، محیط زیست و سلامت دانشگاه سازمان ملل (UNU-INWEH)، منابع آب نامتعارف منابعی هستند که از جایی غیر از ذخایر متداول آب شیرین (آب‌های سطحی، منابع

Comparison between Nanotechnology and Other Methods for Removal Cypermethrin Pesticide in Contaminated Water

Bahareh Karimi^{1*} and Asghar Karami²

1- Environmental Engineering, Environment and Energy Department, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Master in Analytical Chemistry, Department of Chemistry, Industrial Research Organization Sharif, Tehran, Iran

* Corresponding Author, Email: baharkarimi21@yahoo.com

Received: 23/6/2017

Revised: 22/3/2018

Accepted: 6/5/2018

Abstract

A large variety of pesticides are used for killing plant pests in the country and cypermethrin is the most common insecticide in the synthetic pyrethroid family. The entrance into drinking water resources by resistant pollutants can have negative impacts on human health and the environment. Currently, the control of pesticides in groundwater, drinking water and surface water is a serious subject. This paper reviews the previous studies concerning removal methods for cypermethrin pesticides. In recent years, scientists have been tried to design and develop new technologies for removing such pesticides. These include nanotechnology, which has many advantages in comparison to previous methods.

The advantages of nanotechnology include effective removal of contaminants, lowering of energy, eco-friendliness and cost-effectiveness in the production of healthy and high-quality water. It is found that nanotechnology is highly efficient in eliminating cypermethrin from water as collagen-CuO nanoparticles can eliminate over 90% of cypermethrin in a short period. The study also provides a comparison between nanotechnology and other methods of removing cypermethrin from contaminated water.

Keywords: Cypermethrin, Nanotechnology, Pesticides, Water.

مقایسه بین نانوتکنولوژی و روش های دیگر حذف آفت کش سایپرمتترین از آب آلوده

بهاره کریمی^{۱*} و اصغر کریمی^۲

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد، گروه شیمی، سازمان جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، تهران، ایران

* نویسنده مسئول، ایمیل: baharkarimi21@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۱/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۶

چکیده

انواع گوناگونی از آفت کش ها به منظور مبارزه با آفات گیاهی در کشور مورد استفاده قرار می گیرند و سایپرمتترین یکی از رایج ترین آفت کش های مورد استفاده در نوع خود است. ورود این آلاینده مقاوم به منابع تامین آب شرب می تواند اثرات مخربی بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشد. امروزه کنترل سموم در آب های زیرزمینی، آشامیدنی و سطحی یک ضرورت جدی است. این مطالعه به روش مروری - توصیفی بر روی مطالعات انجام شده در مورد روش های موجود برای حذف سم سایپرمتترین بر مبنای مرور مقالات جمع آوری شده است. در طی سال های اخیر دانشمندان درصدد طراحی و توسعه فناوری های نوین مانند فناوری نانو برآمده اند. حذف موثر آلاینده ها و کاهش انرژی و هزینه های تمام شده تولید آب سالم و با کیفیت، استفاده از فناوری نانو را نسبت به روش های قدیمی بیشتر مورد توجه و استقبال قرار داده است. با توجه به مقالات ارائه شده، فناوری نانو راندمان بالایی در حذف سایپرمتترین از آب داشته است، به طوری که دانه های کلاژن اصلاح شده با نانوذرات CuO که جاذبی کارآمد و موثر است توانسته در مدت زمان کوتاه بالای ۹۰٪ از سایپرمتترین را حذف کند. در مقاله حاضر مقایسه ای بین فناوری نانو با روش های دیگر حذف سم سایپرمتترین از آب آلوده انجام خواهد شد.

کلمات کلیدی: آفت کش، سایپرمتترین، آب، فناوری نانو

سوء آن‌ها بستگی به نوع ماده شیمیایی، مدت زمان استفاده، زمان در معرض، غلظت سم ورودی و میزان سمیت سم موردنظر دارد (Kamel et al., 2003; Firestone et al., 2005). استفاده گسترده از آفت‌کش‌ها و فراریت آن‌ها منجر به آلودگی زیست‌محیطی گسترده شده است. به‌علاوه آفت‌کش‌هایی با سمیت بیشتر و پایدار از نظر زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه استفاده می‌شوند و مشکلات حاد بهداشتی و اثرات زیست‌محیطی جهانی و محلی را به‌وجود می‌آورند (Ecobichon, 2001). مقرراتی برای آب آشامیدنی برای محدود کردن خطرات انسانی و آلودگی زیست‌محیطی مورد نیاز است.

این قوانین به‌خوبی در آمریکای شمالی تعریف شده است که به سطح سمیت هر ترکیب بستگی دارد و در اروپا غلظت آفت‌کش برای هر آفت‌کش به تنهایی ppm ۱/۰ و ppm ۵/۰ برای مجموع آفت‌کش‌ها در نمونه‌های آبی توصیه شده است (Racke, 1993). مصرف متوسط سالیانه آفت‌کش‌ها در کشور ایران ۲۷۰۰۰ تن است و ۶۰ نوع آفت‌کش در ایران استفاده می‌شود که شامل ۱۰٪ ارگانوکلرین، ۲۸/۴٪ ارگانوفسفره، مشتقات پیرترویدها (۱۰٪)، مشتقات کاربامات‌ها (۱۰٪) و بقیه (۴۱/۶٪) است. سرانه مصرف آفت‌کش‌ها به‌ازای هر کیلومتر مربع اراضی برابر ۱۴۶ کیلوگرم است و نسبت به سرانه اروپا (۷۰ کیلوگرم) و سرانه آمریکا (۸۰ کیلوگرم) همواره بسیار بالاتر است. تنوع مصرف آفت‌کش‌ها در اصفهان با ۷۴ نوع آفت‌کش بیشترین و زنجان با ۸ نوع آفت‌کش کمترین تنوع مصرف را دارند. در شهرستان بابل به‌ازای هر کیلومتر مربع اراضی کشاورزی ۱۲۵۴ کیلوگرم آفت‌کش مصرف می‌شود که نسبت به میانگین کشوری (۱۴۶ کیلوگرم) بسیار بالاتر است. سرانه مصرف آفت‌کش‌ها برحسب جمعیت روستائی (استان‌های مازندران مرکزی، گلستان و شهرستان بابل) در صدر جدول قرار دارند. در مناطق پرمصرف مانند شهرستان بابل و استان‌های مازندران و گلستان اجرای برنامه کنترل تلفیقی آفات ضروری است (Dehghani et al., 2011).

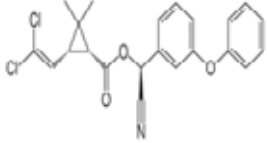
پیرترویدها به‌طور رایج در سراسر جهان استفاده می‌شوند و به‌عنوان جایگزین موفق برای حشره‌کش‌های ارگانوفسفره سنتی با توجه به مقرون به‌صرفه بودن و سمیت پایین برای پستانداران می‌باشند (Athanasios et al., 2004). سایپرمترین اولین پیرتروید مصنوعی است که اولین بار در سال ۱۹۷۴ سنتز شد

ایران به‌دلیل قرارگیری در کمربند خشک کره زمین با میانگین بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر و میزان سرانه آبی برابر ۱۷۵۰ مترمکعب برای هر نفر در سال بنابر طبقه‌بندی سازمان ملل جزء کشورهای دارای تنش در کمبود منابع آب در دسترس طبقه‌بندی می‌شود (Foltz, 2002). کمبود آب یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زمان ما است. فقدان آب تمیز و تازه مشکلی است که در سرتاسر جهان وجود دارد. تقاضای آب به‌سرعت در حال رشد است که نتیجه‌ای از افزایش جمعیت و گسترش سریع شهرنشینی است. با این حال منابع آب در مناطق پرجمعیت و مناطق خشک محدود شده است (Liu et al., 2013).

هم‌زمان با رشد جمعیت در جهان و ایجاد توسعه در صنایع مختلف، آلودگی آب آشامیدنی، به یکی از اساسی‌ترین مشکلات جهان تبدیل شده است (Mahvi et al., 2005). با بزرگ‌تر شدن شهرها و افزایش جمعیت درصد آب مصرفی که تبدیل به فاضلاب شده و وارد فاضلاب‌روها می‌شود افزایش می‌یابد و از آنجایی که وجود فاضلاب‌ها یکی از عوامل آلودگی محیط‌زیست است، این مسئله روزبه‌روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (محو و همکاران، ۱۳۹۰). دفع نادرست فاضلاب‌های شهری از طریق چاه‌های جذبی، مصرف بی‌رویه مواد شوینده و پاک‌کننده‌های بهداشتی، استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی برای افزایش میزان محصولات کشاورزی، استفاده از آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها و غیره از جمله دلایل اصلی آلودگی منابع آب آشامیدنی هستند (میران زاده و همکاران، ۱۳۸۵). این آلودگی از راه‌های مختلف از جمله دفع فاضلاب‌ها، شست‌وشوی مستقیم آفت‌کش استفاده شده، زه‌کش فعالیت‌های کشاورزی و غیره می‌تواند وارد خاک شده و از آن طریق به دیگر بخش‌های محیط‌زیست منتقل شود. جذب توسط گیاهان و ورود به زنجیره غذایی، انتقال توسط باد یا قطرات حاصل از اسپری آن به مسافت‌های طولانی‌تر از منبع استفاده و ورود به بدنه آب‌های سطحی و زیرزمینی از موارد انتقال محسوب می‌شود (El Bakouri et al., 2008). ورود این مواد آلاینده به منابع تأمین آب شرب می‌تواند اثرات بدی بر سلامتی انسان و محیط‌زیست داشته باشد که میزان بروز اثرات

(Jørs, 2004) و یکی از رایج‌ترین آفت‌کش‌های مورد استفاده در نوع خود است (برخی پیرتروئیدهای مصنوعی دیگر پرمترین و فن والریت هستند). برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سایپرمترین در جدول ۱ خلاصه شده است (Xu et al., 2011).

جدول ۱- برخی مشخصات سایپرمترین (Enstedt, 2013)

فرمول اولیه	$C_{22}H_{19}C_{12}NO_3$
ساختار سایپرمترین	
وزن ملکولی	۴۱۶/۳ g/mol
حلالیت در آب	۰/۰۰۹ mg/l
چگالی	۱/۳ g/ml
DT۵۰ در خاک	۶۰ روز
DT۵۰ فتولیز آبی	۱۳ روز
هیدرولیز آبی	۱۷۹ روز

علاوه بر حضور رنگ‌های تثبیت نشده، پیرتروئیدها برای محافظت از پنبه و پشم، در فاضلاب‌ها حضور دارند. حذف سموم مانند سایپرمترین از آب نقش مهمی را در مدیریت زیست‌محیطی دارد.

آفت‌کش‌ها به‌طور کارآمد از طریق روش‌های سنتی تصفیه آب حذف نمی‌شوند. علاوه بر این، فناوری‌های موثرتر و کم‌هزینه برای پاک‌سازی و ضدعفونی آب به‌ویژه برای مناطق روستایی نیاز است. کشورهای توسعه‌یافته قوانین سخت‌گیرانه‌ای را برای تصفیه آب دارند به‌خصوص برای ترکیبات آفت‌کش (سطوح ۰/۱ mg/l).

با توجه به مصرف زیاد آفت‌کش‌ها در کشور ما و سمیت بالای سم سایپرمترین برای موجودات زنده و ورود آن به منابع آبی در این مقاله به بررسی روش‌های مختلف حذف سم سایپرمترین از آب آلوده پرداخته می‌شود. این مقاله مروری به طبقه‌بندی تحقیقات انجام شده در این موضوع و ارزیابی و مقایسه راه‌کارها و روش‌های موجود می‌پردازد و هدف آن فراهم کردن یک دیدگاه به‌خوبی سازماندهی شده و کامل از کارهای انجام شده در موضوع تحقیق است.

۲- روش کار

این مطالعه به‌روش مروری- توصیفی بر روی مطالعات انجام شده در مورد روش‌های موجود برای حذف سم سایپرمترین بر مبنای مرور مقالات موجود می‌پردازد. سایت‌های مورد استفاده عبارت بودند از: Scopus، Springer، Pubmed و معیار ورود اطلاعات، مقالات مرتبط با موضوع و حاوی کلمات کلیدی تحقیق بوده است.

۳- نتایج و بحث

سایپرمترین همان‌طور که گفته شد یک ماده خیلی سمی برای کلیه میکروارگانیسم‌ها است. در این مقاله حذف سایپرمترین به‌وسیله روش‌های مختلف بررسی و تحقیقات انجام شده در این زمینه مرور می‌شوند. مهم‌ترین نتایج مطالعات انجام شده در در جدول ۲ ارائه شده است.

سایپرمترین حلالیت پایینی در آب دارد و برای ارگانیسم‌های آبی تحت شرایط آزمایشگاهی بسیار سمی است. اثرات غیرمستقیم سایپرمترین در آب شیرین، کاهش جمعیت سخت‌پوستان و پلانکتون‌ها و موجودات پس از آن در زنجیره غذایی می‌باشد (Friberg-Jensen et al., 2003; Wendt-Rasch et al., 2003). سایپرمترین فرار نیست و خیلی برای پستانداران سمی است (Xu et al., 2011). سایپرمترین برخلاف بسیاری از پیرتروئیدها به‌سادگی شکسته نمی‌شود و در برابر نور خورشید مقاوم است. سایپرمترین در سمیت بالا، برای محیط‌زیست خطرناک است.

به‌دلیل تاثیر مستقیم بر سیستم عصبی این ماده برای حیوانات خطرناک بوده و می‌تواند منجر به فلج شدن و در برخی موارد مرگ آن‌ها شود. اخیراً گمانه‌زنی‌هایی در مورد سرطان‌زا بودن سایپرمترین شکل گرفته است (فاضل و همکاران، ۱۳۹۳). صنعت نساجی یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان صنعتی فاضلاب آلوده است.

جدول ۲- مطالعات انجام شده در رابطه با حذف سایبرمترین به وسیله روش‌های مختلف

مرجع	مزایا و معایب	راندمان حذف	زمان (دقیقه)	روش حذف مورد استفاده
Nejaei et al. (2017)	مزایا: دوستدار محیط‌زیست و سازگار با آن، راندمان حذف بالا، سطح ویژه زیاد، مقرون به صرفه، سریع معایب: جداسازی با سانتریفیوز یا فیلتراسیون، فرآیند تولید چندمرحله‌ای	%۹۴	۳۰	-CuO نانوذرات کلازن (CG-CuO-NPS)
Bouya et al. (2012)	مزایا: کاتالیزور، اکتروثابت هستند (بنابراین نیاز به جداسازی کاتالیزور از مخلوط واکنش کاهش می‌یابد)، متغیرها به راحتی کنترل می‌شود، سریع معایب: پرهزینه، پیچیده، تاثیر متغیر	%۷۵	-	روش الکتروشیمیایی
Jilani and Khan (2006)	مزایا: دوستدار محیط‌زیست، ارزان قیمت معایب: مشکل در پیش‌بینی عملکرد چنین سیستم‌هایی است که بارگذاری ترکیبات آلی خاص بالاست، یک مشکل خاص در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی وجود تعداد زیادی تخلیه ناپیوسته است که این امر پیش‌بینی غلظت‌های پساب را از طریق مدل‌های صنعتی سخت می‌کند، نسبتاً کند، اثرات متغیر، قادر به حذف طیف وسیعی از آلاینده‌های نوظهور نیستند	%۸۲	۲۸۸۰	تجزیه زیستی از طریق باکتری سودوموناس در یک فرایند لجن فعال ناپیوسته
Domingues et al. (2007)	مزایا: نسبتاً سریع، تخلخل و سطح ویژه و ظرفیت خیلی بالا، توانایی استفاده در مقیاس وسیع، انعطاف‌پذیری و سادگی طراحی، سهولت عملیات، عدم حساسیت به آلاینده‌های سمی معایب: موثر در تصفیه فاضلاب با غلظت آفت‌کش باعث تجزیه آلاینده نمی‌شود، کمتر از ۱۰۰۰ ppm هزینه بالای تولید و بازسازی آن، توانایی کربن فعال در جذب آلاینده‌های آلی نسبتاً پایین است، برای کاربرد آن نیاز به نیروی متخصص	GAC: (۱۸۶ µg/g)	۱۴۴۰	کربن فعال
امینی و همکاران (۱۳۹۵)	مزایا: دسترسی به سایت‌های جذب و سطح ویژه بالا، سایت‌های جذب بیشتر و انتخابی، شیمی سطح قابل تنظیم، استفاده مجدد آسان معایب: هزینه‌های تولید بالا، احتمال خطر برای سلامتی	۲۷۷/۷ mg/g	۶۰	نانوکربن لوله‌ای
Turoti and Bello (2013)	مزایا: در حذف انواع آفت‌کش‌ها موثر است، مقرون به صرفه، نسبتاً سریع، تخلخل مناسب، دانسیته مناسب، انعطاف‌پذیری و سادگی طراحی، سهولت عملیات، عدم حساسیت به آلاینده‌های سمی، دوستدار محیط زیست معایب: باعث تجزیه آلاینده نمی‌شود، تخلیه مشکل فرآورده جانبی غیرقابل استفاده	%۹۴	-	جاذب پوسته درخت کاکائو فعال شده با سدیم کلراید

جذب، یک روش ساده و کارآمد برای حذف ترکیبات آلی و غیرآلی در تصفیه آب آشامیدنی است. همچنین تکنیک اقتصادی کارآمدی را ارائه می‌کند که به‌طور گسترده برای تجمع ترکیبات آلی از آب‌های آلوده بر روی مواد جامد استفاده می‌شود (Homem and Santos, 2011). جذب سطحی به‌دلیل هزینه پایین، انعطاف‌پذیری بالا، طراحی و راه‌بری ساده و غیرحساس بودن و قابلیت بالای حذف مواد سمی و خطرناک به‌عنوان یک روش جذب در آب و فاضلاب مورد توجه است (Rafatullah et al., 2009). در بین جاذب‌های مختلف از قبیل کربن فعال (ACs)، زئولیت‌ها و رزین‌ها، ACs به‌دلیل چند ویژگی مختلف مانند قابلیت حذف طیف وسیعی از آلاینده‌ها، پایداری حرارتی، یکی از انواع جاذب‌های رایج مورد استفاده در تصفیه آب هستند. با این حال کاربرد ACs به‌چند دلیل مختلف مانند سینتیک جذب پایین و بازسازی دشوار محدود شده است. جذب آلاینده‌های موجود در آب و یا هر محیط‌زیست دیگر به‌طور موفقیت‌آمیزی با استفاده از کربن فعال حاصل از محصولات جانبی کشاورزی انجام شده است که شامل پوسته‌های دانه نخل (Wu et al., 1999)، پوسته بادام زمینی (Gimba et al., 2010)، پوسته نارگیل (Mozammel et al., 2002)، دانه ذرت (Tsai et al., 2001) می‌شود. برای حذف آفت‌کش دی کلرووس از محیط آبی از کربن فعالی که از پوسته بادام زمینی (Gimba et al., 2010) تهیه شده استفاده شده است. به‌نظر می‌رسد که حذف آفت‌کش توسط کربن فعال حاصل از محصولات جانبی کشاورزی کم است. (Boussahel et al. 2002). گزارش کردند که راندمان حذف اترالین با استفاده از CaCl_2 یا CaSO_4 ۹۰٪ است. (Bojemueller et al. 2001). گزارش کردند که آفت‌کش متولاکلر می‌تواند توسط بنتونیت جذب شود و راندمان جذب با افزایش دما دو برابر می‌شود. (Chowdhury et al. 2011). گزارش کردند که پوسته برنج تصفیه شده می‌تواند ۹۷٪-۸۹٪ از آفت‌کش مالاکیت سبز را حذف کند. (Akhtar et al. 2007). پتانسیل جذب مواد زائد کشاورزی انتخابی (برنج، پوسته برنج، کاه، نیلشکر) را برای حذف آفت‌کش متیل پاراتیون از فاضلاب بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که راندمان حذف آفت‌کش در محدوده ۹۰٪-۷۰٪ در زمان ۹۰ دقیقه بود. هیدرولیز یک آفت‌کش اساساً یک واکنش با مولکول آب است که شامل کاتالیز خاص با پروتون یا هیدروکسید و گاهی اوقات

موجودات غیرآلی مانند یون فسفات موجود در محیط آبی است که نقش کاتالیز اسید پایدار را ایفا می‌کنند (Katagi, 2002). (Desmarchelier 1987) از کلسیم هیدروکسید برای هیدرولیز استر استفاده کرد و دریافت که این ماده جایگزین ایمن‌تری نسبت به هیدروکسیدهای سدیم و پتاسیم برای هیدرولیز فنیتروتیون است. (Lee et al. 1984). بیان کردند که تحت شرایط اولیه سدیم پربورات در هیدرولیز سموم ارگانوفسفره موثرتر از سدیم هیدروکسید بود. بدوی و احمد بیان کردند که هیدرولیز آفت‌کش‌های دیازینون، سایپرمترین و کارباریل موثر بود و با افزودن کمپلکس یون مس (II) افزایش یافت. دی کلرو فنیل تری کلرو اتان به‌طور معمول نسبت به تجزیه بیولوژیکی مقاوم است. گزارش شده است که در یک محیط کشت بی‌هوازی به دنبال یک محیط کشت هوازی تجزیه می‌شود (Pfaender and Alexander, 1972). (Bhadbhade et al. 2002). گزارش کردند که باکتری جدا شده از خاک قادر به تجزیه ۹۳٪-۸۳٪ از آفت‌کش ارگانوفسفره، مونوکروتوفوس است. (Tang and You 2012). گزارش کردند که باکتری قادر به تجزیه ۹۵٪-۳۳٪ از آفت‌کش تریازوفوس است. از آن جایی که سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی مانند لجن فعال و صافی‌های چکنده بیولوژیکی قادر به حذف طیف وسیعی از آلاینده‌های نوظهور نیستند، بیشتر این ترکیبات محلول در پساب باقی می‌مانند (Arcury et al., 2003; Homem and Santos, 2011; Daughton, 2001). تصفیه بیولوژیکی یک روش ارزان‌قیمت و مناسب برای حذف آلاینده‌ها است. اما برای آلاینده‌های سخت تجزیه‌پذیر زمان تطبیق لجن طولانی بوده، همچنین در مورد راندمان حذف نمی‌توان پیش‌بینی یکسان داشت و به‌طور معمول مقادیر آن پایین است (حسن زاده و همکاران، ۱۳۹۲). در این روش با استفاده از واکنش‌های اکسید و احیاء در سطح کاتد و آند مولکول آلاینده تخریب شده و کنترل پارامترهای شدت جریان، pH، زمان تماس، دما، جنس و ابعاد هندسی آند و کاتد، غلظت آلاینده و ساختار آن اهمیت ویژه‌ای در راندمان حذف دارند (حسن زاده و همکاران، ۱۳۹۲). تعدادی از محققین الکترواکسیداسیون متیداتیون در محلول نمک با استفاده از آندهای الماس دوتایی بور و آندهای SnO_2 را بررسی کردند.

(Hachami et al., 2008, 2010; Errami et al., 2011; Salghi et al., 2011). تعدادی در مورد الکترو اکسیداسیون آفت‌کش‌های ارگانوفسفره مختلف مانند متیل پاراتیون (Arapoglou et al., 2003; Vlyssides et al., 2004b)، فوزالون، آزیفوس متیل، متیداتیون (Vlyssides et al., 2004a) و دیازینون (Vlyssides et al., 2005) مطالعه کردند. در کشورهای در حال توسعه مقدار زیادی از آلاینده‌ها مانند میکروآلاینده‌ها در حال ورود به منابع آب هستند. فرآیندهای متعارف تصفیه مانند کلرزنی و ازن‌زنی مقدار زیادی از مواد شیمیایی را مصرف می‌کند و علاوه بر این محصولات جانبی سمی تولید می‌کند. انطباق فناوری پیشرفته نانو با فناوری‌های سنتی، فرصت‌های جدیدی را برای توسعه فرآیندهای پیشرفته آب و فاضلاب ارائه می‌دهد. امروزه با ورود فناوری‌های نوین از قبیل زیست‌فناوری و نانوفناوری، مواد و راهکارهای جدید برای تصفیه آب و فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی معرفی شده است. در تکنولوژی نانو به دلیل کاهش اندازه ذرات، سطح افزایش می‌یابد و افزایش نسبت سطح به حجم نانوذرات باعث می‌شود که اتم‌های واقع در سطح، اثر بسیار بیشتری نسبت به اتم‌های درون حجم ذرات،

بر خواص فیزیکی ذرات داشته باشند. این ویژگی واکنش‌پذیری نانوذرات را به شدت افزایش می‌دهد و راندمان آن‌ها را در حذف آلاینده‌های آلی بالا می‌برد. از این میان می‌توان به استفاده از نانو ذرات، ژئولیت‌ها نانو فتوکاتالیست‌ها، نانوسنسورها و نانوذرات مغناطیسی اشاره نمود. با استفاده از نانوذرات مغناطیسی می‌توان به جای تکنولوژی فیلتراسیون یا مرحله سانتریفیوژ، از میدان مغناطیسی خارجی برای جداسازی فاز جامد و مایع استفاده کرد (Lin et al., 2013). به عبارت دیگر مشکل اصلی در زمینه استفاده از جاذب‌هایی با اندازه نانو، مرحله جداسازی آن‌ها از محلول به دلیل کوچک بودن اندازه ذرات است. بنابراین پراکندگی و تولید آلودگی ثانویه از مشکلات اصلی این سیستم‌ها است. اخیراً روش جداسازی مغناطیسی به دلیل هزینه کم، سادگی و سرعت مطلوب و همچنین راندمان بالا به طور گسترده‌ای استفاده شده است (Mohan et al., 2011; Fuertes and Tartaj, 2006). شکوهی و همکاران (۱۳۹۰) و خدابخشی و همکاران (۱۳۹۰) در حذف آلاینده‌ها از محیط‌های آبی، از روش مغناطیسی به منظور جداسازی جاذب از فاز مایع استفاده کردند. در جدول ۳ کاربرد نانو کامپوزیت‌های زیستی در حذف آفت‌کش‌ها آورده شده است.

جدول ۳- کاربرد نانو کامپوزیت زیستی در حذف آفت‌کش

مرجع	راندمان حذف (%)	مکانیسم حذف	ماتریکس پلیمر زیستی	نانو ذرات	آفت کش هدف	گروه آفت کش
Jaiswal et al. (2012)	۹۹/۹	جذب	کیتوزان	CuO	مالاتیون	ارگانوفسفاته
Sahithya et al. (2015)	۹۳/۴	جذب	کیتوزان	CuO-MMT	دی کلرووس	
Sahithya et al. (2015)	۸۷/۸	جذب	Gum ghatti	CuO-MMT		
Sahithya et al. (2015)	۶۳۳/۳	جذب	پلی لاکتیک اسید	CuO-MMT		
Dehaghi et al. (2014)	۹۹	جذب	کیتوزان	ZnO	پرمترین	پیرتروئید
Saifuddin et al. (2011)	۹۴	جذب	کیتوزان	Ag	آترازین	ترازین

نانو لوله کربنی یکی از عناصر پایه فناوری نانو است. این لوله‌ها در اندازه‌های متفاوت هستند و می‌توانند تک‌دیواره یا چنددیواره باشند. کاربردهای این لوله‌ها به واسطه خواص بسیار جالبی همچون اندازه کوچک، چگالی کم، سختی و استحکام بالا بسیار

متفاوت است (Huang et al., 2008). بیشتر تکنیک‌های سنتی مانند استخراج، جذب و الکتروشیمیایی عموماً موثر هستند، اما اغلب بسیار گران هستند. بنابراین، توانایی کاهش مواد سمی به سطوح ایمنی به طور موثر و با هزینه معقول، بسیار مهم است.

در این راستا، فناوری‌های نانو می‌توانند نقش مهمی ایفا کنند (Chorawalaa and Mehta, 2015).

۴- پتانسیل بهداشتی و زیست محیطی نانوذرات

نانو مواد در آب اثر مستقیمی را بر سلامتی انسان ندارند اما امکان جذب نانو مواد از طریق مصرف ماهی وجود دارد. بنابراین تاثیر نانومواد بر روی آب‌زیان باید مورد توجه قرار گیرد. چند فاکتور در سمیت این قبیل مواد تاثیر دارد، از جمله: نوع نانوذرات و ترکیب شیمیایی آن‌ها، زمان مواجهه، غلظت و اندازه نانوذرات (Gehrke et al., 2015). به‌عنوان مثال غلظت‌های کم مولکول‌های C60 و نانو دی‌اکسید تیتانیوم در آب بسته به نوع کاربرد می‌تواند برای دافنیا خطرناک باشد (Lovern and Klaper, 2006). حداقل سمیت TiO_2 وارد شده به منابع آب به‌طور معمول در عرض ۴۸ ساعت زمان مواجهه و سمیت بالاتری با ۷۲ ساعت زمان مواجهه برای دافنیا ایجاد می‌شود (Shatkin, 2017). (Zhu et al., 2010). چنین اظهار داشته که ماهی‌ها می‌توانند نانوذرات را از آب یا باکتری‌های

موجود در آب جذب نموده و از این طریق ذراتی را که ممکن است سمی‌تر، متحرک‌تر و پایدارتر شده‌اند دریافت دارند. همچنین مشخص شده که نانو ذرات نقره به واسطه خواص ضدباکتریایی خود اثرات نامطلوبی بر تصفیه فاضلاب داشته و نیز باعث تغییر در ترکیب جمعیت میکروبی آب می‌شود (Zhang et al., 2003; Hannah and Thompson, 2008).

فاکتور خطر به‌صورت ضریب غلظت زیست‌محیطی پیش‌بینی شده و غلظت اثر پیش‌بینی نشده تعریف می‌شود. اگر فاکتور خطر $1 \leq$ باشد آزمایش بیشتری نیاز است و اگر فاکتور خطر $1 >$ باشد هیچ خطری برای محیط‌زیست ندارد و آزمایش‌های بیشتری نیاز نیست (TGD, 2003). جدول ۳ نشان می‌دهد که نانو ذرات نقره، نانو ذرات اکسید روی و نانو ذرات اکسید تیتانیوم مخاطرات زیست‌محیطی قابل‌توجهی را در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب دارد. غلظت زیست‌محیطی پیش‌بینی شده برای نانوذرات نقره بسیار بالا بود که حتی در آب‌های سطحی اثرات مضر را داشت. با توجه به این مطالعه، فولرن و نانو لوله‌های کربنی اثر مهمی ندارند (Gehrke et al., 2015).

جدول ۴- فاکتور خطر برای نانوذرات مختلف در آب سطحی، پساب تصفیه‌خانه فاضلاب در اروپا، ایالت متحده و سوئیس

(Gehrke et al., 2015)

نوع آب	سوئیس	آمریکا	اروپا
		Nano TiO_2	
آب سطحی	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۵
پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب	۴/۳	۱/۸	۳/۵
		Nano-ZnO	
آب سطحی	۰/۳۲	۰/۰۲	۰/۲۵
پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب	۱۱	۷/۷	۱۰/۸
		Nanosilver	
آب سطحی	۱/۰۳	۰/۱۷	۱/۱
پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب	۵۵/۶	۳۰/۱	۶۱/۱
		CNT	
آب سطحی	$< ۰/۰۰۰۵$	$< ۰/۰۰۰۵$	$< ۰/۰۰۰۵$
پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب	$< ۰/۰۰۰۵$	$< ۰/۰۰۰۵$	$< ۰/۰۰۰۵$
		Fullerene	
آب سطحی	$< ۰/۰۰۰۵$	$< ۰/۰۰۰۵$	$< ۰/۰۰۰۵$
پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۶

۵- نتیجه گیری

با توجه به مطالب ارائه شده می توان نتیجه گیری کرد که روش الکتروشیمی، روش های جذبی و تخریب زیستی نتایج خوبی در حذف سم سایپرترین دارند، اما روش الکتروشیمی به دلیل صرف هزینه بالا، روش های جذبی به دلیل بازسازی دشوار و تخریب زیستی به دلیل مشکل در پیش بینی عملکرد سیستم محدود شده اند. بنابراین می توان گفت تکنولوژی نانو راهکار جدیدی برای تصفیه آب و فاضلاب است و با نگاهی به مشکلات تأمین آب در ایران و نیاز مبرم کشور به منابع جدید باید از فناوری های نوین در این راه بهره جست. این مهم در سایه انجام نیازسنجی و مطالعه دقیق اولیه تحقق می یابد. با توجه به این که در سال های اخیر، ایران در حال اوج گیری در زمینه پژوهش های نانو است، عقلانی به نظر می رسد که در سمت و سوی برنامه های کلان آب در کشور از فناوری نانو به عنوان یک پشتیبان قوی استفاده شود. مواد نانو مهندسی مانند نانوجاذب ها، نانوفلرات، نانوغشاها و فتوکاتالیست ها که با تکنولوژی های موجود سازگار هستند می توانند به سادگی با واحدهای متعارف ترکیب شوند. یکی از مهم ترین مزایای استفاده از نانومواد در مقایسه با فناوری های معمول آب، توانایی آن در تلفیق خواص مختلف است که منجر به سیستم های چندمنظوره مانند غشاهای نانوکامپوزیت می شود که هم توانایی حفظ ذره و هم حذف آلاینده را دارد. علاوه بر این نانو مواد قادرند راندمان فرایند را به دلیل ویژگی های منحصر به فردشان افزایش دهند. با این حال چندین نقص وجود دارد. موادی که روی سطح نانوذرات قرار می گیرند و آن را عامل دار می کند دارای پتانسیل خطر هستند، زیرا نانوذرات ممکن است به محیط زیست منتقل شوند و در طی مدت زمان طولانی تجمع کنند. تا به امروز هیچ سیستم نظارت آنلاین وجود ندارد که داده های اندازه گیری قابل اعتمادی در زمان واقعی در مورد کیفیت و کمیت نانو ذرات که به مقدار کمی در آب وجود دارند ارائه دهد. به منظور به حداقل رساندن مخاطرات سلامتی، چندین مقررات و قوانین ملی و بین المللی در حال آماده سازی هستند. یکی دیگر از محدودیت های فنی تکنولوژی های نانو مهندسی آب این است که آن ها به ندرت به فرآیندهای انبوه سازگار هستند و در حال حاضر در بسیاری از موارد رقیبی برای تکنولوژی های تصفیه متعارف نیستند. آمادگی تکنولوژی نانو برای تجاری شدن بسیار متفاوت است.

بعضی از آن ها در حال حاضر در بازار هستند در حالی که یک سری از آنها برای این که بتوانند در مقیاس کامل و واقعی استفاده شوند نیازمند تحقیقات قابل توجه هستند. توسعه و تجاری سازی آینده آن ها با چالش های مختلفی مواجه است، از جمله موانع فنی، مقرون به صرفه بودن و احتمال خطر زیست محیطی و انسانی. دو نیاز عمده تحقیقاتی برای کاربرد کامل مقیاس نانو در تصفیه آب و فاضلاب وجود دارد. اول، عملکرد فناوری های مختلف نانو باید در شرایط واقعی تر انجام شود تا کاربرد و کارایی فناوری های مختلف نانو ارزیابی شود. ثانیاً، اثربخشی درازمدت فناوری های نانو، تاحدودی ناشناخته است، زیرا بیشتر مطالعات آزمایشگاهی برای مدت زمان نسبتاً کوتاه انجام می شود. با این وجود، مواد نانو مهندسی در دهه های آتی، به ویژه برای سیستم های تصفیه غیرمتمرکز، دستگاه های تصفیه آب و آلاینده های سخت تجزیه پذیر بسیار مورد توجه قرار گرفته اند.

۶- مراجع

- امینی، م.، احمدی پناه، ح. و خضری، مصطفی.، (۱۳۹۵)، "حذف آفت کش سایپرترین از پساب کشاورزی با استفاده از نانولوله کربنی"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست-آب و فاضلاب، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد تهران غرب، تهران، ایران.
- حسن زاده، پ.، گنجی دوست، ح. و آیتی، ب.، (۱۳۹۲)، "مطالعه سینتکی فرایند تلفیقی اکسیداسیون و فتوکاتالیستی نانوذرات آهن در تصفیه فاضلاب صنایع دارویی (مطالعه موردی: اکسی تتراسایکلین)"، پایان نامه دکترای مهندسی عمران-محیط زیست، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
- خدابخشی، ع.، مهدی امین، م. و سدهی، م.، (۱۳۹۰)، "حذف کروم شش ظرفیتی از پساب شبیه سازی شده صنایع آبکاری توسط نانوذرات مگنتیت"، مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، ۱۳(۴)، ۹۴-۱۰۱.
- شکوهی، ر.، سمرقندی، م.ر.، پورفرضی، ف.، شهرزاد سیبینی، م. و واحدی، ح.، (۱۳۹۰)، "حذف رنگ اکتیو بلک ۵ از محیط های آبی با استفاده از جذب بر روی مهره های

- pesticide on a SnO_2 anode", *International Journal of Electrochemical Science*, 7, 7453.
- Chorawala, K.K., and Mehta, M.J., (2015), "Applications of nanotechnology in wastewater treatment", *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*, 2, 21-26.
- Chowdhury, S., Mishra, R., Saha, P., and Kushwaha, P., (2011), "Adsorption thermodynamics, kinetics and isosteric heat of adsorption of malachite green onto chemically modified rice husk", *Desalination*, 265, 159-168.
- Daughton, C.G., (2001), *I. PPCPs as environmental pollutants. II. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Overarching issues and overview*, US Environmental Protection Agency, National Exposure Research Laboratory Environmental Sciences.
- Dehaghi, S.M., Rahmanifar, B., Moradi, A.M., and Azar, P.A., (2014), "Removal of permethrin pesticide from water by chitosan-zinc oxide nanoparticles composite as an adsorbent", *Journal of Saudi Chemical Society*, 18, 348-355.
- Dehghani, R., Moosavi, S.G., Esalmi, H., Mohammadi, M., Jalali, Z., and Zamini, N., (2011), "Surveying of pesticides commonly on the markets of Iran in 2009", *Journal of Environmental Protection*, 2, 1113.
- Desmarchelier, J., (1987), "Kinetics of alkaline and peroxide-catalyzed hydrolysis of fenitrothion", *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 22, 403-411.
- Domingues, V.F., Priolo, G., Alves, A.C., Cabral, M.F., and Delerue-Matos, C., (2007), "Adsorption behavior of α -cypermethrin on cork and activated carbon", *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 42, 649-654.
- Ecobichon, D.J., (2001), "Pesticide use in developing countries", *Toxicology*, 160, 27-33.
- Elbakouri, H., Morillo, J., Usero, J., and Ouassini, A., (2008), "Potential use of organic waste substances as an ecological technique to reduce pesticide ground water contamination", *Journal of Hydrology*, 353, 335-342.
- Enstedt, H., (2013), "Using a biotrickling filter for degradation of cypermethrin, an insecticide frequently used in Tahuapalca, Bolivia", Department of Physics, Chemistry and Biology, Linkoping University.
- Errami, M., Salghi, R., Abidi, N., Bazzi, L., Hammouti, B., Chakir, A., Roth, E., and Al-Deyab, S., (2011). Electrooxidation of bupirimate: A comparative
- مغناطیسی آلزینات سدیم سنتز شده"، *مجله سلامت و محیط*, ۴(۱)، ۱۰-۱.
- فاضل، ش.، کاظمی، ا.ص. و اعلائی زاده، م.، (۱۳۹۳)، "تاثیر pH بر تصفیه فتوکاتالیستی فاضلاب حاوی سایپرمتترین در راکتور با بستر TiO_2 تثبیت شده"، *مهندسی شیمی ایران*، ۱۳(۷۶)، ۲۲-۱۳.
- مجوی، ا.ح.، عسگری، ع. و دهقانی فرد، ع.، (۱۳۹۰)، *شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و رواناب‌های سطحی*، انتشارات خانیان.
- میران زاده، م. ب.، مصطفایی، غ. و جلالی کاشانی، ا.، (۱۳۸۵)، "بررسی غلظت نیترات در آب چاه‌های تامین‌کننده و شبکه توزیع آب شهر کاشان در سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۸۴"، *فصلنامه علمی - پژوهشی فیض*، ۱۰(۲)، ۴۵-۳۹.
- Akhtar, M., Hasany, S.M., Bhanger, M., and Iqbal, S., (2007), "Low cost sorbents for the removal of methyl parathion pesticide from aqueous solutions", *Chemosphere*, 66, 1829-1838.
- Arapoglou, D., Vlyssides, A., Israilides, C., Zorpas, A., and Karlis, P., (2003), "Detoxification of methyl-parathion pesticide in aqueous solutions by electrochemical oxidation", *Journal of Hazardous Materials*, 98, 191-199.
- Arcury, T.A., Quandt, S.A., and Mellen, B., (2003), "An exploratory analysis of occupational skin disease among Latino migrant and seasonal farmworkers in North Carolina", *Journal of Agricultural Safety and Health*, 9, 221.
- Athanassiou, C., Papagregoriou, A., and Buchelos, C.T., (2004), "Insecticidal and residual effect of three pyrethroids against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on stored wheat", *Journal of Stored Products Research*, 40, 289-297.
- Bhadbhade, B.J., Sarnaik, S.S., and Kanekar, P.P., (2002), "Bioremediation of an industrial effluent containing monocrotophos", *Current Microbiology*, 45, 346-349.
- Bojemueller, E., Nennemann, A., and Lagaly, G., (2001), "Enhanced pesticide adsorption by thermally modified bentonites", *Applied Clay Science*, 18, 277-284.
- Boussahel, R., Montiel, A., and Baudu, M., (2002), "Effects of organic and inorganic matter on pesticide rejection by nanofiltration", *Desalination*, 145, 109-114.
- Bouya, H., Errami, M., Salghi, R., Bazzi, L., Zarrouk, A., Al-deyab, S., Hammouti, B., Bazzi, L., and Chakir, A., (2012), "Electrochemical degradation of cypermethrin

- "Removal of ammonia by OH radical in aqueous phase", *Environmental Science and Technology*, 42, 8070-8075.
- Jaiswal, M., Chauhan, D., and Sankararamakrishnan, N., (2012), "Copper chitosan nanocomposite: Synthesis, characterization and application in removal of organophosphorous pesticide from agricultural runoff", *Environmental Science and Pollution Research*, 19, 2055-2062.
- Jilani, S., and Khan, M.A., (2006), "Biodegradation of cypermethrin by pseudomonas in a batch activated sludge process", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3, 371-380.
- Jors, E., (2004), "Acute pesticide poisonings among small-scale farmers in La Paz County, Bolivia", Department of International Health, Institute of Public Health, Faculty of Health Sciences, University of Copenhagen.
- Kamel, F., Rowland, A.S., Park, L.P., Anger, W.K., Baird, D.D., Gladen, B.C., Moreno, T., Stallone, L., and Sandler, D.P., (2003), "Neurobehavioral performance and work experience in Florida farmworkers", *Environmental Health Perspectives*, 111(14), 1765-1772.
- Katagi, T., (2002), "Abiotic hydrolysis of pesticides in the aquatic environment", *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 175, 79-262.
- Lee, G., Kenley, R.A., and Winterle, J.S., (1984), *Reaction of sodium perborate with organophosphorus esters*, ACS Publications.
- Lin, Y., Xu, S., and Li, J., (2013), "Fast and highly efficient tetracyclines removal from environmental waters by graphene oxide functionalized magnetic particles", *Chemical Engineering Journal*, 225, 679-685.
- Liu, X., Wang, M., Zhang, S., and Pan, B., (2013), "Application potential of carbon nanotubes in water treatment: A review", *Journal of Environmental Sciences*, 25, 1263-1280.
- Lovern, S.B., and Klaper, R., (2006), "Daphnia magna mortality when exposed to titanium dioxide and fullerene (C60) nanoparticles", *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25, 1132-1137.
- Mahvi, A., Nouri, J., Babaei, A., and Nabizadeh, R., (2005), "Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2, 41-47.
- Mohan, D., Sarswat, A., Singh, V.K., Alexandre-Franco, M., and Pittman, C.U., (2011), "Development of magnetic activated carbon from almond shells for trinitrophenol removal from water", *Chemical study of SnO₂ and boron doped diamond anodes", *International Journal of Electrochemical Science*, 6, 4927-4938.*
- Firestone, J.A., Smith-Weller, T., Franklin, G., Swanson, P., Longstreth, W., and Checkoway, H., (2005), "Pesticides and risk of Parkinson disease: A population-based case-control study", *Archives of Neurology*, 62, 91-95.
- Foltz, R.C., (2002), "Iran's water crisis: Cultural, political, and ethical dimensions", *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 15, 357-380.
- Friberg-Jensen, U., Wendt-Rasch, L., Woin, P., and Christoffersen, K., (2003), "Effects of the pyrethroid insecticide, cypermethrin, on a freshwater community studied under field conditions. I: Direct and indirect effects on abundance measures of organisms at different trophic levels", *Aquatic Toxicology*, 63, 357-371.
- Fuertes, A.B., and Tartaj, P., (2006), "A facile route for the preparation of superparamagnetic porous carbons", *Chemistry of Materials*, 18, 1675-1679.
- Gehrke, I., Geiser, A., and Somborn-Schulz, A., (2015), "Innovations in nanotechnology for water treatment", *Nanotechnology, Science and Applications*, 8, 1-17.
- Gimba, C., Salihu, A.A., Kagbu, J., Turoti, M., Itodo, A., and Sariyya, A., (2010), "Study of pesticide (Dichlorvos) removal from aqueous medium by Arachis hypogaea (groundnut shell) using GC/MS", *World Rural Observations*, 2(1), 1-9.
- Hachami, F., Salghi, R., Errami, M., Bazzi, L., Hormatallah, A., Chakir, A., and Hammouti, B., (2010), "Electrochemical oxidation of methidathion organophosphorous pesticide", *Phys Chem News*, 52, 107-111.
- Hachami, F., Salghi, R., Mihit, M., Bazzi, L., Serrano, K., Hormatallah, A., and Hilali, M., (2008), "Electrochemical destruction of methidathion by anodic oxidation using a boron-doped diamond electrode", *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*, 6(62), 35-40.
- Hannah, W., and Thompson, P.B., (2008), "Nanotechnology, risk and the environment: A review", *Journal of Environmental Monitoring*, 10, 291-300.
- Homem, V., and Santos, L., (2011), "Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: A review", *Journal of Environmental Management*, 92, 2304-2347.
- Huang, L., Li, L., Dong, W., Liu, Y., and Hou, H., (2008),

- Market, Part I-IV, European Chemicals Bureau (ECB), JRC-Ispira (VA), Italy, April 2003, Part II, European Commission Joint Research Centre, EUR, 20418.
- Tsai, W., Chang, C., Wang, S., Chang, C., Chien, S., and Sun, H., (2001), "Preparation of activated carbons from corn cob catalyzed by potassium salts and subsequent gasification with CO₂", *Bioresource Technology*, 78, 203-208.
- Turoti, M., and Bello, E., (2013), "Cypermethrin adsorption unto sodium chloride-activated cacao theobroma (Cocoa) pod using digital GC", *World Rural Observations*, 5(2), 20-29.
- Vlyssides, A., Arapoglou, D., Israilides, C., and Karlis, P., (2004a), "Electrochemical oxidation of three obsolete organophosphorous pesticides stocks", *Journal of Pesticide Science*, 29, 105-109.
- Vlyssides, A., Barampoti, E.M., Mai, S., Arapoglou, D., and Kotronarou, A., (2004b), Degradation of methylparathion in aqueous solution by electrochemical oxidation", *Environmental Science and Technology*, 38, 6125-6131.
- Vlyssides, A., Arapoglou, D., Mai, S., and Barampouti, E.M., (2005), "Electrochemical detoxification of four phosphorothioate obsolete pesticides stocks", *Chemosphere*, 58, 439-447.
- Wendt-Rasch, L., Friberg-Jensen, U., Woin, P., and Christoffersen, K., (2003), "Effects of the pyrethroid insecticide cypermethrin on a freshwater community studied under field conditions, II: Direct and indirect effects on the species composition", *Aquatic Toxicology*, 63, 373-389.
- Wu, F.C., Tseng, R.-L., and Juang, R.-S., (1999), "Pore structure and adsorption performance of the activated carbons prepared from plum kernels", *Journal of Hazardous Materials*, 69, 287-302.
- Xu, L., Dai, J., Pan, J., Li, X., Huo, P., Yan, Y., Zou, X., and Zhang, R., (2011), "Performance of rattle-type magnetic mesoporous silica spheres in the adsorption of single and binary antibiotics", *Chemical Engineering Journal*, 174, 221-230.
- Zhang, Q., Kusaka, Y., Zhu, X., Sato, K., Mo, Y., Kluz, T., and Donaldson, K., (2003), "Comparative toxicity of standard nickel and ultrafine nickel in lung after intratracheal instillation", *Journal of Occupational Health*, 45, 23-30.
- Zhu, X., Chang, Y., and Chen, Y., (2010), "Toxicity and bioaccumulation of TiO₂ nanoparticle aggregates in *Daphnia magna*", *Chemosphere*, 78, 209-215.
- Engineering Journal*, 172, 1111-1125.
- Mozammel, H.M., Masahiro, O., and Bhattacharya, S., (2002), "Activated charcoal from coconut shell using ZnCl₂ activation", *Biomass and Bioenergy*, 22, 397-400.
- Nejaci, A., Rahmanifar, B., Maleki, A.E., and Gazani, Z.N., (2017), "Collagen-based CuO nanoparticles: A new adsorbent for removal of cypermethrin from water", *Fresenius Environmental Bulletin*, 26, 2738-2745.
- Pfaender, F.K., and Alexander, M., (1972), "Extensive microbial degradation of DDT in vitro and DDT metabolism by natural communities", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20, 842-846.
- Racke, K.D., (1993), "Environmental fate of chlorpyrifos", *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 131, 1-150.
- Rafatullah, M., Sulaiman, O., Hashim, R., and Ahmad, A., (2009), "Adsorption of copper (II), chromium (III), nickel (II) and lead (II) ions from aqueous solutions by meranti sawdust", *Journal of Hazardous Materials*, 170, 969-977.
- Sahithya, K., Das, D., and Das, N., (2015), "Effective removal of dichlorvos from aqueous solution using biopolymer modified MMT-CuO composites: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies", *Journal of Molecular Liquids*, 211, 821-830.
- Saifuddin, N., Nian, C., Zhan, L., and Ning, K., (2011), "Chitosan-silver nanoparticles composite as point-of-use drinking water filtration system for household to remove pesticides in water", *Asian Journal of Biochemistry*, 6, 142-159.
- Salghi, R., Errami, M., Hammouti, B., and Bazzi, L., (2011), *Pesticides in the modern world-trends in pesticides analysis*, Edited by Margarita Stoytcheva, Published by In Tech, 71.
- Shatkin, J.A., (2017), *Nanotechnology: Health and environmental risks*, CRC Press.
- Tang, M., and You, M., (2012), "Isolation, identification and characterization of a novel triazophos-degrading *Bacillus* sp. (TAP-1)", *Microbiological Research*, 167, 299-305.
- Tgd, E., (2003), "Technical guidance document on risk assessment in support of commission directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances", Commission Regulation (EC) No. 1488/94 on Risk Assessment for existing substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council Concerning the Placing of Biocidal Products on the

Chemical Oxygen Demand (COD) Estimation in Petrochemical Industry Wastewater Effluent via Robusted Regression

Milad Abuzari¹, Parham Pahlavani^{2*} and Gholamreza Nabi Bidhendi³

1- M.Sc., Faculty of Environmental Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Faculty of Surveying Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Professor, Faculty of Environmental Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

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

Received: 28/5/2017

Revised: 15/3/2018

Accepted: 6/5/2018

Abstract

In order to increase the quality of industrial wastewater treatment and better manage of them, their approach should be simple and accurate for estimating process. Treatment processes for black box systems are due to the influence of many factors that involved in the system. Because of problems in using physical models, the use of statistics and regression methods could be helpful. Therefore, whatever model is simpler and less input variables so the model will be more important. Influent of the proposed model includes output data of biological unit and effluent is chemical oxygen demand of the clarifier. To compare the models performance three indicators of R-square, Correlation Coefficient(R) and Mean Square Error (MSE) are used. The aim of this study is creating linear data mining model and comparing them with similar methods for quality data. Finally, a linear robust regression with $MSE = 0.089054$, $R = 0.784727$ and $R\text{-Square} = 0.6096$ is proposed.

Keywords: Chemical Oxygen demand (COD), Fajr Petrochemical WWTP, Linear Models, Robust Regression.

تخمین اکسیژن‌خواهی شیمیایی خروجی از فاضلاب صنعت پتروشیمی با استفاده از رگرسیون مقاوم

میلاد ابوذری^۱، پرهام پهلوانی^{۲*} و غلامرضا نبی بیدهندی^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب،

گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی،

پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استاد، دانشکده محیط‌زیست، گروه مهندسی محیط‌زیست،

دانشگاه تهران، تهران، ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۶

چکیده

در راستای افزایش بهبود کیفیت پساب صنعتی و مدیریت بهتر آن‌ها، باید راه‌کاری ساده و با دقت مناسب برای تخمین فرآیندها ایجاد نمود. با توجه به این‌که فرآیندهای تصفیه به‌صورت سیستم جعبه سیاه^۱ می‌باشند و به دلیل تأثیرپذیری اکثر عوامل دخیل در سیستم و مشکلات جمع‌آوری داده در مدل‌های فیزیکی، استفاده از آمار و روش‌های رگرسیونی می‌تواند بسیار اثربخش باشد. بنابراین هرچه مدل ساده‌تر و با متغیرهای ورودی کمتری باشد مدل مربوطه اهمیت بیشتری خواهد داشت. ورودی مدل پیشنهادی شامل داده‌های خروجی واحد بیولوژیکی و پارامتر خروجی مدل، میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی^۲ واحد زلال‌ساز می‌باشد. همچنین برای مقایسه کارایی مدل‌ها از ضریب تبیین^۳، میانگین مجموع خطاها^۴ و ضریب همبستگی^۵ استفاده می‌شود. هدف این تحقیق ارائه یک مدل داده‌مبنا و بهبود آن و سپس مقایسه آن با روش‌های مشابه است. در این تحقیق داده‌های ورودی و خروجی به‌صورت منظم و با مقیاس واقعی در طول ۱۳ ماه هستند. در نهایت یک رابطه خطی با مدل رگرسیون مقاوم^۶ با شاخص‌های ماکزیمم مربعات خطای برابر ۰/۰۸۹، ضریب همبستگی برابر ۰/۷۸۴ و ضریب تبیین ۰/۶۰۹۶ ارائه شده است.

کلمات کلیدی: تصفیه‌خانه فاضلاب پتروشیمی فجر، مدل‌سازی خطی، رگرسیون مقاوم، اکسیژن‌خواهی شیمیایی.

در ایالت زاگرب کرواسی پرداختند و داده‌های آن‌ها به صورت روزانه جمع‌آوری می‌شد و در نهایت مدل رگرسیونی برای قسمت مربوطه ارائه نمودند. Zare Abyaneh (2014) تفاوت میزان تخمین COD و BOD10 در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان تهران به دو روش استفاده از رگرسیون‌های خطی^{۱۱} و شبکه‌های عصبی^{۱۲} را بررسی کرد. همچنین میزان قدرت مدل‌ها را نیز با R و RMSE13 اندازه‌گیری نمود. نتایج حاکی از آن بود که قدرت ANN به مراتب از MLR بیشتر است. همچنین JiLi et al. (2017) با توجه به اهمیت تخمین پارامتر اکسیژن‌خواهی شیمیایی در سیستم‌های فاضلاب در تحقیق خود روش‌های زیادی برای تخمین این پارامتر را مقایسه نموده و معایب و مزایای آن‌ها را بررسی کردند.

موردی که همه محقق‌ها در صدد آن بوده و در مورد آن کوتاهی نموده‌اند استفاده از داده‌های اصطلاحاً پرت برای متغیرهای ورودی و خروجی واحدهای تصفیه‌خانه فاضلاب می‌باشد که مقادیرشان با مقادیر دیگر مشاهدات متفاوت است. در واقع در پیش‌پردازش‌های داده‌های جمع‌آوری شده، قبل از استفاده از برخی روش‌های آزمون آماری، آن‌ها را کنار می‌گذارند، در حالی که ممکن است زنگ هشدار برای مدل‌سازی باشند و نباید این‌گونه عمل کرد (Dennis et al., 1992). در همین راستا باید در برخورد با داده‌های پرت ابتدا تحقیق کرد که وجود داده‌های پرت ناشی از خطای اندازه‌گیری یا نوشتاری نباشد و در صورتی که موردی مشاهده نشد ترجیح بر این است که نقطه پرت را در نظر گرفت. زیرا ممکن است داده معتبری باشد و در صورتی که امکان تکرار با در نظر گرفتن وقت و هزینه و امکان عمل نباشد، بهتر است داده غیرعادی در محاسبات حذف نشود. بنابراین در صورتی که با روش‌های مختلف نرمال‌سازی نتوان نرمال بودن داده‌های بعضی متغیرها را انجام داد، به جای فرایند حذف بهتر است از روش‌های مقاوم به داده‌های پرت استفاده کرد. همچنین استفاده از مدل‌های ریاضی و خطی هرچند ممکن است نسبت به مدل‌های غیرخطی از دقت کمتری برخوردار باشد، ولی در عوض ابزاری مناسب برای کارهای نظارتی است که در آن اپراتور با استفاده از کم‌ترین ابزارها می‌تواند تاثیر فرایندهای انجام شده در سیستم را تخمین بزند و حتی به یک خروجی ملموس

از مزایای عمده روش‌های داده‌مبنا، عدم نیاز به درک پیچیده از فیزیک و ریاضی در استفاده از آن‌ها است که این امر، احتمال خطای محاسباتی یا مفهومی را کاهش می‌دهد (Xiupeng and Andrew, 2015). یکی از ابزارهایی که در دهه اخیر به دلیل وفور جمع‌آوری داده‌ها، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد روش‌های محاسبات هوشی^{۱۳} می‌باشد. اگر بتوان مدلی کارآمد و مناسب برای تخمین پارامترهای خروجی هر واحد تصفیه‌خانه فاضلاب یافت در نتیجه با توجه به انواع فرایندهای فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی، بهترین تصمیم‌گیری‌های فنی برای بهره‌برداری بهتر به کار گرفته خواهد شد. در این تحقیق تنها ابزار، داده‌های گذشته واحد مربوطه است که به با توجه به شرایط واقعی^{۱۴} توسط ابزارهای اتوماسیونی یا روش‌های آزمایشگاهی و یا استفاده از ابزار دقیق و به صورت ۸ ساعته و به مدت ۱۳ ماه اندازه‌گیری شده‌اند.

مدل‌های ریاضی در تخمین سیستم‌های فاضلاب از سال ۱۹۸۲ برای اولین بار توسط انجمن بین‌المللی تحقیقات و کنترل آلودگی آب (IAWPRC) ارائه شد (Ting Sie Chun and Malek, 2017) و از همان دهه مدل‌های تخمینی با مطالعات مشابهی توسط دانشمندان مختلف ارائه شد. همچنین با توجه به اهمیت تخمین پارامتر اکسیژن‌خواهی شیمیایی در سیستم‌های تصفیه پساب و نقش آن در بررسی عملکرد سیستم، مقاله‌های متعددی در خصوص تخمین این پارامتر در سیستم‌های آبی و فاضلابی با استفاده از روش‌های خطی کمترین مربعات و در مقایسه با روش‌هایی از قبیل شبکه‌های عصبی و ماشین‌های بردار پشتیبان وجود دارد.

Brayson et al. (2001) میزان بارش و رواناب‌های ناشی از آن با استفاده از الگوریتم مونت کارلو با استفاده از ۸ متغیر ورودی و با استفاده از دو نمونه با رواناب کم و زیاد را مطالعه کرده و در نهایت به این نتیجه رسیدند که استفاده از این الگوریتم در ترکیب با مدل‌های دیگر می‌تواند کیفیت برازش را بهبود بخشد. Curlin (2008) در تحقیق خود با استفاده از MLR و روش کمترین مربعات و رگرسیون تکه‌ای^{۱۵} به تخمین میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی در تصفیه‌خانه فاضلاب واقع

تابعی با یک سری متغیرهای ورودی برسد، در صورتی که این امکان برای مدل‌های غیرخطی شبیه شبکه‌های عصبی و یا ماشین‌های بردار پشتیبان وجود ندارد.

هدف اصلی این تحقیق تخمین خطی و ملموس داده‌های خروجی واحد زلال‌ساز تصفیه خانه فاضلاب فجر با ساده‌ترین و بهترین حالت و با استفاده از شناخت داده‌های ورودی تصفیه‌خانه در هر بخش است. به عبارتی در مدیریت فرایندها، به جای استفاده از ابزار آزمایشگاهی که نیازمند صرف وقت و هزینه است (حسنلو و همکاران، ۱۳۹۱) از ساده‌ترین حالت آماری استفاده می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شرکت پتروشیمی فجر در سال ۱۳۷۷ با هدف تامین مواد موردنیاز مجتمع‌های منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی بندر امام خمینی به صورت متمرکز احداث شد. این منطقه در بین عرض جغرافیایی $30^{\circ}29'00.2''$ شمالی و طول جغرافیایی $49^{\circ}04'59.8''$ شرقی قرار دارد. واحد تصفیه پساب در این مجموعه دارای دو بخش شامل قسمت تصفیه پساب‌های روغنی با نمک پایین و فاضلاب بهداشتی و قسمت تصفیه پساب شیمیایی با نمک بالا می‌باشد. این مجموعه برای تصفیه انواع پساب‌های روغنی، شیمیایی و بهداشتی طراحی شده و ظرفیت آن ۴۶۰ مترمکعب بر ساعت است (شریعت‌زاده، ۱۳۸۸). فاضلاب ورودی در قسمت پساب شیمیایی با نمک پایین از طریق یک خط ۱۸ اینچ وارد واحد شده و به طرف یک چاله روغنی هدایت می‌شود. در این چاله همچنین آب‌های ناشی از دورریز سیستم‌ها و جریان‌های برگشتی از مخزن ذخیره نیز وارد می‌شود. این چاله مجهز به یک غربال میله‌ای برای جداسازی ذرات ریز است. جریان ورودی بعد از عبور از غربال از طریق نیروی ثقل به طرف چاله روغنی هدایت می‌شود. برای چاله روغن دو دریچه سرریز به طرف مخزن ذخیره طراحی شده است. جریان ورودی در حدود ۴۲۰ مترمکعب بر ساعت است که اگر بیشتر از این مقدار شود از طریق دریچه‌های سرریز به مخزن ذخیره هدایت می‌شود. حوضچه ذخیره‌سازی

برای ذخیره مقادیر اضافی و سرریزها و نیز ذخیره پساب‌های خارج از طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این حوضچه دارای دو خط سرریز ۱۴ اینچی است که از طریق آن‌ها پساب اضافی به طرف خور هدایت می‌شود. به منظور کنترل پساب‌های ورودی، در ابتدای شیفت از ورودی واحد نمونه‌گیری شده و سپس برای انجام تست‌های کیفی به آزمایشگاه واحد ارسال می‌شود. چنانچه هریک از موارد مذکور خارج از محدوده مجاز باشد، سریعاً با نمونه‌گیری از خروجی پساب مجتمع‌ها، مجتمع ارسال‌کننده متخلف شناسایی و نسبت به بستن خروجی واحد مذکور اقدام خواهد شد. بعد از تصفیه اولیه فاضلاب در سیستم‌ها، پساب تصفیه شده در قسمت بیولوژیکی پس از عبور از حوضچه‌های هوادهی از طریق دیواره تیغه‌ای موجود در حوضچه‌ها سرریز شده و توسط نیروی ثقل به طرف زلال‌ساز ارسال می‌شود.

پساب از طریق یک خط به مرکز زلال‌ساز وارد می‌شود. در مرکز زلال‌ساز یک توزیع‌کننده بتنی قرار دارد که پساب را از طریق سوراخ‌های خود به صورت مساوی و در جهات مختلف وارد مخزن دایره‌ای شکل زلال‌ساز می‌کند. در حقیقت پساب به گونه‌ای وارد زلال‌ساز می‌شود که باعث برهم‌زدن آب نخواهد شد. لجن فعال پس از ورود به زلال‌ساز با زمان ماندی که به آن داده می‌شود به آرامی از پساب تصفیه جدا شده و ته‌نشین می‌شود.

پساب تصفیه شده نیز از طریق دیواره‌های کنگره‌ای که دورتادور زلال‌ساز قرار گرفته سرریز کرده و با پساب زلال‌شده زلال‌ساز دیگر ترکیب شده و به مرحله بعد ارسال می‌شود. خروجی زلال‌ساز از طریق نیروی ثقل به طرف حوضچه کلرزنی جریان می‌یابد. بر سر راه خط خروجی زلال‌سازها به حوضچه کلرزنی، یک خط کوچک تزریق آب ژاول برای تامین کلر آزاد وجود دارد. آب خروجی از حوضچه کلرزنی که اینک آب تصفیه‌شده خوانده می‌شود از طریق تیغه سرریز به خروجی هدایت شده و به خور می‌ریزد. از این آب می‌توان برای آب باغبانی و یا رقیق‌سازی سایر پساب‌های ورودی به واحد نیز استفاده کرد (مردانی، ۱۳۸۸). مشخصات کیفی و آماری اندازه‌گیری شده در سیستم مطابق جدول ۱ بوده و در شکل ۱ نیز وضعیت سیستم مورد نظر در این تحقیق نمایش داده شده است.

جدول ۱- توزیع آماری متغیرهای موجود در خروجی واحد بیولوژیکی و زلال ساز

متغیر	میانگین	میانه	مد	مینیمم	ماکزیمم	انحراف از معیار
Output COD (mg/l)	۱۰۰/۹۵	۹۰	۵۰	۳۸	۲۹۷	۴۵/۷۶۱۵
COD (A) (mg/l)	۱۳۵/۶۳	۱۲۱/۵	۵۰	۴۹	۸۲۵	۷۴/۶۶
N (A) (mg/l)	۷/۴۳	۷/۲	-	۰/۴	۲۳/۲	۴/۰۴
P (A) (mg/l)	۱/۶۶۶	۱/۲	۱/۱	۰/۱	۱۵۰	۵/۴
(PH) A	۷/۲	۷/۳	۷/۴	۳/۹	۸/۸	۰/۵۷۷
SST (A) (mg/l)	۲۷۱/۲۱	۲۵۰	-	۵۰	۸۵۰	۱۲۹/۵۶۷
COD (B) (mg/l)	۱۴۲/۸۶	۱۲۶/۵	۵۰	۴۳	۸۱۴	۸۳/۶۵
N (B) (mg/l)	۸/۱۶۷	۷/۲	۸/۳	۰/۴	۴۶۰	۱۶/۹۷
P (B) (mg/l)	۱/۵۹۹	۱/۲	-	۰/۱	۱۴۳	۵/۱۴۹۸
PH (B) (mg/l)	۷/۱۹	۷/۳	۷/۴	۳/۹	۷/۵	۰/۵۸۳۳
(SST (B) (mg/l)	۲۸۷/۰۸	۲۶۰	۲۰۰	۵۰	۷۶۰	۱۴۲/۴۹۶

$$COD_C = F(COD_A, PH_A, \dots, SST_B) \quad (۱)$$

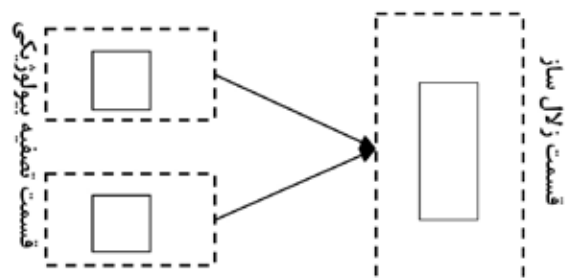
این معادله بیان گر آن است که متغیرهای مستقل چگونه روی متغیر وابسته (COD) تاثیر می گذارند و ارتباط بین آنها چگونه است.

۲-۲-۱- رگرسیون خطی چندگانه

تابع رگرسیونی خطی چندگانه (MLR) به صورت معادله (۲) است (Bryan, 2009):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (۲)$$

که $i=1, 2, \dots, n$ و y متغیر وابسته یا متغیر پاسخ، x_i متغیر مستقل، β_0 عرض از مبدا و β_i شیب معادله با n مشاهده هستند. خطای ε یک متغیر تصادفی است، به عبارتی مقدار آن تحت کنترل تحلیل گر نیست و از تغییرپذیری طبیعی در ذات سیستم نشات می گیرد. یکی از روش های رگرسیونی معروف، روش حداقل مربعات معمولی^{۱۴} می باشد که بر پایه مینیم کردن اختلاف مشاهدات و برآوردها در هر مرحله است. حال ممکن است در داده ها شرایط به گونه ای باشد که فرض



شکل ۱- سیستم جداگانه مربوط به ارتباط واحد زلال ساز و قسمت تصفیه بیولوژیکی

۲-۲-۲- روش های استفاده شده در تحقیق

به طور کلی، هدف از رگرسیون، برآورد یا پیش بینی پارامتری خاص با استفاده از یک سری متغیرهایی موجود است. رگرسیون های خطی مبنا بر این فرض بنا شده اند که ارتباط متغیرها در طبیعت به صورت خطی است در صورتی که در عمل این چنین نیست و با توجه به ماهیت غیرخطی سیستم های تصفیه خانه صنعتی و از طرفی در نظر گرفتن سادگی و اجرایی بودن رگرسیون های خطی مبنا در مقابل پیچیدگی و غیراجرایی بودن مدل های غیرخطی مطالعات گذشته، باید رابطه (۱) را به کمک روش های مختلف ریاضی به تابع خطی برازش داد.

متغیرهای مستقل و وابسته اولین قدم است که بعد از آن که رگرسیون محاسبه شد دوباره مقادیر به حالت اولیه خود تبدیل می‌شوند. در این رگرسیون ابتدا مانند کمترین مربعات، پارامتر $\hat{B}$ محاسبه می‌شود (Efron et al., 2004):

$$\hat{B} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (5)$$

روش رگرسیون با اضافه کردن یک مقدار K به ماتریس کرولیشن عمل می‌کند (Efron et al., 2004):

$$\hat{B} = (X'X + KI)^{-1}X'Y \quad (6)$$

می‌توان اثبات کرد یک مقداری برای K وجود دارد که خطای رگرسیون از خطای روش معمول حداقل مربعات کمتر شود. همچنین برای محاسبه K روابط زیادی وجود دارد که یکی از معروف‌ترین آن رابطه Hoerl and Kinnard است. (James and Lesage, 1999)

۲-۲-۴- استنباط بیزی

بررسی ویژگی مجموعه‌ای از داده‌های تصادفی را استنباط آماری می‌نامند. وقتی داده‌ها از یک مدل احتمالی $X \sim f(x|\theta)$ از توزیع احتمالی موردنظر برخوردارند. در استنباط آماری عکس این قضیه اتفاق می‌افتد. دو دیدگاه کلی برای انجام استنباط آماری وجود دارد که شامل استنباط فراوانی‌گرا^{۱۶} و استنباط بیزی^{۱۷} می‌باشد.

دیدگاه فراوانی‌گرا بیان‌گر این است که احتمال یک پیشامد برابر است با فراوانی نسبی وقوع آن پیشامد ولی استنباط بیزی برخلاف روش فراوانی‌گرا، پارامتر مجهول به عنوان متغیر تصادفی فرض می‌شود. یعنی اگر توزیع احتمالی پارامتر، به یک قسمتی از فضای پارامتر وزن بیشتری بدهد، بنابراین از دیدگاه بیزی، اعتقاد بیشتری نسبت به تعلق آن پارامتر به آن محدوده از فضای پارامتری وجود دارد. این اعتقاد را اعتقاد پیشین^{۱۸} و توزیع احتمال آن را توزیع پیشین^{۱۹} می‌نامند. روش استنباط بیزی با استفاده از داده‌ها، توزیع پیشین را به‌روز کرده و توزیع احتمالی جدید به عنوان توزیع پسین^{۲۰} جایگزین می‌شود.

واریانس ثابت و نرمال بودن باقیمانده‌ها ایفا نشود، بنابراین در این شرایط باید به دنبال روش‌های تعمیمی و جایگزین برای برازش تابع به داده‌ها رفت که این روش‌ها شامل روش‌های غیرپارامتریک رتبه‌ای یا خطوطی که به جز مربع باقیمانده‌ها را مینیمم کند می‌باشد.

۲-۲-۲- رگرسیون مقاوم

یکی دیگر از مدل‌های رگرسیونی موفق رگرسیون مقاوم است که به روش‌های رگرسیونی گفته می‌شود که رفتار باثبات و مقاومی در برابر وجود داده غیر معمول دارند. بعضی از روش‌های معمول رگرسیون مانند کمترین مربعات در صورت صدق فرض‌های آنان به خوبی کار می‌کنند، اما در مورد داده‌هایی که از فرض‌های آنان تخلف می‌کنند شاید به خوبی عمل نکنند. به‌ویژه، روش کمترین مربعات نسبت به داده پرت حساس است. مسئله دیگر وجود ناهم‌واریانسی در داده است. روش‌های پارامتری و ناپارامتری مختلفی برای رگرسیون باثبات پیشنهاد شده است. در همه آن‌ها، روش کمترین قدرمطلق نسبت به کمترین مربعات، باثبات‌تر است. (James and LeSage, 1998)

$$s = \sum_{i=1}^n |y_i - f(x_i)| \quad (3)$$

همان‌گونه که در معادله (۳) مشخص است به جای توان دوم خطای رگرسیون، از قدر مطلق خطا استفاده می‌شود که وجود داده پرت تاثیر کمتری بر قدر مطلق خطا نسبت به مربع خطا دارد.

۲-۲-۳- رگرسیون ریج^{۱۵}

رگرسیون ریج یک روش حل برای تحلیل داده‌هایی است که از چند بعد دارای شرایط غیرخطی باشند. وقتی که داده‌های سیستم Multicollinearity باشند، در نتیجه روش حداقل مربعات معمولی ناریب می‌شود و واریانس آن‌ها از مقدار واقعی فاصله می‌گیرد. بنابراین با افزودن درجه‌ای از بایاس در تقریب رگرسیون، خطای استاندارد داده‌ها کاسته می‌شود. رابطه رگرسیونی به صورت ماتریسی به صورت معادله (۴) است.

$$Y = XB + e \quad (4)$$

که Y متغیر وابسته، X متغیر مستقل، B ضریب رگرسیون و e خطای باقیمانده‌ها هستند. در رگرسیون ریج نرمالایز کردن

$$OLSCM = \frac{\sum e_i^2}{N-K} (X'X)^{-1} \quad (12)$$

که N تعداد نمونه و K تعداد متغیرها هستند. رابطه OLSCM برای بررسی اطمینان از همگنی پراکنش یا همسانی واریانس داده‌های رگرسیون به کار می‌رود که در صورت صحیح بودن طبق روابط بالا و ساده شدن محاسبه Φ ، محاسبه رگرسیون انجام می‌شود. در اغلب مواقع این اتفاق نمی‌افتد و باید از ماتریس $HCCM^{22}$ استفاده کرد. ایده‌ای که پشت این رابطه نهفته است، استفاده از e_i^2 برای تخمین Φ است که برابر رابطه $\hat{\Phi} = diag[e_i^2]$ می‌باشد و در نهایت معادله (۱۳) به دست می‌آید:

$$HCO = (X'X)^{-1} X' \hat{\Phi} X (X'X)^{-1} = (X'X)^{-1} X' diag[e_i^2] X (X'X)^{-1} \quad (13)$$

این معادله شایع‌ترین معادله HCCM است و همان‌طور که وایت و همکاران در سال ۱۹۸۰ بیان کردند، HCO برای مواقعی که همسانی واریانس $\hat{B}$ نامشخص باشد کاربرد دارد. همچنین یک‌سری اصلاحات در زمان‌های بعد به این معادله تحت عنوان HC1, HC2 و HC3 توسط دیگر دانشمندان اعمال شد که در این تحقیق نمی‌گنجد (Bady and Baltagi, 2002).

۳- ارائه و تحلیل نتایج

با در نظر گرفتن داده‌های موجود در سیستم مطابق جدول ۱، قبل از استاندارد کردن داده‌های خروجی، یک گام^{۲۳} هشت ساعتی به آن‌ها داده می‌شود. زیرا باتوجه به پیوستگی سیال در واحدها، کیفیت پساب ورودی سیستم صرفاً به ورودی مایع در لحظه مشخصی نیست بستگی ندارد و ورودی‌های قبلی مایع هم روی داده‌های کیفی سیستم تاثیرگذار است. بنابراین داده‌های گذشته سیستم تا حد معین باید به مدل اضافه شود. بعد از اضافه کردن متغیرهای جدید که همان گام‌های متغیرهای قدیمی هستند و با استفاده از همان متغیرهای قبلی، مجموعاً ۲۰ متغیر در دسترس خواهد بود. بعد از محاسبه ماتریس همبستگی آن‌ها و با در نظر گرفتن روابط متغیرها و خواص هریک از آن‌ها و ویژگی‌هایی که دارند، ۱۱ متغیر از ۲۰ متغیر به دلیل همبستگی بالا نسبت به متغیرهای دیگر از مدل حذف می‌شوند. با کاهش متغیرها در مرحله اول، نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرد و نهایتاً برای جلوگیری از اندازه‌گیری داده‌های

۲-۲-۵- روش مونت کارلو با زنجیره مارکوف (MCMC)

به مجموعه روش‌هایی که با استفاده از ایجاد اعداد تصادفی سعی در حل مسئله داشته باشند را روش مونت کارلو می‌گویند. در برآورد مارکوف ابتدا معادله (۷) در نظر گرفته می‌شود (Lawless and Wang, 2004):

$$\theta = \int_a^b g(x) dx \quad (7)$$

با در نظر گرفتن توزیع دلخواهی در بازه $[a, b]$ با چگالی $f(x)$ و همچنین پارامتر $h(x) = \frac{g(x)}{f(x)}$ معادله (۸) تشکیل می‌شود.

$$= E(h(x)) = \int_a^b \frac{g(x)}{f(x)} f(x) dx \quad (8)$$

حال از چگالی f نمونه تصادفی استخراج می‌شود. سپس $h(x_1), h(x_2), \dots, h(x_n)$ نیز تصادفی بوده و معادله (۹) به صورت زیر تبدیل خواهد شد:

$$\sum_{i=1}^n h(x_i) = \theta \quad (9)$$

در واقع برتری این روش نسبت به روش‌های عددی معمولی، در حل مسائل با بیش از یک بعد نمایان می‌شود.

۲-۲-۶- رگرسیون وایت با رویکرد کمترین مربعات^{۲۱}

روش رگرسیونی وایت با رویکردی مشابه رنج عمل می‌کند به این صورت که اگر معادله زیر یک معادله رگرسیونی باشد:

$$y = XB + \varepsilon \quad (10)$$

که $E(\varepsilon) = 0$ و $E(\varepsilon\varepsilon') = \Phi$ که یک مقدار مثبت است. بنابراین به جای محاسبه OLS به صورت رابطه $\hat{B} = (X'X)^{-1} X'y$ می‌توان از رابطه (۱۱) استفاده کرد:

$$Var(\hat{B}) = (X'X)^{-1} X' \Phi X (X'X)^{-1} \quad (11)$$

که اگر خطاها دارای واریانس همسانی باشند رابطه $\Phi = \sigma^2 I$ برقرار می‌شود و معادله بالا ساده می‌شود. حال با توجه به $e_i = y_i - x_i \hat{B}$ و با توجه به این که x_i ردیف i ام از X است بنابراین ماتریس کواریانس حداقل مربعات را طبق رابطه (۱۲) می‌توان تقریب زد:

غیر ضروری و کاهش زمان و هزینه‌ها، متغیرهایی که میزان همبستگی بالایی با هم دارند از ورودی مدل آماری کم می‌شود تا مدل خروجی ساده‌تر شود. در نهایت در انتهای پیش‌پردازش‌های انجام شده، تابع خطی دارای ۹ متغیر ورودی و ۲ متغیر خروجی مطابق جدول ۲ خواهد شد که در مرحله بعدی استاندارد خواهند شد.

جدول ۲- متغیرها و پارامترهای

مورد استفاده در گزینش نهایی برای مدل

COD(A)	متغیرهای ورودی مدل
N(A)	
P(A)	
PH(A)	
SST(A)	
COD(A) with Lag	
N with Lag (A)	
N(B)	
N with Lag (B)	متغیرهای خروجی مدل
COD(C)	

بعد از انجام مراحل بالا با استفاده از روش نرمال سازی مطابق فرمول (۱۴) عمل می‌شود.

$$Z = 2 \times \frac{x_i - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} - 1 \quad (14)$$

که x_i بیانگر هر کدام از داده‌ها، X بیانگر ماتریس داده‌ها و Z معادل ماتریس داده‌های نرمال شده هستند. بعد از انجام پیش‌پردازش‌های مذکور برای ارزیابی مدل‌سازی‌های انجام شده، بعد از آن که داده‌ها به بخش‌های آموزشی و اعتبارسنجی و تست یا آزمایشی تقسیم شد، از داده‌های تست برای ارزیابی مدل‌های پیاده شده با استفاده از شاخص‌های ذکر شده در روابط زیر اقدام می‌شود:

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2}{\sum_{i=1}^N y_i^2} \right) \quad (15)$$

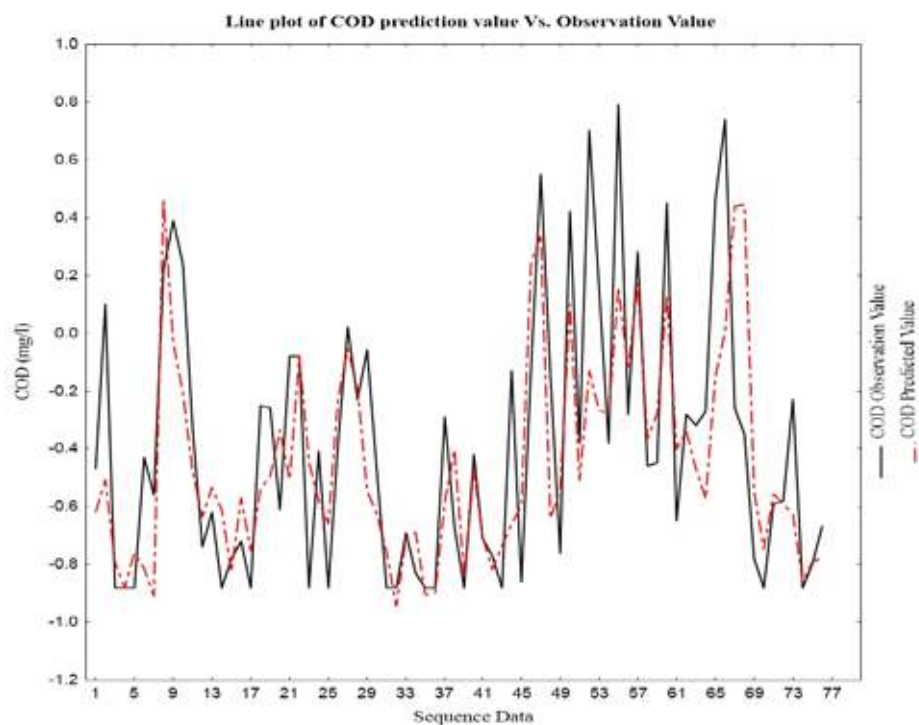
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y - y')^2 \quad (16)$$

$$R = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad (17)$$

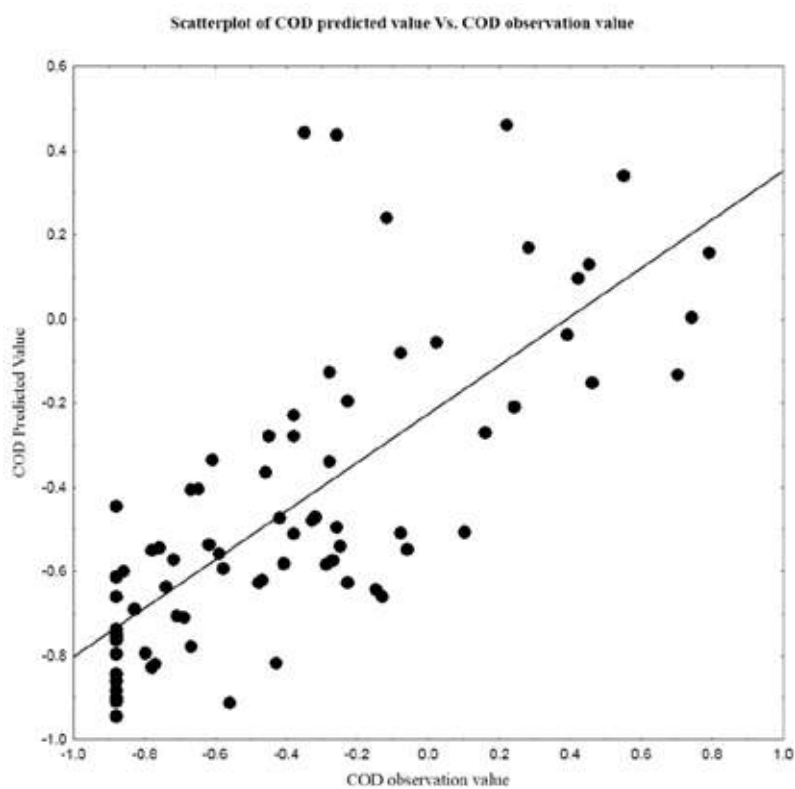
که y' نشان‌گر خروجی مدل و y نشان‌گر مشاهدات اندازه‌گیری هستند. در نهایت، همه محاسبات در برنامه MATLAB 2016-a و با شرایط مشابه پیاده شدند. خروجی مدل در جدول ۳ و شکل ۲ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های مدل ایجاد شده در تخمین اکسیژن‌خواهی شیمیایی واحد زلال‌ساز

ردیف	نوع مدل	R^2	MSE	R
۱	رگرسیون مقاوم	۰/۶۰۹۶	۰/۰۸۹۰	۰/۷۸۴۸
۲	رگرسیون ریج	۰/۵۷۳۴	۰/۰۹۰۰	۰/۷۵۰۰
۳	رگرسیون وایت با رویکرد کمترین مربعات	۰/۵۶۸۲	۰/۰۹۰۱	۰/۷۵۴۰
۴	کمترین مربعات با استفاده از روش مونت کارلو با زنجیره مارکوف و استنباط بی‌زی	۰/۵۵۶۲	۰/۰۹۱۵	۰/۷۴۹۷
۵	روش کمترین مربعات معمولی	۰/۵۶۲۶	۰/۰۹۰۲	۰/۷۵۱۲



(الف)



(ب)

شکل ۲- الف) مقادیر اکسیژن خواهی شیمیایی تخمینی و مشاهداتی
برای داده‌های تست، ب) نمودار خطی رابطه بین اکسیژن خواهی شیمیایی مشاهداتی و تخمینی مربوط به مدل رگرسیونی مقاوم

با توجه به این که مدل رگرسیون مقاوم با میزان کارایی $R=0.784727$ بهترین تقریب را در خصوص میزان اکسیژن خواهی شیمیایی واحد زلال ساز تصفیه خانه فاضلاب پتروشیمی فجر ارائه نمود، رابطه پیشنهادی این تحقیق با توجه به پارامترهای کیفی خروجی قسمت بیولوژیکی و با توجه به روابط (۴) الی (۱۳) به صورت رابطه (۱۸) است که t نشان گر زمان حاضر و $t-8hr$ بیان گر زمان مربوط به ۸ ساعت قبل هستند.

$$COD(t) = (0.20439 \times COD_{A(t-8hr)}) + (0.036955 \times N_{A(t-8hr)}) + (0.012338 \times P_{A(t-8hr)}) - (0.13179 \times PH_{A(t-8hr)}) + (0.060349 \times SST_{A(t-8hr)}) - (0.080425 \times COD_{A(t)}) + (0.665653 \times N_{A(t)}) - (0.060715 \times N_{B(t-8hr)}) + (0.117426 \times N_{B(t)}) \quad (18)$$

۵- پی نوشت ها

- 1- Black Box
- 2- Chemical Oxygen Demand (COD)
- 3- Coefficient of Determination (R-Square)
- 4- Mean square error (MSE)
- 5- Correlation of Coefficient (R)
- 6- Robust regression
- 7- Intelligent methods
- 8- Full-Scale
- 9- Particular least square (PLR)
- 10- Biological Oxygen Demand
- 11- Multiple Linear Regression (MLR)
- 12- Artificial Neural Network (ANN)
- 13- Relative Mean Square Error
- 14- Ordinary Least Square (OLS)
- 15- Ridge Regression Estimates
- 16- Frequentistic Inference
- 17- Bayesian Inference
- 18- Prior Belief
- 19- Prior distribution

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق، ۹ رگرسیون خطی با ویژگی های ریاضی مختلف و با دو سناریو مختلف تصحیح و عدم تصحیح داده ها با استفاده از نرم افزار MATLAB محاسبه و اجرا شدند تا هم عملکرد رگرسیون ها برای یافتن بهترین تابع بررسی شود و هم توانایی آن ها در برابر داده شوک یا پرت مورد سنجش قرار گیرد. همچنین با استفاده از ماتریس کرویشن، قبل از برازش، شماری از متغیرهای ورودی با ضریب همبستگی بالا مطابق جدول ۳ حذف شدند تا برای سادگی مدل، تعداد متغیرهای ورودی به کمترین مقدار ممکن برسد.

در نهایت، مدل رگرسیون مقاوم در مقایسه با دیگر روش های رگرسیونی موجود، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی را تا میزان $R=0.784727$ تخمین زد. یکی از دلایل موفقیت این مدل، ساختار ریاضی آن در مواجهه با داده های شوک بود که از آن می توان به عنوان یک رابطه خطی چندگانه در تخمین میزان اکسیژن خواهی شیمیایی واحد زلال ساز استفاده کرد.

همان گونه که از جدول ۳ مشخص است روش مرسوم رگرسیون خطی، همچون روش کمترین مربعات و روش رگرسیون وایت، در برابر داده های اصلاح نشده مقاوم مقاومت کمتری داشتند.

در نهایت می توان گفت که استفاده از بسیاری از

“Analytical approaches for determining chemical oxygen demand in water bodies, A review”, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 48(1), 47-65.

Lawless, J.F., and Wang, P., (1976), “A simulation study of Ridge and other regression estimators”, *Communications in Statistics, Part A-Theory and Method*, 5, 307-323.

Chun, T.S., M. A. Malek, M.A., and Ismail, A.R., (2017), “A review of wastewater treatment plant modelling: Revolution on modelling technology”, *American Journal of Environmental and Resource Economics*, 2(1), 22-26.

Wei, X., and Kusiak, A., (2015), “Short-term prediction of influent flow in wastewater treatment plant”, *Stochastic Environmental Research Risk Assessment*, 29(1), 241-249.

Zare Abyaneh, H., (2014), “Evaluation of multivariate linear regression and artificial neural networks in prediction of water quality parameters”, *Journal of Environmental Health Science Engineering*, 12(40), 1-8.

20- Posterior Distribution

21- White's adjusted heteroscedastic consistent Least-squares Regression

22- Heteroscedasticity Consistent Covariance Matrix

23- Lag

۶- مراجع

حسنلو، ح.، مهرداد، ن.، نائب، ح. و گلبابایی، ف.، (۱۳۹۱)، «استفاده از روش تحلیل عاملی در مدل سازی عصبی واحد تصفیه پساب با نمک پایین تصفیه خانه فجر»، هفتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست.

شریعت زاده، م.، (۱۳۸۸)، «سیمای زیست محیطی پتروشیمی فجر»، نشریه داخلی پتروشیمی فجر.

مردانی، ن.، (۱۳۸۸)، «معرفی فرایند تصفیه پساب تصفیه خانه فجر»، نشریه داخلی پتروشیمی فجر.

Badi, H., and Baltagi, (2002), *Econometrics*, 3rd Edition, Springer.

Bates, B.C., and Campbell, E.P., (2001), “A Markov Chain Monte Carlo Scheme for parameter estimation and inference in conceptual rainfall-runoff modeling”, *Water Resources Research*, 37(4), 937-947.

Bryan, F., and Manly, J., (2009), *Statistics for environmental science and management*, Taylor and Francis Group, International Standard Book Number-13: 978-1-4200-6147-5 (Hardcover).

Curlin, M., Bevetek, A., Ležajić, Z., Deverić Meštrović, B., and Kurtanek, Z., (2008), “Modelling of activated sludge wastewater treatment process in municipal plant in Velika Gorica”, *Chemistry in Industry*, 57(2), 59-67.

Helsel, D.R., and Hirsch, R.M., (1992), *Statistical methods in water resource*, USGS.

Efron, B., Hastie, T., Johnstone, I., and Tibshirani, R., (2004), “Least angle regression”, *Annals of Statistics*, 32(2), 409-499.

LeSage, J.P., (1998), *Spatial econometrics*, Department of Economics, University of Toledo.

LeSage, J.P., (1999), *Applied econometrics using MATLAB*, Department of Economics University of Toledo.

Li, J., Luo, G., He, L.J., Xu, J., and Lyu, J., (2017),

Evaluation of Floating Diesel Fuel Removal from Water by Using Ferrate(VI) Oxidation Method

Amirreza Talaiekhosani^{1*}, Tahereh Ghorbani²,
Mahsa Ami² and Marzieh Bagheri²

1- Department of Civil Engineering, Jami Institute of Technology, Isfahan, Iran

2- Department of Chemical Engineering, Jami Institute of Technology, Isfahan, Iran

* Corresponding Author, Email: amirtkh@yahoo.com

Received: 8/6/2017

Revised: 5/5/2018

Accepted: 6/5/2018

Abstract

Although several studies have been carried out to use ferrate (VI) for wastewater treatment, there is no study on removal of floating diesel fuel from water by using ferrate (VI) oxidation process. The aim of this study is to remove floating diesel fuel from water by using ferrate (VI) oxidation process. In this study electrochemical method is utilized to generate ferrate (VI). With changing hydraulic retention time (HRT), pH and ferrate (VI) concentration, the optimum conditions of diesel fuel removal are determined. The results show that the optimum HRT for diesel fuel removal from water by using ferrate (VI) oxidation process is 10 min. Although increasing of HRT to more than 10 min can increase the performance of diesel fuel removal, this increment is not significant. The usage of ferrate (VI) in the range of 0.05 to 20 mg/L is able to remove 90 to %100 of diesel fuel from water. Acidic environment is the optimum condition for diesel fuel removal by ferrate (VI) oxidation process. However, decreasing pH to acidic condition do not have a big effect on the diesel fuel removal. This study reveals that diesel fuel can be removed by using ferrate (VI) oxidation process with high efficiency. However, more studies are needed to understand whether removal of diesel fuel by using ferrate (VI) oxidation process is an economic process.

Keywords: Advance oxidation process, Diesel fuel, Ferrate (VI), Wastewater treatment.

بررسی حذف گازوئیل شناور بر روی آب به روش اکسیداسیون با کمک آهن شش ظرفیتی

امیر رضا طلائی خوزانی^{۱*}، طاهره قربانی^۲، مهسا اعمی^۲ و مرزیه باقری^۲

۱- گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی جامی، اصفهان، ایران

۲- گروه مهندسی شیمی، موسسه آموزش عالی جامی، اصفهان، ایران

* نویسنده مسئول، ایمیل: amirtkh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۱۸

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۶

چکیده

اگرچه تاکنون گام‌هایی برای استفاده از آهن شش ظرفیتی در تصفیه فاضلاب برداشته شده است، لیکن تاکنون هیچ مطالعه‌ای در زمینه حذف گازوئیل از آب توسط آهن شش ظرفیتی انجام نشده است. هدف از این مطالعه بررسی حذف گازوئیل شناور بر روی آب با کمک فرایند اکسیداسیون آهن شش ظرفیتی می‌باشد. در این مطالعه آهن شش ظرفیتی به کمک روش الکتروشیمیایی تولید شد. با تغییر دادن زمان ماند هیدرولیکی، pH و غلظت آهن شش ظرفیتی، شرایط بهینه حذف گازوئیل از آب تعیین شد. نتایج نشان داد که زمان ماند بهینه برای حذف گازوئیل از آب توسط فرایند اکسیداسیون آهن شش ظرفیتی حدود ۱۰ دقیقه است. افزایش زمان ماند به بیش از ۱۰ دقیقه منجر به افزایش راندمان حذف گازوئیل از آب می‌شد، لیکن این افزایش چندان محسوس نبود. استفاده از آهن شش ظرفیتی در محدوده ۰/۰۵ الی ۲۰ میلی گرم بر لیتر قادر بود که ۹۰ الی ۱۰۰ درصد از گازوئیل را از آب حذف کند. محیط اسیدی، شرط بهینه حذف گازوئیل از آب توسط فرایند اکسیداسیون آهن شش ظرفیتی محسوب می‌شد. با این وجود کاهش pH و ایجاد شرایط اسیدی تاثیر بزرگی نیز بر حذف گازوئیل از آب نداشت. این مطالعه مشخص نمود که حذف گازوئیل به کمک فرایند اکسیداسیون آهن شش ظرفیتی با راندمان بالا امکان پذیر است. هرچند برای اینکه مشخص شود استفاده از این فرایند برای حذف گازوئیل از آب اقتصادی است یا خیر، نیاز به مطالعات بیشتری وجود دارد.

کلمات کلیدی: گازوئیل، تصفیه فاضلاب، آهن شش ظرفیتی، فرایند اکسیداسیون پیشرفته.

در اکثر این روش‌ها از یک عامل اکسیدکننده استفاده می‌شود که می‌تواند ترکیبات آلی را اکسید نموده و بی‌خطر سازد (Jorfi et al., 2017; Talaiekhosani et al., 2016c; Talaiekhosani et al., 2017b; Talaiekhosani et al., 2016b). در میان اکسندہ‌های مختلف می‌توان از کلر، دی‌اکسید کلر و ازن نام برد که کاربردهای زیادی در زمینه حذف آلاینده‌ها از آب پیدا نموده‌اند (Legrini et al., 1993). کلر ترکیبی ارزان‌قیمت و موثر بوده که به راحتی می‌تواند باعث اکسیداسیون ترکیبات آلی در آب شود (Tchobanoglous and Burton, 1991). کلر در واکنش با ترکیبات آلی موجود در آب می‌تواند منجر به تولید تری‌هالومتان‌ها شود که ترکیباتی سرطان‌زا هستند (Musikavong et al., 2005). حذف کردن تری‌هالومتان‌ها از آب به مراتب سخت‌تر از سایر ترکیبات آلی است. بنابراین استفاده از کلر برای حذف آلاینده‌های آلی اصولاً پیشنهاد نمی‌شود. اگرچه دی‌اکسید کلر و ازن اکسیدکننده‌هایی پرقدرت بوده که ترکیبات جانبی خطرناکی تولید نمی‌کنند، لیکن آن‌ها بسیار گران قیمت هستند و این امر موجب کاهش کاربرد آن‌ها در تصفیه شیمیایی آب شده است. در میان اکسیدکننده‌های مختلف به آهن شش‌ظرفیتی اشاره شده است که به راحتی توسط روش الکتروشیمیایی تولید می‌شود و در شرایط اسیدی قدرتمندترین ماده اکسیدکننده جهان محسوب می‌شود (Talaiekhosani et al., 2017c). آهن شش‌ظرفیتی ناپایدار بوده و پس از مدتی به آهن سه‌ظرفیتی تبدیل می‌شود که ماده منعقدکننده پرقدرتی محسوب می‌شود (Talaiekhosani et al., 2016a). از آنجایی که آهن شش‌ظرفیتی می‌تواند به میکروارگانیزم‌ها نیز صدمه جدی وارد کند، به عنوان یک ماده گندزدای قوی نیز شناخته می‌شود (Talaiekhosani et al., 2017c). بنابراین با کمک آهن شش‌ظرفیتی می‌توان سه فرآیند اکسیداسیون، انعقاد و گندزدایی را در یک مرحله به انجام رسانید که باعث کاهش هزینه‌های تصفیه می‌شود.

هدف از انجام این مطالعه بررسی امکان پذیری حذف گازوئیل شناور بر روی آب با کمک آهن شش‌ظرفیتی است. در این مطالعه تاثیر زمان ماند، pH و غلظت آهن شش‌ظرفیتی بر روی راندمان حذف گازوئیل شناور بر روی آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این منظور آهن شش‌ظرفیتی به کمک روش الکتروشیمیایی تولید و با مقدار مشخصی از آب آلوده به گازوئیل مخلوط می‌شود. با تغییر دادن زمان ماند، pH و غلظت آهن شش‌ظرفیتی تاثیرات آن بر روی حذف آلاینده‌ها از آب بررسی می‌شود.

گازوئیل به عنوان سوخت موتورهای دیزلی و تأسیسات حرارتی به کار می‌رود. محدوده تعداد کربن‌های آن بین C14 الی C20 و حتی C25 با دامنه نقطه جوش ۳۸۵ الی ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد است (Talaiekhosani, 2008). نفت گاز عمدتاً از سه گروه پارافینیک، نفتنیک و آروماتیک تشکیل شده، دارای حداقل نقطه اشتعال ۵۴ درجه سانتیگراد و حداکثر نقطه ریزش صفر درجه سانتیگراد است. گازوئیل می‌تواند در هنگام تولید، توزیع و یا مصرف وارد آب شده و آلودگی آب را ایجاد نماید. در بسیاری از موارد رهاسازی گازوئیل در آب به صورت تصادفی صورت می‌پذیرد. به طور مثال نشت گازوئیل از یک منزل مسکونی در شهر باغبان‌دران در رودخانه زاینده‌رود منجر به خارج شدن تصفیه‌خانه باباشیخعلی اصفهان از مدار در روز ۳۱ مردادماه شد (چشمه‌خبر، ۱۳۹۳). چنین اتفاقاتی در شهر اصفهان قبلاً نیز رخ داده است. همچنین سقوط یک تانکر حاوی گازوئیل در رودخانه زاینده‌رود نیز منجر به آلوده شدن آن شده و امکان توزیع آب آشامیدنی در این شهر را با اختلال همراه نمود (ایران، ۱۳۹۳). با وجود چنین تجربیاتی مطالعه در زمینه یافتن راه‌کاری موثر و سریع جهت حذف گازوئیل از آب بسیار ضروری می‌نماید. گازوئیل در آب حل نمی‌شود، بنابراین تجزیه بیولوژیکی آن اگرچه غیرممکن نیست لیکن بسیار سخت است. خوزانی و همکاران (۱۳۸۸) اقدام به بررسی تجزیه بیولوژیکی گازوئیل از آب با کمک باکتری سودوموناس آئروژنوزا نمودند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که زمان ماند هیدرولیکی زیادی مورد نیاز است تا حذف گازوئیل از آب انجام گیرد (Talaie et al., 2009). همچنین این‌گونه روش‌های بیولوژیکی نیازمند راهبری طولانی مدت برای رسیدن راکتور بیولوژیکی به اوج راندمان خود است (Talaiekhosani et al., 2015b). از آنجایی که باکتری‌هایی همچون سودوموناس آئروژنوزا گونه‌های بیماری‌زا محسوب می‌شوند (Talaiekhosani et al., 2015a)، جداسازی و بی‌خطر سازی آن‌ها از آب نیز خود معضل دیگری محسوب می‌شود. بنابراین امکان استفاده سریع از این‌گونه روش‌ها در شرایط اضطراری وجود ندارد. روش‌های جذب سطحی نیز اگرچه راندمان خوبی را در غلظت‌های اندک ارائه می‌دهند لیکن برای جداسازی مقادیر زیاد از یک آلاینده در آب مناسب نیستند (Talaiekhosani et al., 2016d; Mohan et al., 2014). برای حل چنین مشکلاتی روش‌های شیمیایی پیشنهاد شده‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تولید آهن شش‌ظرفیتی

در این مطالعه برای تولید آهن شش‌ظرفیتی از دو الکترود آهنی با ابعاد ۶۰ در ۳۰ میلی‌متر و ضخامت ۰/۶۴ میلی‌متر استفاده شد. منبع تغذیه مورد استفاده برای تهیه برق مورد نیاز یک آداپتور مدل سینا‌طب ساخت کشور ایران بود. این آداپتور قادر بود تا برق AC با ولتاژ ۲۲۰ ولت را به برق DC با ولتاژ مابین ۱ الی ۲۴ ولت و آمپراژ ۶ آمپر تبدیل نماید. برای تولید آهن شش‌ظرفیتی سیستمی مطابق شکل ۱ تهیه شد. (Talaiekhosani et al. (2017b) گزارش نمودند که بالاترین راندمان تولید آهن شش‌ظرفیتی در محلولی حاوی آب مقطر و هیدروکسید سدیم با مولاریته ۱۴ مولار ایجاد خواهد شد. در این مطالعه ابتدا با حل کردن ۵۶ گرم هیدروکسید سدیم در آب مقطر محلول ۱۴ مولار مربوطه تهیه شد. سپس ظرف الکترولیز نمایش داده شده در شکل ۱ با ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول مذکور پر شد. سپس جریان برق با ولتاژ ۷ ولت برای مدت زمان ۳۰ دقیقه وصل شده تا آهن شش‌ظرفیتی تولید شود. به محض اتصال جریان الکتریسته رنگ بنفشی در محلول ظاهر شد که هر لحظه پررنگ‌تر می‌شد. این رنگ نشانه تولید آهن شش‌ظرفیتی بود. از آنجایی که به‌مرور زمان آهن شش‌ظرفیتی به آهن سه‌ظرفیتی تبدیل می‌شود و آهن سه‌ظرفیتی نیز توانایی اکسیداسیون ندارد، محلول حاوی آهن شش‌ظرفیتی بلافاصله پس از تولید در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. از آنجایی که در حین فرایند الکترولیز لایه غیرفعال بر روی سطح الکترودها تشکیل می‌شد (اسکندری، ۱۳۹۵)، قبل از هر بار شروع الکترولیز سطح الکترودها به کمک سمباده صیقل داده می‌شد.

۲-۲- بررسی اثر غلظت آهن شش‌ظرفیتی

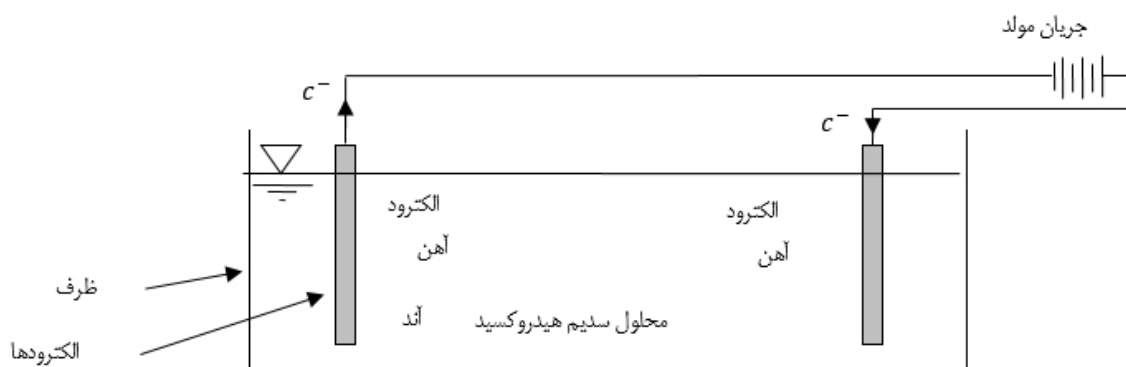
برای بررسی اثر غلظت آهن شش‌ظرفیتی بر راندمان حذف گازوئیل شناور بر روی آب ۹ ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مقطر آلوده به گازوئیل با غلظت ۴۲۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و pH برابر با ۲ آماده شد. سپس آهن شش‌ظرفیتی با غلظت‌های ۰/۳، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر به هر یک از ارلن‌مایرها اضافه شد. هر ارلن‌مایر برای مدت زمان ماند ۱۵ دقیقه به حال خود رها شد و پس از این زمان مقدار گازوئیل باقی‌مانده در آن مورد سنجش قرار گرفت. این آزمایشات جهت اطمینان دوبرار تکرار شد و متوسط نتایج آزمایشات گزارش شد.

۲-۳- بررسی اثر زمان ماند

برای بررسی تاثیر زمان ماند بر راندمان حذف گازوئیل از آب ۸ ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر آلوده به گازوئیل با غلظت ۴۲۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و pH برابر با ۲ به آن اضافه شد. در نهایت آهن شش‌ظرفیتی به ارلن‌مایر اضافه شد تا غلظت آن در ارلن‌مایر به ۱ میلی‌گرم در لیتر برسد. سپس غلظت گازوئیل در ارلن‌مایرهای ۱ الی ۸ به‌ترتیب در زمان‌های ۰/۱، ۵، ۱۵، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۶۵ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایشات جهت اطمینان دو بار تکرار شد و متوسط نتایج آزمایشات گزارش شد.

۲-۴- بررسی تاثیر pH

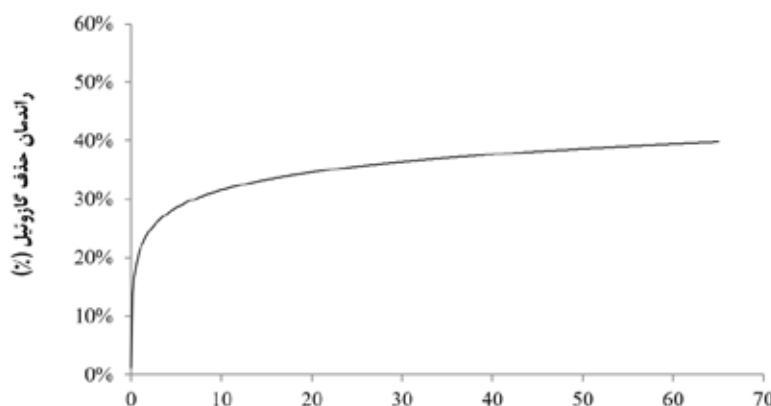
برای بررسی تاثیر pH محیط بر راندمان حذف گازوئیل از ۶ ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر آلوده به گازوئیل با غلظت ۴۲۲۰ میلی‌گرم بر لیتر استفاده شد.



شکل ۱- نمایش شماتیک از سلول الکتروشیمیایی برای تولید آهن شش‌ظرفیتی

۳- نتایج و بحث

آهن شش ظرفیتی در محیط‌های اسیدی یکی از قدرت‌مندترین اکسیدکننده‌های شیمیایی است که می‌تواند برای هر سه فرآیند تصفیه فاضلاب شامل اکسیداسیون مواد آلی، انعقاد و ضدعفونی مورد استفاده قرارگیرد. زمان ماند هیدرولیکی یکی از مهم‌ترین پارامترهای مورد نیاز در طراحی راکتورهای شیمیایی محسوب می‌شود. تعیین حجم حوضچه‌های اکسیداسیون در گرو مشخص بودن زمان ماند بهینه است. بنابراین در این مطالعه به بررسی تاثیر زمان ماند هیدرولیکی بر حذف گازوئیل از فاضلاب توسط آهن شش ظرفیتی پرداخته شد. در این مطالعه مشخص شد که با افزایش زمان ماند هیدرولیکی مقدار راندمان حذف گازوئیل از آب به شدت افزایش می‌یابد. لیکن این افزایش تنها مابین زمان‌های صفر الی ۱۰ دقیقه بوده و با افزایش زمان ماند به بیش از ۱۰ دقیقه تغییرات راندمان با افزایش زمان ماند نامحسوس بود (شکل ۲). در گزارش Talaiekhosani et al. (2018) اعلام شد که واکنش میان آهن شش ظرفیتی و رنگ آبی ۲۰۳ یک واکنش آنی بوده و این واکنش در کسری از ثانیه تکمیل می‌شود. آن‌ها نشان دادند که تنها عاملی که نرخ این واکنش را محدود می‌کند سرعت اختلاط هم‌زن‌ها است. آهن شش ظرفیتی باید با سرعت بالا در تمام بخش‌های راکتور پخش شود تا واکنش در کم‌ترین زمان ممکن به اتمام رسیده و نیاز به راکتور بزرگی نباشد. طولانی‌تر بودن زمان ماند بهینه در مطالعه حاضر می‌تواند به دلیل نامحلول بودن گازوئیل در آب باشد. در این شرایط آهن شش ظرفیتی باید از فاز مشترک مابین آب و قطرات ریز گازوئیل عبور کرده تا امکان اکسیداسیون آن را فراهم نماید که مطابق نتایج، این امر در زمانی حدود ۱۰ دقیقه انجام می‌شود. از آنجایی که بررسی زمان ماند هیدرولیکی در pH و غلظت آهن شش ظرفیتی بهینه نبوده است، بنابراین راندمان حذف گازوئیل حداکثر ۴۰ درصد بود. بدیهی است با راهبری فرآیند در شرایط بهینه راندمان حذف افزایش خواهد یافت.



شکل ۲- راندمان حذف گازوئیل در برابر تغییرات زمان ماند هیدرولیکی با غلظت اولیه گازوئیل ۴۲۲۰ میلی گرم بر لیتر و pH برابر با ۲

با کمک اضافه کردن مقدار مناسبی از اسید هیدروکلوریک و یا هیدروکسید سدیم pH ارلن‌مایرهای شماره ۱ الی ۶ به ترتیب برابر با ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ تنظیم شد. در نهایت آهن شش ظرفیتی به ارلن‌مایر اضافه شد تا غلظت آن در ارلن‌مایر به ۱ میلی گرم در لیتر برسد. سپس غلظت گازوئیل در ارلن‌مایرها در زمان‌های ۱۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایشات جهت اطمینان دو بار تکرار و متوسط نتایج آزمایشات گزارش شد.

۲-۵- روش انجام آزمایشات

در این مطالعه pH محلول‌ها به کمک یک pH متر دیجیتالی رومیزی تعیین شد. همچنین برای اندازه‌گیری غلظت گازوئیل در آب از روش ارائه شده توسط خوزانی (۱۳۸۶) استفاده شد.

در این روش ابتدا مقدار ۲۰ میلی‌لیتر تتراکلرید کربن به ارلن‌مایر حاوی آب آلوده به گازوئیل اضافه شد. سپس ارلن‌مایر به مدت ۱۵ دقیقه بر روی شیکر با دور ۱۵۰ دور در دقیقه گرفت تا گازوئیل از فاز آب وارد فاز تتراکلرید کربن شود. سپس تتراکلرید کربن توسط قیف جداکننده از آب شد. تتراکلرید کربن ابتدا سانتریفیوژ شد و سپس مقدار گازوئیل موجود در آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۰۰ نانومتر مورد سنجش قرار گرفت (خوزانی، ۱۳۸۶).

در این مطالعه برای تعیین راندمان حذف گازوئیل از آزمایشات از معادله (۱) استفاده شد.

$$RE = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100 \quad (1)$$

که RE: راندمان حذف گازوئیل از آب (برحسب درصد)، C_1 : غلظت اولیه گازوئیل و C_2 : غلظت گازوئیل پس از تصفیه به کمک آهن شش ظرفیتی هستند.

حذف گازوئیل از آب توسط آهن شش ظرفیتی در شرایط اسیدی را می‌توان به صورت زیر توجیه کرد. آهن شش ظرفیتی در آب می‌توان به دو شکل FeO_4^{2-} و $HFeO_4^-$ ظاهر شود. نوع آهن شش ظرفیتی موجود در آب به صورت معادله (۳) توصیف شده است.

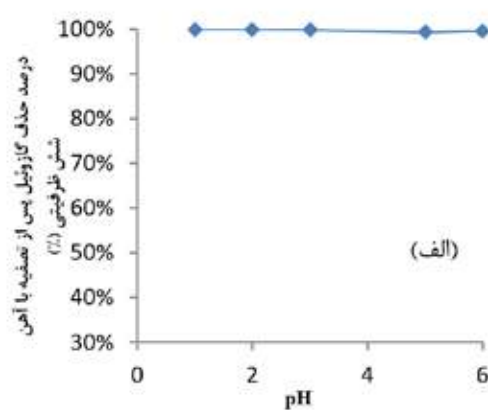
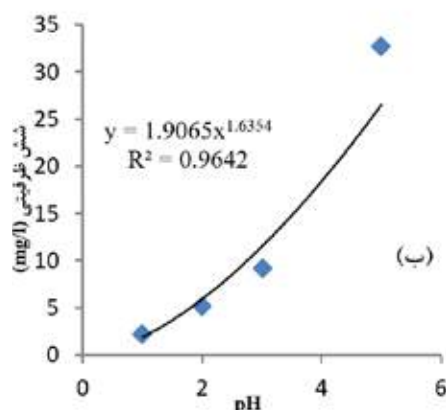
$$K[Ferrate] = K_1[HFeO_4^-] + K_2[FeO_4^{2-}] \quad (3)$$

که K_1 و K_2 : به ترتیب ضریب ثابت نرخ تولید $HFeO_4^-$ و FeO_4^{2-} هستند. مقدار K_1 برابر است با 1.24×10^7 M/S و مقدار K_2 نیز برابر 8.4×10^2 M/S است. مطابق ضرایب ذکر شده نرخ واکنش مابین $HFeO_4^-$ و گازوئیل بیشتر از نرخ واکنش مابین این آلاینده و FeO_4^{2-} است (Rush and Bielski, 1994). بنابراین $HFeO_4^-$ مسئول اصلی حذف گازوئیل از فاضلاب است. در شرایط اسیدی شکل غالب آهن شش ظرفیتی $HFeO_4^-$ می‌باشد و در شرایط خنثی شکل غالب آهن شش ظرفیتی FeO_4^{2-} است. بنابراین در شرایط اسیدی به دلیل نرخ واکنش حضور بیشتر $HFeO_4^-$ و نرخ بالاتر واکنش آن با گازوئیل در مقایسه با FeO_4^{2-} سرعت اکسیداسیون گازوئیل بیشتر است. گزارش‌های متعددی در زمینه راندمان بهتر حذف آلاینده‌های مختلف توسط آهن شش ظرفیتی از آب ارائه شده و نتایج این مطالعه را تایید می‌کند (Talaiekhosani et al., 2016c, Talaiekhosani et al., 2017a, Malik et al., 2017). مطالعات فراوانی در این زمینه انجام شده است که اشاره نموده‌اند استفاده از آهن شش ظرفیتی تولید فرآورده‌های جانبی خطرناک نمی‌کند (Jiang, 2007; Gan et al., 2015). همچنین آهن شش ظرفیتی به مرور زمان به آهن سه ظرفیتی تبدیل شده که یک منعقدکننده قدرت مند محسوب می‌شود (Talaiekhosani et al., 2017c). این ترکیب در حین فرآیند

pH از مهم‌ترین پارامترهای موثر بر واکنش‌های شیمیایی است. هر واکنش شیمیایی در برابر تغییرات pH واکنش‌های مختلفی از خود بروز می‌دهد. بنابراین بررسی تاثیر pH می‌تواند در راهبری بهینه راکتور شیمیایی حذف گازوئیل از آب به کمک آهن شش ظرفیتی حائز اهمیت باشد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات pH به طور محسوسی موثر بر حذف گازوئیل از آب نیست. شکل‌های ۳ (الف و ب) نشان می‌دهند که در pH های اسیدی راندمان حذف گازوئیل از آب اندکی بیشتر می‌شود. هرچند این افزایش زیاد نبوده و تنها در حد ۱ درصد راندمان حذف در pH های اسیدی افزایش می‌یابد. معادله (۲) رابطه مابین pH و غلظت گازوئیل باقی مانده در محیط پس از تصفیه توسط آهن شش ظرفیتی را نمایش می‌دهد. طلایی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش نمودند که کاهش pH می‌تواند به شدت بر راندمان تجزیه مواد آلی و گاز هیدروژن سولفید محلول در فاضلاب شهری توسط آهن شش ظرفیتی موثر باشد. برخلاف این گزارش، تغییرات pH نمی‌تواند تاثیر زیادی بر حذف گازوئیل از آب توسط آهن شش ظرفیتی داشته باشد.

$$Y = 1.9065x^{1.6354} \quad (2)$$

که Y : غلظت گازوئیل باقی مانده پس از اکسیداسیون توسط آهن شش ظرفیتی بر حسب میلی گرم بر لیتر و x : مقدار pH محیط هستند. اسکندری (۱۳۹۵) در مطالعه خود گزارش کرد که برای کاهش pH یک مترمکعب فاضلاب خانگی به زیر ۲ مقدار ۲/۵۲ دلار هزینه باید پرداخت شود. از آنجایی که در این مطالعه مشخص شده که تغییرات pH تاثیر محسوسی بر راندمان حذف گازوئیل از آب نمی‌گذارد، بنابراین هزینه سنگین کاهش pH آب نیز مورد نیاز نخواهد بود. دلیل افزایش راندمان



شکل ۳- تغییرات غلظت گازوئیل باقی مانده در اثر اکسیداسیون با آهن شش ظرفیتی در pH های مختلف با غلظت اولیه گازوئیل ۴۲۲۰ میلی گرم بر لیتر و زمان ماند ۱۰ دقیقه

انعقاد و در قالب لخته‌های ایجاد شده رسوب نموده و از محیط خارج می‌شود. در ضمن با وجود اکسیژن حتی در مقادیر اندک، باقی‌مانده آهن محلول را به آهن نامحلول تبدیل نموده، بنابراین باقی‌مانده بسیار ناچیزی از آن در آب وجود خواهد داشت (Tchobanoglous et al., 1991).

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه از آهن شش‌ظرفیتی که روش الکتروشیمیایی تولید شده بود برای حذف گازوئیل شناور در سطح آب استفاده شد. این مطالعه مشخص نمود که آهن شش‌ظرفیتی می‌تواند در شرایط بهینه تا نزدیک به ۱۰۰ درصد گازوئیل را از آب حذف کند. همچنین مشخص شد که علی‌رغم گزارش‌هایی در زمینه بالاتر بودن قدرت اکسندگی آهن شش‌ظرفیتی در pHهای پایین، کاهش این پارامتر تأثیر مثبت محسوسی بر روی حذف گازوئیل از آب نداشت. همچنین زمان ماند بهینه برای دستیابی به حذف اقتصادی گازوئیل از آب در حدود ۱۰ دقیقه است. از آنجایی که تولید آهن شش‌ظرفیتی به روش الکتروشیمیایی بسیار ساده است و این ماده در حین اکسیداسیون خود تولید ترکیبات جانبی نمی‌کند، می‌تواند برای تصفیه آب‌های حاوی گازوئیل مورد استفاده قرار گیرد. آهن شش‌ظرفیتی می‌تواند پس از یک ساعت تولید آهن سه‌ظرفیتی کند که منعقدکننده قدرت‌مندی است. بنابراین این ماده علاوه بر اکسیداسیون گازوئیل قادر به ایجاد فرآیند انعقاد و لخته‌سازی نیز هست. برای این‌که بتوان اظهار نظر قطعی نمود که آیا استفاده از این روش علاوه بر اینکه موثر است اقتصادی نیز می‌باشد یا خیر، باید مطالعات تکمیلی در این زمینه صورت پذیرد.

۵- تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل پایان‌نامه‌های خانم‌ها طاهره قربانی و مهسا اعمی در گروه مهندسی شیمی موسسه آموزش عالی جامی در مقطع کارشناسی است. نویسندگان این مقاله از موسسه آموزش عالی جامی که با حمایت‌های مالی و معنوی خود موجبات انجام این مطالعه را فراهم آورد تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۶- مراجع

اسکندری، ز.، (۱۳۹۵)، «بررسی حذف سولفید هیدروژن و ترکیبات آلی از فاضلاب شهری با کمک آهن شش‌ظرفیتی و تابش اشعه فرابنفش»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی جامی.

ایرنا، (۱۳۹۳)، "سقوط تانکر سوخت به زاینده‌رود آب اصفهان را قطع کرد"، خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران، تهران، <http://www.irna.ir/fa/News/81282366>.

چشمه‌خبر، (۱۳۹۳)، «نشت گازوئیل به رودخانه زاینده‌رود موجب قطع آب اصفهان شد»، اصفهان، ایران، <http://cheshmehborkhar.ir/41492>.

خوزانی، ا.ر.ط.، (۱۳۸۶)، «بررسی حذف نفت خام شناور بر روی آب با کمک میکروارگانیزم‌های خالص‌سازی شده»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

خوزانی، ا.ر.ط.، و طلائی، م.ر.، حقیقی‌فر، ن.ا.ج.ح.، (۱۳۸۸)، «بهینه‌سازی، حذف بیولوژیکی فاضلاب‌های حاوی گازوئیل شناور بر روی سطح آب به کمک روش تاگوچی»، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۰(۳)، ۵۷-۶۸.

Gan, W., Sharma, V.K., Zhang, X., Yang, L., and Yang, X., (2015), "Investigation of disinfection byproducts formation in ferrate (VI) pre-oxidation of NOM and its model compounds followed by chlorination", *Journal of Hazardous Materials*, 292, 197-204.

Jiang, J., (2007), "Research progress in the use of ferrate (VI) for the environmental remediation", *Journal of Hazardous Materials*, 146(3), 617-623.

Jorfi, S., Samaei, M.R., Darvishi Cheshmeh Soltani, R., Talaie Khozani, A., Ahmadi, M., Barzegar, G., Reshadatian, N., and Mehrabi, N., (2017), "Enhancement of the bioremediation of pyrene-contaminated soils using a hematite nanoparticle-based modified fenton oxidation in a sequenced approach", *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 26(2), 141-156.

Legrini, O., Oliveros, E., and Braun, A., (1993), "Photochemical processes for water treatment" *Chemical Reviews*, 93(2), 671-698.

Malik, S.N., Ghosh, P.C., Vaidya, A.N., Waindeskar, V., Das, S., and Mudliar, S.N., (2017), "Comparison of coagulation, ozone and ferrate treatment processes for color, COD and toxicity removal from complex textile wastewater" *Water Science and Technology*, 76(5-6), 1001-1010.

Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y.S., and Pittman, C.U., (2014), "Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent-a critical review", *Bioresource Technology*, 160(5), 191-202.

Musikavong, C., Wattanachira, S., Marhaba, T.F., and

- 7-14.
- Talaiekhosani, A., Talaei, M.R., and Rezaei, S., (2017c), "An overview on production and application of ferrate (VI) for chemical oxidation, coagulation and disinfection of water and wastewater", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(2), 1828-1842.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., and Stensel, H.D., (1991), *Wastewater engineering: Treatment and reuse*, Metcalf & Eddy, Inc., USA, McGraw-Hill Education.
- Pavasant, P., (2005), "Reduction of organic matter and trihalomethane formation potential in reclaimed water from treated industrial estate wastewater by coagulation", *Journal of Hazardous Materials*, 127(1), 48-57.
- Rush, J.D., and Bielski, B.H., (1994), "Decay of ferrate (V) in neutral and acidic solutions, A premix pulse radiolysis study", *Inorganic Chemistry*, 33(24), 5499-5502.
- Talaiekhosani, A., Alaei, S., and Ponraj, M., (2015a), "Guidelines for quick application of biochemical tests to identify unknown bacteria", *Accounts of Biotechnology Research*, 2(2), 65-82.
- Talaiekhosani, A., Jafarzadeh, N., Fulazzaky, M.A., Talaie, M.R., and Beheshti, M., (2015b), "Kinetics of substrate utilization and bacterial growth of crude oil degraded by *Pseudomonas aeruginosa*", *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(64), 1-8.
- Talaiekhosani, A., Bagheri, M., Talaei, M.R., and Jaafarzadeh, N., (2016a), "An overview on production and applications of ferrate (VI)", *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 8(3), e34904.
- Talaiekhosani, A., Eskandari, Z., Bagheri, M., and Talaie, M.R., (2016b), "Removal of H₂S and COD using UV, Ferrate and UV/Ferrate from municipal wastewater", *Journal of Human Environment and Health Promotion*, 2(1), 1-8.
- Talaiekhosani, A., Salari, M., Talaei, M.R., Bagheri, M., and Eskandari, Z., (2016c), "Formaldehyde removal from wastewater and air by using UV, ferrate (VI) and UV/ferrate (VI)", *Journal of Environmental Management*, 184(2), 204-209.
- Talaiekhosani, A., Talaei, M.R., Yazdan, M., and Mir, S.M., (2016d), "Investigation of formaldehyde removal from synthetic contaminated air by using human hair", *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 3(4), 191-196.
- Talaiekhosani, A., Eskandari, Z., Rodpeyma, S., and Bagheri, M., (2017a), "Design and development of municipal Wastewater treatment systems by Fe (VI) and computation of system's economic navigation", *Journal of Advanced Medical Sciences and Applied Technologies*, 3(3), 169-174.
- Talaiekhosani, A., Eskandari, Z., Talaei, M.R., and Salari, M., (2017b), "Hydrogen sulfide and organic compounds removal in municipal wastewater using ferrate (VI) and ultraviolet radiation", *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 4(1),

Replacing "Water Hygiene" Management Model with "Water Quality Engineering" Model, A Strategy for More Efficient Management of Potable Water Supply and Distribution

Majid Ghannadi

Advisor of the Deputy of Engineering and Development,
Water and Wastewater Engineering Company

* Corresponding Author, Email: Ghannadi48@gmail.com

Received: 10/6/2017

Revised: 30/4/2018

Accepted: 30/4/2018

Abstract

Water quality is subject to judgement by three components: the protection of public health, public acceptance and impact on the acceptability and durability of facilities. In modern times, extraction of water resources before they are restored with a lack of discipline and regulations for efficient management of pollutants and protection of water has accelerated the deterioration of water quality and has caused unwanted changes in water resources. However, the social demand regarding the issue of water quality has extended beyond being healthy and having effect on public to areas of social satisfaction and facility protection. In such circumstances, water sanitation units in water companies will not be able to meet the demand of the public on the issue of water quality with traditional structure inspired by health institutions which judges the quality of water on aspects of its effect on the public health, so it is necessary for them to replace "water hygiene" model with "water quality engineering" model, considering the favorable idealistic horizon and having an evolutionary view. In this model, water quality engineer presents the best and most accurate inferences with a complete knowledge of the scientific principles and with the requirements of adaptive management, from raw data, laboratory indicators of efficient management, extraction and taking into account economic orders, risk assessment and technical and social requirements. Giving his opinion in decisions related to designing treatment processes and structures, storage and transport of water and selection of materials, he realizes the idea of engineering water quality.

Keywords: Drinking Water Management, Social Demand, Technical Requirements, Water Quality Engineering.

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

مجید قنادی

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

* نویسنده مسئول، ایمیل: Ghannadi48@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰

چکیده

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

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

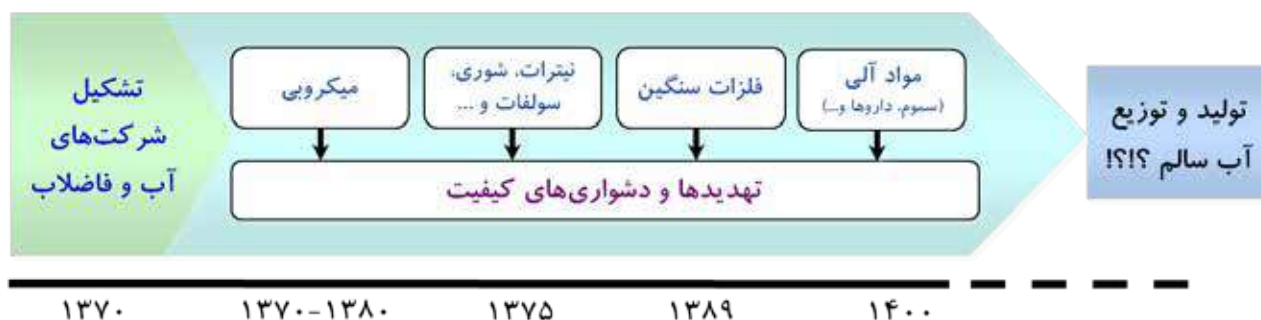
بنابر اعلام دفتر برنامه‌ریزی ملل متحد، در سال ۲۰۵۰ تقاضای جهانی آب در مقایسه با سال ۲۰۰۰، به تقریب دو برابر خواهد شد و به‌نظر نمی‌رسد چرخه‌ی طبیعی آب قادر باشد تمامی نیازهای آبی را در دهه‌های آینده برآورده سازد. این درحالی است که روند تقلیل کیفیت آب‌ها همچنان استمرار دارد. حتی در مناطقی که آب کافی برای تامین نیازها وجود دارد، بسیاری از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های زیرزمینی به‌شدت آلوده شده و یا خواهند شد (امیدی و زرین‌پنجه، ۱۳۹۳).

مطابق تعریف سازمان جهانی بهداشت «آب آشامیدنی» آبی است که برای مصرف انسانی و تمامی کاربری‌های خانگی مناسب باشد (WHO, 2011). در آینده برای برآورده ساختن مستمر چنین آبی با درجه بالایی از کیفیت که ویژگی‌های آن متناسب با کاربری‌های تعریف شده به‌ویژه آشامیدن باشد، افزون بر نیاز به تأسیسات کارآمدتر تصفیه، نگهداشت و توزیع آب، نیازمند مدیریت ضایعات انسانی، کشاورزی و صنعتی تخلیه شده به منبع آب متناسب با توان خودپالایی آن است. در حقیقت تأمین سلامت آب مجموعه‌ای زنجیروار از حلقه‌های به‌هم پیوسته مدیریت حوزه آبریز، مدیریت زاینده‌های انسانی، صنعتی و کشاورزی، فرایندها و تأسیسات تصفیه و سالم‌سازی، تأسیسات نگهداشت و توزیع و کنترل عملکرد صحیح آن‌ها است. پرواضح است که هرگونه کاستی در زیرساخت‌ها و عملکرد هر یک از حلقه‌های برشمرده، ضمن اعمال فشار مضاعف و ناخواسته بر سایر اجزاء، نیل به هدف غایی تأمین مستمر آب آشامیدنی سالم را دشوار و گاه ناممکن می‌سازد. نگاه عمیق‌تر به موضوع کنترل کیفیت آب از حوزه آبریز تا دورترین مصرف‌کنندگان شهری و روستایی، به وضوح می‌نمایاند که کنترل کیفیت آب، افزون بر جنبه‌های فنی و تخصصی درون و برون‌سازمانی، رویکردی اجتماعی و یکی از معیارهای قضاوت مشترکان از عملکرد سازمان‌های متولی آب است. زیرا کیفیت، در معنای عام آن و فراتر از همه تعریف‌ها، احساسی است که در مواجهه با پدیده‌ها، در ما شکل می‌گیرد و میلی است که «بد» را پس می‌زند و «نیکو» را طلب می‌کند و پایه و اساس آن، بر مدار پذیرش و مقبولیت نهاده شده است. کیفیت، شاخصی برای سنجش میزان مسئولیت‌پذیری اجتماعی است.

بر این سیاق، شرکت‌های آب و فاضلاب برای انجام وظیفه خطیری که برعهده دارند، علاوه بر نیاز به تجهیزات به‌هنگام شناسایی و تعیین مقدار آلاینده‌های آب، از ویژگی تعامل تخصصی درون و برون‌سازمانی و پاسخ‌گویی اجتماعی نیز باید بهره‌مند بوده و آگاه باشند که تنگناها، دشواری‌ها و هدف‌های کنترل و بهبود کیفیت آب، متأثر از پیشرفت‌های علمی، دگرگونی‌ها و انتظارات اجتماعی، هیچ‌گاه مطلق نیستند. مشکلات همواره تغییر شکل می‌دهند و به تناسب عملکرد، هوشمندی و تلاش فردی و گروهی، در هر زمان، چهره آن‌ها تغییر می‌کند. تنگناهایی که روزی برای حل آن‌ها اقدام می‌کردیم، امروز حل شده و در مقابل مشکلات جدیدی پدیدار شده است (قنادی، ۱۳۸۵). دشواری‌ها، درگذر زمان همواره در رده‌های بالاتر ظاهر می‌شوند و راه‌حل‌های برتری را نیز طلب می‌کنند. اگر در سه دهه پیش، مشکل عمده‌ی کیفیت آب آشامیدنی در ایران، پایین بودن شاخص مطلوبیت کلر باقی‌مانده و نتایج آزمون‌های میکروبی در شبکه‌های آب‌رسانی بود، امروز با بهبود شبکه‌های آب‌رسانی در قالب ایجاد شبکه‌های حلقوی، احداث مخازن ذخیره و حذف پمپاژ مستقیم آب به شبکه، در کنار توسعه تجهیزات و ایستگاه‌های کلرژنی، افزایش کنترل‌ها و سنجش‌های هوشمند، سال‌ها است که دغدغه‌ی سلامت میکروبی و شاخص‌های مرتبط با آن، مرتفع و به‌عنوان نقطه قوت و دستاورد بزرگ مدیریت آب و فاضلاب کشور محسوب می‌شود (قنادی، ۱۳۹۴). در عین حال اگر در سه دهه پیش، مقدار افزایش یافته نیترا، تنها در معدودی از شهرها، عمده‌ترین مشکل کیفیت شیمیایی در شبکه‌های آب‌رسانی کشور به‌شمار می‌رفت، امروز، افزون بر مشکل دیرینه نیترا، ظهور و افزایش مقادیر آلاینده‌هایی همچون مجموع جامدات محلول، سولفات و برخی فلزات سنگین که شمار و گستره آن‌ها رو به فزونی است و مواردی معدودی همچون بر، فلوراید و مانند آن، مهم‌ترین چالش کیفیت آب در ایران به‌شمار می‌رود (شکل ۱). بر طبق گزارش کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی، در یک برآورد کلی، سالانه بیش از ۲۵ هزار تن انواع سموم کشاورزی در ایران مصرف می‌شود و در هر هکتار از زمین‌های زراعی و باغ‌های کشور، به‌طور میانگین ۱۰ گرم سم به‌کار می‌رود که به‌حتم، بخشی از آن‌ها به منابع آب کشور راه می‌یابند.

حاکمیت و استمرار چنین الگویی از تغییرات کیفیت آب در کشور، به‌خوبی می‌نمایاند که با گذشت زمان، متأثر

سیر تغییر آلودگی‌ها در منابع و شبکه‌های آب‌رسانی



شکل ۱- تصویر تجسمی از سیر تغییر آلاینده‌ها در منابع و شبکه‌های آب‌رسانی کشور (دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی و راهبردی وزارت نیرو ۱۳۹۵)

تحول می‌سازد و پرواضح است که پیش‌نیاز تحول، روزآمد بودن و پیش‌گامی است. تحول و توسعه یک موضوع بنیادی است که در آن، نگاه کهن از بین می‌رود و نگاه جدیدی جایگزین آن می‌شود. به تعبیر دیگر، در تحول، همیشه یک مرگ (تفکر و رویکرد گذشته) و یک تولد (تفکر و رویکرد جدید) نهفته است و در این مرگ و تولدها است که ظرفیت‌ها، بنیان‌های فکری و توانایی‌های درونی به میدان عمل می‌آیند.

نگاهی به پیشینه‌ی تشکیل واحدهای کنترل کیفیت در شرکت‌های آب و فاضلاب به‌خوبی می‌نماید که خاستگاه این واحدها، با الگوبرداری از واحدهای متناظر در مراکز بهداشت استان‌ها و با نگاه به کیفیت آب از منظر تأثیرگذاری آن بر سلامت مصرف‌کننده بوده است. در چنین رویکردی که متأسفانه هنوز هم اغلب قریب به اتفاق شرکت‌های آب و فاضلاب متوقف بر آن هستند، شناسایی و تعیین مقدار عامل‌هایی از کیفیت همچون کلر باقی‌مانده، شاخص سلامت میکروبی و برخی عامل‌های شیمیایی که مستقیم بر سلامت اثرگذار هستند، از اولویت و اهمیت بیش‌تری برخوردارند و سایر عامل‌ها که اثرگذاری آن‌ها بر سلامت، هنوز به اثبات نرسیده است، یا در رده‌های چندم اهمیت جای می‌گیرند و یا از گردونه‌ی کنترل خارج می‌شوند. شرکت‌های آب و فاضلاب باید بدانند که میدان مسئولیت و مطالبه جامعه از آنان در موضوع کیفیت، تنها منحصر به تأمین سلامت مصرف‌کننده در آشامیدن آب نبوده و نیست و ظرف آن بسیار گسترده‌تر از آن است که تنها پاسخگوی نهاد ناظر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و متوقف بر آن باشند. هم‌چنان که خدمات آب و فاضلاب با شش شاخص کمیت، کیفیت، استمرار، پوشش، قیمت و رضایتمندی در بوته نقد

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

۲- الگوی مدیریت مهندسی کیفیت آب

تغییر در فرصت‌ها، تهدیدها، قوت‌ها، انتظارات و موقعیت‌ها، همگی ادامه بقا، رشد و توسعه را نیازمند تحول می‌سازد. این تغییرها در ارکان، نگرش‌ها و انتظارات از کیفیت آب، به‌حدی فاحش است که هویت نوینی را برای این بخش تعریف و الزام‌های آن را پیچیده‌تر ساخته است. ظهور رویکردها، ایده‌ها و شاخص‌های جدید در این رشته تخصصی، همراه با سخت‌گیرانه‌تر شدن تدریجی استانداردها و ضابطه‌ها از یک سو و از دیگر سو تسری یافتن جنبه‌های نظارتی آن به تمامی اجزای تأسیسات و چرخه انسان‌ساخت آب، از موضوع‌های فرآوری واحدهای کنترل کیفیت است که همگی، آن را نیازمند



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

آبرسانی توجه شود. در شبکه‌های توزیع، چهار عامل دما، مواد مغذی انباشته در رسوبات، سرعت جریان و زمان ماند، بر کیفیت آب در لوله‌های آبرسانی مؤثرند (شکل ۳) و هم‌چنان که در آخرین رهنمود سازمان جهانی بهداشت آمده است (WHO, 2011)، باید مورد تدقیق و توجه قرار گیرند.



شکل ۳- عامل‌های مؤثر بر کیفیت آب در لوله‌های آبرسانی

دستگاه‌های مرتبط با منابع طبیعی و محیط زیست، باید آگاه باشند که رصد کیفیت آب، شاخصی برای سنجش تغییرات محیط زیست است. به‌عنوان نمونه، کاهش کلیاتیت آب ورودی به دریاچه‌ها، شاخص ظرفیت خنثی‌سازی اسید^۱ آب دریاچه را متأثر می‌سازد و متعاقب آن فلزات سنگینی که طی سال‌ها در رسوبات دریاچه انباشته شده‌اند، مجدداً به درون بستر آب راه می‌یابند و در نهایت در آب‌زیان دریاچه و از جمله ماهیان انباشته و ضمن اثر بر تغییرات جمعیتی آنان، طبقات بالاتر هرم غذایی و از جمله انسان را متأثر می‌سازند (WHO and UNEP, 1997).

همه این‌ها و مواردی و دیگری مانند آن که توضیح آن‌ها خارج از حوصله‌ی این نوشتار است، شاهدهی هستند بر آن‌که موضوع کیفیت آب، تنها منحصر و محدود به بهداشت و سلامت نیست و استنباط هم‌ترازی کیفیت با بهداشت، جفایی به این بخش است. ما باید موضوع کیفیت آب را فراتر از بهداشت و

قرار می‌گیرد، کیفیت آب نیز با سه مؤلفه صیانت از سلامت افراد و جامعه، مقبولیت و پذیرش عمومی و اثرگذاری بر دوام (پایداری) تأسیسات، در معرض قضاوت و داوری است. تنها در چنین رویکردی است که توجه به موضوع‌هایی همچون گوارایی آب، قلیائیت، دما، سختی و عامل‌هایی مانند آن، هم‌سنگ و هم‌وزن با عامل‌های اثرگذار بر سلامت، ارزش و اهمیت می‌یابند. با گذشت زمان، حساسیت‌های کیفیت آب، از مؤلفه سلامت، به مؤلفه‌های مقبولیت و حفاظت تأسیسات تسری و گسترش یافته است و بخشی از مطالبه‌ها، تقاضاها و نیازها برای مطالعه، تصفیه و جایگزینی منبع آب، بیش از آن که منبعث از سلامت آب باشد، ناظر بر جوانب گوارایی و مقبولیت و یا اثرگذاری کیفیت آب بر تأسیسات است. موارد زیر نمونه‌هایی از آن است: - در حالی‌که از منظر شاخص‌های رایج بهداشتی و سلامتی، در مناطقی از کشور بر کیفیت آب ایرادی وارد نیست، گرفتگی شدید لوله‌های آبرسانی، مشکل عمومی منطقه و مسؤولان و حتی مشترکان، به دلیل قطعی مکرر آب است (شکل ۲). در برخی مناطق شهری و روستایی کشور، مردم به استفاده از آب‌های تصفیه شده در تأسیسات نمک‌زدایی خانگی با توجه عدم اطمینان از کیفیت آب و در مواردی، خرید آب قنات‌ها از تانکرهای عرضه‌کننده آن، با توجه سبکی و طبع بهتر چای روی آورده‌اند.

- شماری از مصرف‌کنندگان، از تخریب، انسداد و فرسودگی زودرس تأسیسات و لوازم آب‌بر در منازل خود به ویژه لوله‌ها، ظروف و تأسیسات حاوی آب گرم، شکایت دارند و حال آن‌که کیفیت آب، از منظر شاخص‌های متعارف بهداشتی مشکلی ندارد. - نیاز و مطالبه اجتماعی ایجاب می‌کند تا مدیریت کیفیت آب، بر تغییرات کیفیت در شبکه توزیع متمرکز شود و در آن، به اثر ناشی از ماند آب، نشست فلزات از لوله‌ها و بسترهای حامل، رژیم هیدرولیکی و جنس مصالح مورد استفاده در تأسیسات

سلامت مصرف‌کننده بدانیم و با پذیرش این نکته که موضوع رصد اثرگذاری کیفیت آب بر حفظ سلامت مصرف‌کنندگان، تنها جزیی از حوزه‌ی کیفیت است؛ طرح “مهندسی کیفیت آب” را در اندازیم. این رویکرد، سلامت مصرف‌کننده، حفاظت و پایداری تأسیسات حامل آب و رضایت‌مندی مشتریان را هم‌زمان در بر دارد. در مهندسی کیفیت، مدیر و کارشناس کیفیت آب، علاوه بر سنجش و تعیین مقدار عامل‌های مرتبط با آن در آزمایشگاه، با بهره‌گیری از فنون علمی کارآمد، از داده‌های خام آزمایشگاهی، در بستری از تحلیل و تفسیر، شاخص‌های مدیریتی با قابلیت کاربرد در تصمیم‌گیری و طراحی سازه‌ها و فرآیندها استخراج می‌کند و با حضور مؤثر در نشست‌های پیشنهاد، نقد و بررسی و حتی طراحی فرآیندهای تصفیه، ایده مهندسی کنترل کیفیت آب را به عینیت مبدل می‌سازد. نگارنده بر این باور است که پیش‌نیاز و حتی لازمه موفقیت در نیل به تأمین سلامت در موضوع کیفیت آب، گام‌نهادن مدیرانه در عرصه‌ای است که بتواند جوانب زیبایی‌شناختی، مقبولیت عمومی و حفاظت از تأسیسات را برآورده سازد و این مهم، بدون اشراف، اعمال‌نظر و حضور در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مهندسی آب، اعم از طراحی فرآیندهای پالایش، ذخیره‌سازی، انتقال و انتخاب و خرید مواد و مصالح، دور ذهن می‌نماید. بدیهی است که لازمه موفقیت در نیل به خواسته‌های گفته شده، در نخستین گام، نیازمند به‌روزرسانی دانش و ارتقای آن است.

۳- ویژگی‌ها و نیازمندی‌های مدیریت مهندسی کیفیت آب

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

* هم‌چنان که پیش‌تر نیز گفته شد، با گذشت زمان، حساسیت‌های کیفیت آب، از مؤلفه سلامت، به مؤلفه‌های مقبولیت و حفاظت تأسیسات گسترش یافته است و بخشی از تقاضاها برای تصفیه و جایگزینی منبع آب، ناظر بر جوانب مقبولیت و یا اثرگذاری کیفیت بر پایداری تأسیسات است. در این بخش، توجه به معیارهای رسوب‌گذاری، خوردگی، بو، رنگ، مواد مغذی، ماند آب در تاسیسات، سختی، قلیائیت و مانند آن، باید بیش‌تر و انضباط‌های کارشناسی برای نقد کیفیت بر مبنای آن‌ها، باید برقرار شود.

* ادبیات کیفیت آب، از تأکید صرف و ابزاری بر عده‌های مندرج در استاندارد ملی، به تدریج به استخراج شاخص‌هایی متناسب با کاربری‌های متصور آب، باید تغییر و ارتقا یابد. در بخش آب آشامیدنی، شاخص‌های کیفیت آب، باید متضمن شاخص‌هایی باشد که هم‌زمان سه مؤلفه سلامت، مقبولیت و حفاظت لوازم و تأسیسات را تضمین و برآورده سازد. به‌نظر می‌رسد در حال حاضر، مدیریت کیفیت آب در ایران، با فقدان و یا کمبود شاخص‌های مدیریتی کیفیت^۲ رو به رواست. ما هم اکنون، هر چند میلیون‌ها داده و عدد آزمایشگاهی در اختیار داریم، اما کم‌تر از آن‌ها در استخراج شاخص‌های مدیریتی استفاده می‌شود. متوقف شدن بر مقایسه عده‌های تولید شده در آزمایشگاه، با ارقام مندرج در استاندارد ملی، اقدامی بسیار ابتدایی است که نه تنها زمینه را برای استفاده ابزاری از موضوع کیفیت آب در رویارویی‌های جناحی، سیاسی و ... فراهم می‌سازد، بلکه در بعد تخصصی، در عمل استفاده از آن‌ها را در برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت تخصیص آب، دشوار و حتی ناممکن می‌سازد (قنادی، ۱۳۹۴). در یک قرن گذشته و به‌ویژه از دهه شصت میلادی به این سو، حساسیت‌های اجتماعی پیرامون کیفیت آب، سبب شد تا چگونگی تبدیل داده‌های فراوان و پیچیده کیفیت، به اطلاعات قابل فهم و قابل استفاده برای مدیران، طراحان و عموم مردم، به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های متخصصان کیفیت بدل شود. تلاش چند دهه متخصصان برای تبدیل اطلاعات به‌گونه‌ای ساده و قابل درک یکسان، به تولید یک و شاید چند عدد منجر شد. این عده‌ها با هدف ارتباط بخشیدن به حجم گسترده داده‌ها، طراحی شده‌اند و از آن‌ها به‌عنوان «شاخص» نام‌برده می‌شود. باید توجه داشت که تمامی سامانه‌های شاخصی، نیازمند شناسایی و تعیین مقدار (اندازه‌گیری) عامل‌های مشخصی از کیفیت آب هستند. از این سنجش‌ها، زیرشاخص‌های حاصل از دسته‌بندی و ارزش‌گذاری برای هر عامل به‌دست می‌آید که از تلفیق آن‌ها بر اساس اصول تعریف شده حاکم بر آن، شاخص نهایی به‌دست می‌آید.

در یک نگاه، عامل‌های کیفیت آب به دو دسته بیرونی^۳ و درونی^۴ طبقه‌بندی می‌شوند. عامل‌های بیرونی، مواردی از کیفیت را شامل می‌شود که برای عموم جامعه قابل شناسایی نیست ولی برای متخصصان، از حیث اثرگذاری بر جوانب بهداشتی و یا کاربری‌های ویژه‌ی آب برای تولید فرآورده‌های کشاورزی و

صنعتی مورد توجه است و از آن به عنوان نشان‌گرهای آماری^۵ نام برده می‌شود. عامل‌های درونی مشتمل بر عامل‌هایی است که توسط عموم مصرف‌کنندگان قابل تشخیص و پیامدهای آن به وضوح در کاربری‌های عمومی آب مشهود است و به عنوان جوانب زیبایی‌شناختی معرفی می‌شوند. رنگ، بو، طعم، سختی و عامل‌هایی مانند آن در این دسته قرار می‌گیرند (Abbasi and Abbasi, 2012).

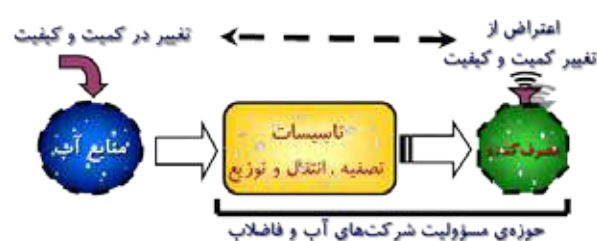
چگونگی تلفیق و وزن‌دهی داده‌های حاصل از اندازه‌گیری عامل‌های درونی و بیرونی کیفیت آب، موضوع بحث و ایده‌پردازی متخصصان کنترل کیفیت در دهه‌های گذشته بوده است که ثمره آن منجر به تولید شاخص‌هایی همچون: شاخص حساسی، شاخص مضر، شاخص راهبری حداقلی (برای آب‌های بهداشتی و غیرآشامیدنی)، شاخص وزن‌دهی حساسی، شاخص وزن‌دهی مضر، شاخص هارکینز، شاخص محاسباتی دلفی، شاخص کلمبیا، شاخص کانادا و مانند آن شده است (Abbasi and Abbasi, 2012). نکته قابل توجه آن که از زمان ارایه نخستین شاخص سنجش کیفیت که در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور هورتون ارایه شد، سیر تکاملی شاخص‌ها استمرار داشته و شاخص‌هایی ارایه شده است که از مرحله پژوهش و حوزه دانشگاهی فراتر رفته‌اند و در مرزهایی با کاربرد فراگیر ملی و با پشتوانه حقوقی وارد شده و در ارزیابی کیفیت شیمیایی آب مورد استفاده متخصصان و ذی‌نفعان حقیقی و حقوقی مرتبط با کیفیت آب است.

* در سال‌های اخیر که محدودیت منابع مالی، به عنوان عامل مهم و اثرگذار بر تصمیم‌های مدیریتی، برجسته‌تر شده است، افزون بر انضباط‌های کارشناسی، به موضوع اقتصاد مهندسی کیفیت آب نیز در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ها، باید توجه ویژه شود. بر مبنای یک مطالعه، در سال ۱۳۹۴ افزون بر ۳۱/۶ میلیون آزمون سنجش کیفیت مشتمل بر سنجش کلر باقی‌مانده، شناسایی شاخص سلامت میکروبی و تعیین مقدار عامل‌های شیمیایی آب با بهره‌گیری از ۷۹۵ واحد آزمایشگاهی متعلق به شرکت‌های آب و فاضلاب در شهرها و روستاهای کشور انجام شده است. با احتساب تعرفه‌های رایج آزمایشگاهی سال ۱۳۹۴، هزینه انجام این تعداد آزمون، ۸۹۲ میلیارد ریال بوده است. در این سال، بالغ بر ۷/۶۶ میلیارد مترمکعب آب آشامیدنی در شرکت‌های آب و فاضلاب تولید و در شهرها و روستاهای کشور توزیع شده است. به تعبیر دیگر، در سال ۱۳۹۴ به‌ازای هر مترمکعب آب آشامیدنی، ۱۱۷ ریال صرف هزینه‌های کنترل کیفیت شده است. در این محاسبه،

هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای احداث و تجهیز آزمایشگاه‌ها و دستمزد کارکنان مرتبط با آن لحاظ نشده است (قنادی و همکاران، ۱۳۹۵).

* هر چند در سال‌های اخیر با تقویت تجهیزات آزمایشگاهی و ایجاد زمینه رقابتی، مستندسازی، تفکر و اقدام برنامه‌ای تلاش شده است تا توان اثرگذاری بر تغییرات کیفیت آب فزونی یابد، اما نباید از یاد برد که کنترل، نظارت و اقدام پیش‌گیرانه بر عامل‌های اثرگذار بر کیفیت آب‌ها، مشتمل بر زائده‌های صنعتی، رواناب‌های کشاورزی، سموم و مواد نفتی، آلاینده‌های هوا و فضولات حیوانی از یک سو و از دیگر سو ضرورت‌های محلی استحصال بیش از سرعت بازایی که پیش‌روی آب‌های شور را در پی دارد، همراه با ساختار زمین‌شناسی برخی مناطق، از جمله عامل‌های اثرگذار بر کیفیت آب‌ها هستند که مدیریت آن‌ها، اغلب خارج از حوزه مسئولیت شرکت‌های آب و فاضلاب است (شکل ۴).

در چنین شرایطی، مشارکت بین بخشی برای پیشگیری از آلودگی‌های احتمالی و حفظ کیفیت آب در منابع تأمین، رویکرد نخستین است که با به‌روز ساختن فرآیندهای تصفیه و سالم‌سازی آب و کنترل و نظارت هوش‌مندانه بر روند تغییرات کیفیت آب از منابع تأمین تا مبادی مصرف، سلامت کیفیت آب توزیع شده تضمین می‌شود. در اجرای این راهبرد، به‌روز ساختن دانش و توان تخصصی مدیران و کارشناسان و ورود به عرصه‌ی ارزیابی خطر، تدوین مستندهای علمی لازم، پیش‌بینی حریم‌های بهداشتی منابع آب در طرح‌های توسعه، بازنگری در فرآیندهای تصفیه‌ی آب، ایجاد و توسعه آزمایشگاه‌های ثابت و سیار با توان شناسایی و تعیین مقدار تمامی آلاینده‌های آب از برنامه‌های کاری این واحد باید باشد.



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

* مدیران و کارشناسان مهندسی کیفیت باید بدانند که مستندهای علمی بر پایه یافته‌های بشری، در طول زمان دستخوش تغییر، تحول و به‌روزرآوری است و در دورانی که از موضوع کیفیت، به‌عنوان یک ابزار برای نیل به خواسته‌های دیگر نیز استفاده می‌شود، شایسته و لازم است تا با گردآوری و مطالعه همه آن‌ها (البته در حد مقدور)، با به‌کارگیری فنون تفسیر و تحلیل، بهترین و صحیح‌ترین آن‌ها را استنتاج و استخراج کنند. به‌عنوان نمونه، در سال‌های گذشته، همزمان با افزایش مقادیر نیترات در آبخوان زیرزمینی برخی شهرهای کشور و طرح آن در رسانه‌های جمعی، مطالبی گفته و نوشته شده که برخی از آن‌ها، از مدار علمی خارج بود و شرکت‌های آب و فاضلاب را در موضع ضعف قرار داد. در ادامه، نگاه و تفسیر کارشناسی پیرامون نیترات، در مدار مهندسی کیفیت، صرفاً به‌عنوان نمونه‌ای از نوع نگاه و اشراف‌نظر بر موضوع (درحد بضاعت نگارنده) ارایه می‌شود. بدیهی است در سایر موضوع‌های مبتلابه نیز چنین استنباط‌هایی و حتی بهتر از آن را می‌توان عرضه داشت.

در موضوع افزایش محتوای نیترات در آبخوان زیرزمینی، ابتدا باید توجه داشت که در تحلیل کیفیت شیمیایی آب، پیش از آن‌که عوارض بهداشتی و بیماری‌زایی نیترات مطرح باشد، شاخص بودن آن مورد توجه است. برخلاف آب‌های سطحی، سرعت حرکت املاح شیمیایی آب در لایه‌های خاک، به‌همان سرعت جریان آب نیست و هریک از املاح همراه آب، حسب ماهیت و وزن مولکولی، سرعت‌های متفاوتی دارند که در متون علمی از آن به نام «ضریب تاخیر» تعبیر می‌شود. از آن‌جا که ضریب تاخیر نیترات، نزدیک به عدد یک (۰/۹۸) است، از آن به‌عنوان شاخصی برای تعیین و ره‌گیری راهیابی پساب‌های آلوده به آبخوان استفاده می‌شود (WHO, 2011).

با استناد به طبقه‌بندی Kashef از مواد شیمیایی در آب‌های زیرزمینی در حالت طبیعی؛ نیترات در گروه ترکیبات ثانویه با دامنه مقادیر متعارف ۱۰-۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر قرار دارد (Kashef, 1987). به‌این معنا که هرگاه هیچ‌گونه پسابی به آبخوان زیرزمینی راه نیافته باشد، مقادیر نیترات آن حداکثر تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر خواهد بود و مقادیر بیش‌تر آن، به منزله راهیابی پساب به درون آبخوان است. با استناد به رهنمود سازمان جهانی بهداشت برای کیفیت

آب آشامیدنی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱، نیترات به‌آسانی از طریق سبزی‌ها، گوشت و آب جذب می‌شود و بیش از ۹۰ درصد آن از طریق ادرار دفع می‌شود (WHO, 2011). در انسان ۲۵ درصد از نیترات جذب شده، وارد بزاق دهان شده و ۲۰ درصد آن تحت تاثیر باکتری‌های (فلور میکروبی) دهان به نیتريت احیا می‌شود. حتی در غیاب منابع ورود نیترات به بدن، تجزیه پروتئین‌ها در دستگاه گوارش نیز نیترات تولید می‌کند و از این طریق روزانه ۶۲ میلی‌گرم نیترات از راه ادرار از بدن دفع می‌شود. مطالعه Craun et al. (1981) نشان می‌دهد که میانگین جذب روزانه نیترات در انسان از طریق آب و مواد غذایی، از ۴۳ تا ۱۳۱ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است. مجموع نیترات جذب شده در بدن انسان با توجه به مقادیر دفع آن از طریق ادرار، بین ۳۹ تا ۲۶۸ میلی‌گرم در روز برآورد شده است. مقادیر بالاتر آن به‌میزان مصرف روزانه سبزی و سایر مواد غذایی غنی از نیترات وابسته است. در حالتی که محتوای نیترات آب کم‌تر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، سبزی‌ها به ویژه کرفس، سیب‌زمینی، کاهو، اسفناج و سبزی‌های ریشه‌دار با اختصاص ۸۶ درصد از مجموع روزانه نیترات، به‌عنوان مهم‌ترین منبع ورود نیترات به بدن شناخته شده‌اند و فرآورده‌های گوشتی و آب آشامیدنی به‌ترتیب در مقام‌های دوم و سوم جای می‌گیرند. در صورتی که محتوای نیترات آب به بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یابد، آب آشامیدنی مهم‌ترین منبع نیترات به بدن خواهد بود (Craun et al., 1981). مطالعه Bouchard et al. (1992) موید آن است که در رژیم‌های غذایی با محتوای نیترات ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، بیش از ۷۰ درصد از جذب نیترات بدن مربوط به آب است.

برخلاف برخی اظهارنظرها که کم‌تر از منطق کارشناسی برخوردار بوده است، جذب و دفع نیترات از بدن به‌سهولت انجام می‌شود و نه تنها مشکل بهداشتی برای غالب افراد ایجاد نمی‌کند، بلکه براساس گزارش Norman et al. (2009) نیترات، عامل تنظیم فشار خون و بهبود دهنده کارکرد دستگاه قلب و عروق است و شماری از داروهای منتسب به دستگاه گردش خون نیز، حاوی مقادیر قابل توجهی نیترات هستند. تنها در افرادی که اسیدیته معده آن‌ها به‌دلیل مصرف داروهای ضداسید که مانع از ترشح اسید معده می‌شوند، نوزادان با سن کم‌تر از ۳ ماه و افراد مبتلا به عفونت‌های معده‌ای-روده‌ای^۸، احیای میکروبی نیترات به نیتريت روی می‌دهد. در این حالت نیتريت

با تبدیل آهن دو ظرفیتی به نوع سه ظرفیتی، هموگلوبین (Hb) خون را به متهموگلوبین (Mb) تبدیل می‌کند. حتی در این حالت نیز غلظت متهموگلوبین خون توسط دو آنزیم به نام‌های دیافوراز و NADH Cytochrome (b5) reductase که از گلبول‌های قرمز ترشح شده و سبب احیای متهموگلوبین به هموگلوبین می‌شوند، در حد یک درصد غلظت هموگلوبین خون ثابت نگه داشته می‌شود. کمبود این دو آنزیم، به صورت اکتسابی و تحت عامل‌های گوناگون محیطی نیز، سبب ایجاد بیماری متهموگلوبینمی می‌شود.

در این بیماری که نخستین بار توسط یک پزشک آمریکایی به نام دکتر Comly در دهه ۱۹۴۰ میلادی و در کودکانی که با شیر خشک تهیه شده از آب حاوی ۹۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتрат تغذیه شده بودند، با نشانه‌های تیرگی رنگ پوست، تغییر رنگ لب‌ها از قرمز به قهوه‌ای شکلاتی، کاهش دمای بدن، مشکل در تنفس و گریه‌های زیاد و غیرطبیعی، به همراه نقص در وزن‌آوری نوزادان گزارش شد. فقدان و یا کمبود وراثتی آنزیم NADH Cytochrome (b5) reductase می‌تواند عامل ایجاد بیماری متهموگلوبینمی باشد. افزون بر آن، اشکال غیرطبیعی هموگلوبین که به هموگلوبین (HbM) و به صورت MhydePark , Mboston , MIwate معروف هستند نیز عاملی برای ابتلای فرد به بیماری متهموگلوبینمی محسوب می‌شوند. مروری بر مستندات علمی نشان می‌دهد که در مقایسه با بزرگسالان، هموگلوبین خون اطفال، به‌ویژه نوزادان، به حداقل پنج دلیل، برای تبدیل به متهموگلوبین مستعدتر است و به همین سبب، حد ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات که در رهنمود سازمان جهانی بهداشت آمده است، بر پایه ایجاد عارضه‌ی متهموگلوبین در نوزادان با سن کمتر از سه ماه که با شیر خشک تغذیه می‌شوند، استوار است. در این گروه سنی به دلیل عدم تکمیل سامانه آنزیمی بدن، بالاتر بودن pH معده و بالا بودن نسبت وزن آب جذب شده به وزن بدن، به عنوان گروه مستعد و آسیب‌پذیر شناخته شده‌اند. واضح است که در افراد بزرگ‌سالی که مشکلات گوارشی نداشته و از داروهایی که مانع از ترشح اسید معده می‌شوند، استفاده نمی‌کنند؛ متعاقب آشامیدن آب با محتوای نیترات بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، دچار عارضه متهموگلوبینمی نمی‌شوند. در عین حال در بزرگسالان، عارضه‌های نیترات و ابتلا به بیماری دیابت نوع یک، به تقریب یکسان و مشابه گزارش شده است. در

بزرگسالان، نیترات می‌تواند با تشکیل ترکیبات N-Nitroso سبب ایجاد سرطان به‌ویژه سرطان تخمدان و طحال در زنان شود. مصرف برخی داروها نظیر آنتی‌بیوتیک‌های گروه سولفانامید، تماس طولانی با گاز اکسید نیتروژن که از آگروز اتومبیل‌ها، دود سیگار، سوختن چوب و مانند آن متصاعد می‌شود نیز عوارضی شبیه نیترات دارند.

بررسی مقادیر نیترات در استاندارد سایر کشورها نشان می‌دهد که به استثنای کشور تانزانیا، هیچ کشوری، مقادیر بیش‌تر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات را در استاندارد ملی خود لحاظ نکرده‌اند. حتی در سال ۱۹۹۹ در ایالات متحده، استاندارد ویژه‌ای برای آب شرب کودکان تدوین شد که بر مبنای آن، مقادیر نیترات و نیتريت در آب آشامیدنی کودکان تا سن ۱۲ سال ۴/۵ میلی‌گرم بر حسب یون نیترات، تعیین شده است (EPA 1999). شبیه ایجاد شده در گفت‌وگوهای رسانه‌ای پیرامون عبارت:

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

که در پاراگراف چهارم صفحه 196c رهنمود سازمان جهانی بهداشت و عیناً در صفحه ۱۵ کتابچه

Nitrate and nitrite in drinking-water, Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality.

از انتشارات سازمان جهانی بهداشت (WHO, 2007) آمده است، اظهار می‌دارد که «در حالتی که نیترات آب در مقادیر ۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، متولیان بهداشتی باید دقت نظر بیش‌تری بر سلامت میکروبی آب داشته باشند». این عبارت برخلاف آنچه در برخی اظهارنظرها آمده است، هیچ‌گاه به معنای آن نیست که سازمان جهانی بهداشت، آشامیدن آب‌های با محتوای ۱۰۰-۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات را مجاز دانسته است، بلکه صرفاً هشدار می‌دهد که به دلیل این که مقادیر بالای نیترات، از پساب‌های آلوده به فضولات دامی و یا انسانی نشأت می‌گیرد، هم‌زمان با محتوای نیترات بالای آب، آلودگی میکروبی آن نیز محتمل است (قنادی، ۱۳۸۶).

نیترات، به یکی از سه روش تبادل یون، زدایش بیولوژیکی و جداسازی غشایی از آب حذف می‌شود و به منظور برآورد و پیش‌بینی غلظت آن در آبخوان زیرزمینی مناطقی که فاقد

شبکه جمع‌آوری فاضلاب هستند و فاضلاب آن‌ها از طریق چاه‌های جذبی دفع می‌شود، از رابطه (۱) می‌توان بهره جست (UNE, SCO, WHO and UNEP, 1997):

$$C = \frac{1000 \times a \times A \times f}{0.365 \times A \times U + 10I} \quad (1)$$

که C : غلظت نیترات در لایه‌ی آبدار زیرزمینی (برحسب میلی‌گرم بر لیتر $(N-NO_3)$ ، a : سرانه سالانه نیتروژن دفع شده (برحسب کیلوگرم) که مقدار آن حدود ۵ کیلوگرم در سال است، A : تراکم جمعیت در منطقه (برحسب نفر در هکتار)، f : ضریب رسیدن نیترات به لایه آبدار (این نسبت نشان‌دهنده شرایط توالت‌ها و میزان حساسیت آبخوان است. مقدار آن در آبخوان‌های کم‌عمق هوازی، در محدوده ۰/۲ تا ۰/۶ است. در سفره‌های کارستیک و آهکی، به تقریب تمامی نیتروژن دفع شده، اکسید و به آبخوان راه می‌یابد)، U : سرانه تولید فاضلاب (برحسب لیتر بر روز) و I : ضریب نفوذپذیری خاک (برحسب میلی‌متر بر سال) هستند.

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

سرانجام آن که در کشور ما، بحران آب، به الزام، به معنای کم آبی نیست؛ بحران واقعی، محدود شدن به آب‌های آلوده است

(WHO, 2010). در چنین شرایطی که هم اکنون نیز در برخی مناطق به آن مبتلا هستیم و در آینده، موفقیت در مدیریت کنترل کیفیت و تضمین سلامت آب، بدون اعمال انضباط‌های سخت‌گیرانه مهندسی و نظارت هوشمندانه و مستمر بر تغییرات کیفیت آب، دانایی، توانایی و راستی، مبتنی بر پیشگیری، مدیریت اطلاعات، شفافیت، دانش، مهارت، مسوولیت‌پذیری، همه‌جانبه‌نگری و پاسخ‌گویی همگانی ممکن نخواهد بود.

۴- پی‌نوشت‌ها

- 1- Acid Neutralizing Capacity (ANC)
- 2- Benchmark
- 3- Subjective
- 4- Objective
- 5- Statistical indices
- 6- Risk Assessment
- 7- Retardation Coefficient
- 8- Gastrointestinal Infection

۵- مراجع

- امیدی، م. و زرین‌پنجه، ن.، (مترجمین)، (۱۳۹۳)، *جهان در ۲۰۵۰*، انتشارات مهر ویستا، چاپ دوم، (نویسنده: لارنس اسمیت).
- دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی و راهبردی وزارت نیرو، (۱۳۹۵)، *وزارت نیرو در منظر مجلس دهم*، روابط عمومی شرکت توانیر، تهران، ایران.
- قنادی، م.، (۱۳۸۵)، «مدیریت و مدیران کنترل کیفیت (الزام‌ها و فرصت‌ها)»، *مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهره‌برداری در بخش آب و فاضلاب*، تهران، جلد دوم، ۳-۲.
- قنادی، م.، (۱۳۸۶)، «آن چه باید پیرامون نیترات بدانیم»، *نشریه شهراب*، ۵۰۴، ۱۹.
- قنادی، م.، (۱۳۹۳)، «شاخص‌گذاری کیفیت شیمیایی آب، نیاز دیروز، ضرورت امروز»، *نشریه شهراب*، ۵۲۳، ۲۷.
- قنادی، م.، (۱۳۹۴)، «بازتعریف و بازخوانی مدیریت آب و فاضلاب شهری، ضرورت امروز، نیاز فردا»، *نشریه شهراب*، ۵۵۸، ۷۵.
- قنادی، م.، واقفی، ک.، منتظری، ا.، محبی، م.ر.، حاتمی، ز. و فرهادپور، ژ.، (۱۳۹۵)، «تحلیل و بررسی هزینه آزمون‌های سنجش کیفیت آب در شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۴»، *مجموعه چکیده مقاله‌های اولین کنفرانس ملی*

- اقتصاد آب، تهران، انتشارات سنا، ۵-۶ مرداد.
- Abbasi, T., and Abbasi, S.A., (2012), *Water quality indexes*, Elsevier Publications.
- Bouchard, D.C., Williams, M.K., and Surampalli, R.Y., (1992), "Nitrate contamination of groundwater: Sources and potential health effects", *Journal of Americal Water Works Association (AWWA)*, 84(9), 85-90
- Craun, G.F., Greaderson, D.G., and Gunderson, D.H., (1981), "Methemoglobin levels in young children consuming high Nitrate well water in the United State", *International Journal of Epidemiology*, Oxford Press, 10(4), 309-317.
- Crites, R.W., Middlebrooks, J., and Reed, Sh.C., (2006), *Natural wastewater treatment systems*, Taylor and Francis Group, CRC Press.
- Division of Agriculture and Natural Resources, (2003), *Groundwater quality and groundwater pollution*, Farm Water Quality Planning (FWQP) Series, University of California, ANR Publication 8084.
- Environmental Protection Agency, (1999), *Children and drinking water standards*, Office of Water, No. 815-k-99-001, United State of America.
- Kashef, A.I., (1987), *Groundwater Engineering*, McGraw-Hill, 2nd Edition.
- Norman, G.H., Yaoping, T., and Nathan S.B., (2009), "Food sources of nitrates and nitrites: The physiologic context for potential health benefits", *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(1), 1-10.
- Oliver, S., Howard, J.Ch., and Chorus, I., (2006), *Protecting groundwater for health*, WHO and IWA.
- Peavey, H., Rowe, D., and Tchobanoglous, H., (1986), *Environmental engineering*, McGraw-Hill.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme, (1997), *Water quality assessments*, E & FN SPON, 2nd Edition.
- World Health Organization, (2007), *Nitrate and nitrite in drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*, WHO, Geneva.
- World Health Organization, (2011), *Guidelines for drinking water quality*, WHO, Geneva, 4th Edition.
- World Water Council, (2010), *A new water politics*, World Water Council, 2010-2012.

A Review on Chemical Coagulation Process for Removal of Heavy Metals from Water

Farhad Salimi

Department of Chemical Engineering, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

* Corresponding Author, Email: f.salimi@iauksh.ac.ir

Received: 2/6/2017

Revised: 23/2/2018

Accepted: 24/2/2018

Abstract

Heavy metal pollution has become one of the most urgent environmental issues, which also poses a potential threat to the human health. This article is suggested to review the advance on the performance of chemical coagulation process in removing heavy metal from water. Chemical coagulation process is considered to be a valid method which is determined by the hydrolyzed species of the inorganic coagulants under different raw water and coagulation conditions. The main mechanisms of the removal of heavy metals are adsorption, complexation and co-precipitation. Compared with the aluminum-based coagulants, the iron based coagulants have better performance due to the use of wide pH range and large surface area of the resulting flocs. During the chemical coagulation process, the valence state of arsenic and antimony could affect the removal efficiency. Thus, the oxidants and reductants are often combined with inorganic coagulants used in this process. It is found that pH is an important factor greatly influencing the performance directly or indirectly. The complex resulting from the interaction between the inorganic/organic pollutant and inorganic coagulant may contribute to the removal of heavy metals. Overall, chemical coagulation is an effective way to control heavy metal pollution with/without other water treatment technologies.

Keywords: Adsorption, Coagulation, Heavy metal, Inorganic coagulant, Organic substance, Water treatment technology.

مروری بر فرآیند انعقاد شیمیایی برای حذف فلزات سنگین از آب

فرهاد سلیمی

گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

* نویسنده مسئول، ایمیل: f.salimi@iauksh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۵

چکیده

آلودگی فلزات سنگین به یکی از ضروری ترین مسائل زیست محیطی تبدیل شده است که یک تهدید بالقوه برای سلامت انسان نیز محسوب می شود. این مقاله به بررسی عملکرد فرآیند انعقاد شیمیایی در از بین بردن فلزات سنگین از آب می پردازد. فرآیند انعقاد شیمیایی، یک روش معتبر است که به وسیله هیدرولیز گونه های انعقاد کننده غیرمعدنی تحت شرایط مختلف آب خام و فرآیند انعقاد تعیین می شود و مکانیسم های اصلی در حذف فلزات سنگین از آب، تشکیل کمپلکس با مواد آلاینده و در نهایت ته نشینی کردن آن ها می باشد. در مقایسه با انعقاد کننده های پایه آلومینیومی، مواد انعقاد کننده پایه آهنی عملکرد بهتری در دامنه وسیع تری از pH و سطح ویژه بزرگ تر در طی فرآیند تشکیل لخته دارند. وضعیت والانس^۱ آرسنیک و آنتیمون می تواند بر کارآمدی فرآیند تأثیر گذار باشد. بنابراین، اکسید کننده ها و کاهش دهنده ها اغلب با مواد انعقاد کننده غیرمعدنی استفاده شده در این فرآیند ترکیب می شوند. مشخص شده است که pH فاکتور مهمی است که مستقیم یا غیرمستقیم بر عملکرد فرآیند انعقاد اثر گذار است. کمپلکس تشکیل شده از برهم کنش بین آلاینده های غیرآلی/ آلی و مواد منعقد کننده غیرآلی ممکن است در حذف فلزات سنگین سهمیم باشد. به طور کلی، فرآیند انعقاد شیمیایی یک روش موثر برای کنترل آلاینده های فلزات سنگین است که می تواند به تنهایی یا همراه با دیگر روش های تصفیه آب مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، انعقاد، جذب، مواد منعقد کننده غیرآلی، مواد آلی، فناوری تصفیه آب

لخته شدن برای حذف فلزات سنگین از آب به منظور کنترل آلودگی بسیار جالب است. در فرآیند انعقاد، مواد شیمیایی که مواد منعقدکننده نامیده شده و به آب اضافه می‌شوند، نقش مهمی در حذف فلزات سنگین ایفا می‌کنند. از جمله معایب کنونی این روش هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه سیستم است که در صورت فراهم آوردن شرایط لازم برای ساخت و تولید قسمتی از تجهیزات سیستم مذکور در داخل کشور، از هزینه‌های سرمایه‌گذاری مربوطه تا حدود زیادی کاسته خواهد شد. کاهش چشم‌گیر غلظت انواع آلاینده‌های شیمیایی، سنتزی و سمی از قبیل فلزات سنگین که دارای اثر بازدارندگی بر فعالیت بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها هستند، کاربرد این سیستم را بسیار بالا برده و عملاً کاربرد فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی به لحاظ وجود این‌گونه مواد آلاینده با محدودیت‌های زیادی روبرو است، به همین خاطر کاربرد رهیافت‌های مناسب برای حذف این‌گونه مواد آلاینده از درجه اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. مواد منعقدکننده شیمیایی براساس ترکیبات شیمیایی، به سه گروه تقسیم می‌شوند: مواد منعقدکننده غیرآلی، مواد منعقدکننده آلی و مواد هیبریدی (Lee et al., 2012). در میان آن‌ها مواد منعقدکننده غیرآلی به دلیل مقرون به صرفه بودن کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند (Wang et al., 2014).

این مقاله یک شرح کلی از اطلاعات مربوط به تحقیقات انجام شده در مورد حذف فلزات سنگین توسط فرآیند انعقاد را ارائه می‌دهد. قبل از هر چیز ویژگی‌های مختلف فلزات سنگین و مواد منعقدکننده غیرآلی در نظر گرفته شده و تأکید ویژه‌ای بر مکانیسم حذف این فرآیند در شرایط متفاوت شده است. همچنین تأثیر فاکتورهای مهم بر بازده حذف مانند اختلاف مواد منعقدکننده غیرآلی با سایر گونه‌های مختلف هیدرولیز شده، شرایط لخته‌شدن و آلاینده‌های آلی/ غیرآلی توضیح داده شده است. به علاوه، فناوری تصفیه آب توسط فرآیندهای هیبریدی و کنترل نمک باقی‌مانده نیز ارائه شده است.

۲- منابع و ویژگی فلزات سنگین در آب

فلزات سنگین اغلب در کشاورزی به عنوان بخشی از آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و در تولیدات صنعتی به عنوان مواد خام یا مواد کمکی یافت می‌شوند (Vila et al., 2012). فلزات سنگین در سیستم آب طبیعی از طریق معدن‌کاری، مصرف سوخت فسیلی و فلزکاری و سایر فعالیت‌های صنعتی وارد شده است (Wang et al., 2013). سطح آلودگی با ظرفیت بارندگی، میزان

صنعتی و شهری شدن و حتی رشد جمعیت و سایر فعالیت‌های انسانی باعث شده که مشکل آلودگی در سطح جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به یک موضوع جدی تبدیل شود (Naser, 2013; Li et al., 2014). تماس با فلزات سنگین می‌تواند سبب اختلالات عصبی، پیری سلولی، نارسایی کبدی و کلیوی و سرطان‌زایی شود (Lefebvre and Edwards, 2010). مقادیر جزئی از فلزات سنگین نظیر کادمیوم، سرب، مس و کروم که به‌طور معمول در خاک‌های آلوده وجود دارند، می‌توانند در میکروب‌ها و گیاهان نیز مضر باشند، به‌طوری که می‌توانند علائم کمبود آهن را تشدید و در نتیجه باعث افت رشد آن‌ها شوند (Yoshihara et al., 2006; Christian et al., 2008).

طبق استاندارد آب آشامیدنی و رهنمودهای بهداشتی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده^۲، برای برخی فلزات سنگین شامل کادمیوم، مس، جیوه، سرب، نیکل و روی حد مجاز به ترتیب برابر با ۰/۰۰۵، ۱/۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۱۵، ۰/۲ و ۵ میلی‌گرم بر لیتر است (USEPA, 2012). فناوری‌های زیادی برای تصفیه آب‌های حاوی فلزات سنگین وجود دارد که می‌توان به انعقاد/لخته شدن^۳ (Pang et al., 2011)، تبادل یونی (Shaidan et al., 2012)، تصفیه غشایی (Zhu et al., 2014)، تصفیه شنی (Ding et al., 2014)، اکسیداسیون پیشرفته (Kowalski, 2014)، روش الکتروشیمیایی (رحمانی و سمرقندی، ۱۳۸۶؛ شادفر و همکاران، ۱۳۹۶؛ درایت و همکاران ۱۳۹۴؛ رضایی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Bazrafshan et al., 2012؛ اسدی و همکاران، 2013) و جذب سطحی کربن فعال (Mondal et al., 2013) اشاره کرد.

در فرآیند زیست‌پالایی، از میکروب‌ها برای سمیت‌زدایی و تجزیه آلاینده‌های زیست‌محیطی استفاده می‌شود. علی‌رغم مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی این روش، به نظر می‌رسد با توجه به محدودیت‌های کنونی، در حال حاضر استفاده از این فن‌آوری در مقیاس‌های بزرگ، قابلیت عملیاتی شدن ندارد. به عبارت دیگر به دست آوردن میکروب‌های ارزشمند برای زیست‌پالایی فلزات سنگین از بین سایر انواع میکروب‌ها مشکل است (Lefebvre and Edwards, 2010; Feng et al., 2013). هرکدام از این فناوری‌های تصفیه آب مزایا و معایب خاص خود را دارند و دامنه کاربرد آن‌ها باید قبل از استفاده در انواع متفاوت روش‌ها کاملاً بررسی شود (Fu and Wang, 2011). انعقاد، یک فناوری سنتی تصفیه آب است که به‌طور گسترده‌ای در تصفیه آب آشامیدنی به کار می‌رود (Matilainen et al., 2010). مطالعه عملی بودن فناوری انعقاد/

هدایت توده پلاسما ۴، اسپکترومتری مرئی-فرابنفش ۵ که برای تشخیص یون‌های فلزات سنگین در مایعات به کار برده می‌شوند (Li et al., 2009; Qin et al., 2013).

۳- حذف فلزات سنگین در فرآیند انعقاد

فاکتورهای زیادی وجود دارند که تأثیر زیادی در حذف فلزات سنگین از آب در فرآیند انعقاد دارند و بازده حذف فلزات سنگین اغلب در شرایط مختلف، فرق می‌کند. چند مثال در جدول ۱ ارائه شده است.

آب‌های جاری شده بر روی زمین، نفوذپذیری، سطح صنعتی شدن و توانایی تصفیه آب در ارتباط است (Kabir et al., 2014). یون‌های فلزات سنگین اغلب در محلول آبی باردار می‌شوند و با هیدروکسیدها، سولفیدها و سایر آنیون‌ها واکنش می‌دهند که در فرآیند از بین بردن فلزات سنگین در آب مؤثر هستند (Fu and Wang, 2011). از آنجایی که وجود فلزات سنگین با سایر آلاینده‌ها بر روی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی محلول آبی اثر می‌گذارد و تعیین‌کننده مقدار و نوع ماده انعقادکننده شیمیایی در شرایط انعقاد است. بنابراین بسیار مهم است که ویژگی‌های آب خالص قبل از انجام فرآیند انعقاد بررسی شود. روش‌های زیادی از جمله تیتراسیون، جذب اتمی، اسپکترومتری قابل

جدول ۱- حذف فلزات سنگین توسط فرآیند انعقاد

نوع	منبع	غلظت اولیه (mg/l)	نوع انعقادکننده	مقدار (mg/l)	pH	راندمان حذف	مرجع
آرسنیک	آب زیرزمین سنتزی	۰/۲۸	آلومینیوم کلراید	۶	۴-۹	کمتر از ۰/۰۱ mg/l	Hu et al. (2012b)
آرسنیک	--	۰/۳	آلوم	۳۰	۶/۵ >	٪۲۰	Choong et al. (2007)
آرسنیک	آب لوله با افزودن As(V)	۰/۱	آلوم	۳۰	۶-۸	٪۶۵	Baskan and Pala (2010)
آرسنیک	آب لوله با افزودن As(V)	۱۰ (۰/۵)	سولفات آهن	۶۰	۹	٪۶۳ (٪۹۱)	Baskan and Pala (2009a)
آرسنیک	آب شبیه‌سازی شده	۰/۱۲۵-۶/۲۵ mmol/l	Fe-based WTR	۱۰۰	۶	۱۲۲/۶ mmol/kg	Caporale et al. (2013)
متیل جیوه	آب کانال زهکشی	۱/۲ pmol/l	کلراید آهن	۱/۰۵ mmol/l	۳/۵	٪۷۵	Henneberry et al. (2011)
متیل جیوه	آب کانال زهکشی	۱/۲ pmol/l	پلی آلومینیوم کلراید	۱/۶۱ mmol/l	۷/۲	٪۷۰/۸۳	Henneberry et al. (2011)
منیزیم	آب سنتزی	۱	Al(OH) ₃ آمورف	۰/۲ ml 240 g	۶/۵	تا ۰/۰۸ mg/l	Wang et al. (2012a)
سرب	آب سنتزی	۱-۱۰۰	اکسیدهای (هیدرو) آهن	۴۰۰۰	۵/۵	۰/۵۷۹ mmol/g	Chiang et al. (2012)
سرب	آب لوله‌کشی	۱۷	آلوم	۱۰۰	۶/۵-۷	تا ۱/۳ mg/l	Nilsson (1971)

نوع	منبع	غلظت اولیه (mg/l)	نوع انعقادکننده	مقدار (mg/l)	pH	راندمان حذف	مرجع
سرب	فاضلاب سنتزی	۰/۰۰۲ M	سولفات آهن	۰/۱، ۰/۱۴، ۰/۲	۹-۱۰	تا ۰/۲۵ mg/l	Tu et al. (2012)
کادمیوم	آب سنتزی	۵-۱۰۰	اکسیدهای (هیدرو) آهن	۴۰۰۰	۵/۵	۰/۱۸۷ mmol/g	Chiang et al. (2012)
کادمیوم	آب رودخانه	۰/۰۳	سولفات آهن	-	۷/۲(۸)	(٪۹۰) ٪۲۰	Purkayastha et al. (2014)
کادمیوم	فاضلاب سنتزی	۰/۰۰۲ M	سولفات آهن	۰/۱ mol/l، ۰/۲، ۰/۱۴	۹-۱۰	کمتر از ۰/۰۳ mg/l	Tu et al. (2012)
کروم	آب سنتزی	۱۰	کلراید آهن	۷۰۰	۷	٪۹۰	Golbaz et al. (2014)
کروم	آب لوله کشی	۱۵	آلوم	۱۰۰	۶/۵-۷	تا ۰/۲ mg/l	Nilsson (1971)
کروم	فاضلاب سنتزی	۰/۰۰۲ M	سولفات آهن	۰/۱ mol/l، ۰/۲، ۰/۱۴	۹-۱۰	تا ۰/۵۶۹ mg/l	Tu et al. (2012)
مس	آب لوله کشی	۱۵	آلوم	۱۰۰	۶/۵-۷	تا ۱/۷ mg/l	Nilsson (1971)
روی	آب سنتزی	۵-۱۰۰	اکسیدهای (هیدرو) آهن	۴۰۰۰	۵/۵	۰/۶۱۲ mmol/g	Chiang et al. (2012)
روی	آب لوله کشی	۱۷	آلوم	۱۰۰	۶/۵-۷	تا ۱۱ mg/l	Nilsson (1971)
آنتیموان	آب رودخانه با افزودن Sb(III)	۰/۰۰۶	پلی آلومینیوم کلراید	۵/۴	۵-۱۰	حدود ٪۱۰	Kang et al. (2003)
آنتیموان	آب رودخانه با افزودن Sb(III)	۰/۰۰۶	کلراید آهن	۲۰	۵	حدود ٪۹۰	Kang et al. (2003)
نیکل	آب لوله کشی	۱۶	آلوم	۱۰۰	۶/۵-۷	Null	Nilsson (1971)
نیکل	فاضلاب سنتزی	۰/۰۰۲ M	سولفات آهن	۰/۱ mol/l، ۰/۲، ۰/۱۴	۹-۱۰	تا ۰/۳۸۹ mg/l	Tu et al. (2012)
کبالت	آب لوله کشی	۱۲	آلوم	۱۰۰	۶/۵-۷	Null	Nilsson (1971)

۳-۱- مشخصات مواد منعقدکننده رایج

نمک فلزاتی چون آلومینیوم کلرید، زاج، سولفات آهن و کلرید آهن جزء مواد منعقدکننده رایج هستند. اضافه کردن این نمک‌های فلزی به محلول‌های مایع یک سری واکنش‌های شیمیایی را راه اندازی می‌کند که به‌عنوان حل شدن، هیدرولیز و پلیمریزاسیون شناخته می‌شوند (Fournier et al., 2008). گونه‌های پلیمری‌شده که به‌طور کلی به‌عنوان مواد فعال، شناخته شده‌اند برای حذف کدورت و آلودگی استفاده می‌شوند که به‌تدریج در طی این فرآیندها تشکیل می‌شوند (روشنی و همکاران، ۱۳۸۴؛ علیرضا و همکاران، ۱۳۸۵؛ بیرجندی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Johnson and Amirtharajah 1983). در مسیر پیشرفت این تحقیق، مواد منعقدکننده که از قبل هیدرولیز شده‌اند مثل کلرید پلی‌آلومینیوم و سولفات آهن پلیمری به‌وسیله هیدرولیز تولید می‌شوند و عملکرد مناسبی در تصفیه آب دارند. درجه هیدرولیز آن‌ها به‌صورت نسبت OH/Al یا OH/Fe نشان داده می‌شود و گونه‌های چند هسته‌ای با این گونه‌ها متفاوت هستند. به‌عنوان مثال، گونه‌های اصلی آلومینیوم، و گونه‌های مونومری در محیط بازی وجود دارند و در این فرآیند گونه‌های پلیمری Al ترکیبات پایدار و را تشکیل می‌دهند که بخش کلیدی در رسیدن به عملکرد مناسب است (Feng et al., 2011). اگرچه این گونه‌های چند هسته‌ای در هیدرولیز مواد منعقدکننده سنتی تولید می‌شوند ولی گونه‌های مونومری و میان پلیمری بیشتر تولید می‌شوند. به‌علاوه، وقتی خاصیت اسید و بازی نزدیک ۳/۰ است، ژل بی شکل تشکیل می‌شود (Bi et al., 2004) و ویژگی جذب سطحی گونه‌های پلیمری به حذف فلزات سنگین مرتبط می‌شود.

۳-۲- کارآمدی حذف فلزات سنگین

کارآمدی انعقاد در حذف فلزات سنگین از محلول آب به چندین شکل مختلف از محیط آزمایشگاهی تا میدانی مطالعه شده و عملکرد ماده انعقادکننده غیرآلی در شرایط متفاوت بررسی شده است (Tang et al., 2016). میزان حذف فلزات سنگین، به گونه‌های هیدرولیز شده مواد منعقدکننده غیرآلی در آب خام بستگی دارد (Hu et al., 2012b) و شبیه حذف ذرات کلوئیدی که در آن‌ها خنثی‌سازی بار نقش مهمی در فرآیند دارد، نیست. در حالی که تشکیل کمپلکس، جذب و تقطیر در حذف فلزات سنگین جزء فرآیندهای مهم هستند

(Lakshmanan et al., 2010). به‌عنوان مثال یون‌های کروم با محصولات هیدرولیز شده کلرید آهن واکنش می‌دهند و کرومات آهن تولید می‌شود و براساس تحلیل طیف EXAFS دو اتم O از به دواتم Al از طریق $As-O-Al$ پیوند می‌خورند که به حذف فلزات سنگین کمک می‌کند. به‌علاوه، گونه‌های چند هسته‌ای که سطح بزرگ‌تری دارند در جذب فلزات سنگین مؤثرترند. بنابراین وقتی این گونه‌ها در فرآیند تصفیه به‌کار برده می‌شوند نتایج بهتری به‌دست می‌آید.

توضیح این قسمت تا حدی می‌تواند تناقض مربوط به عملکرد مواد منعقدکننده هیدرولیز شده را نسبت به مواد منعقدکننده مونومری Al توضیح دهد و نتایج مطالعات به‌خوبی نشان می‌دهد که عملکرد مواد منعقدکننده هیدرولیز شده بهتر است چون پایداری تولید می‌کند (Bi et al., 2013). کلرید آلومینیوم باعث تولید در محیط شده که بسیار پایدار است و برای حذف فلزات سنگین بیشتر هیدرولیز می‌شود. در حالی که کلرید پلی‌آلومینیوم هیدروکسید کریستالی تولید می‌کند که در سرتاسر فرآیند انعقاد پایدار است و سطح ویژه هیدروکسید در کلرید آلومینیوم بزرگ‌تر از کریستال هیدروکسید در کلرید پلی‌آلومینیوم است. این سطح بزرگ اغلب به قابلیت جذب بیشتر مرتبط است، بنابراین فاکتورهای ضروری هیدرولیز، آب خام و شرایط انعقاد بر گونه‌های محصول هیدرولیز شده اثر می‌گذارد و قبل از مقایسه، بازده حذف مواد منعقدکننده هیدرولیز شده و مواد منعقدکننده سنتی باید مشخص شود.

مواد منعقدکننده آلومینیومی و آهنی به‌عنوان مواد منعقدکننده غیرآلی در طی فرآیند حذف فلزات سنگین ویژگی‌های مشترک زیادی دارند به‌هرحال، عملکرد آن‌ها همیشه مشابه هم نیست و مواد منعقدکننده آهنی اغلب عملکرد بهتری از مواد منعقدکننده آلومینیومی (با توجه به دامنه بزرگتر pH و سطح بزرگتر لخته‌های تولید شده) دارند (Chiang et al., 2012; Caporale et al., 2013). لخته تشکیل شده با مواد منعقدکننده آهنی معمولاً بزرگ و شل هستند که امکان دسترسی به سطح بزرگ‌تر و اندازه ساختار شبکه‌ای سه‌بعدی را برای حذف فلزات سنگین به‌وجود می‌آورد (Kang et al., 2003). به‌علاوه، عملکرد آن با فلزات سنگین متفاوت در شرایط مشابه انعقادکننده متفاوت خواهد بود که ممکن است به ظرفیت متفاوت جذب مواد منعقدکننده مرتبط باشد و به‌صورت آنتالپی جذب یون‌های فلزات سنگین برای هیدروکسید فلز نشان داده می‌شود (Bond, 1962). آنتالپی جذب به توصیف انرژی پیوند بین یون جذب شده و هیدروکسید فلز می‌پردازد که در معادله (۱) نشان داده شده است:

$$H = f\left(\frac{Z^2}{R_H}\right) \quad (1)$$

که H : آنتالپی جذب، Z : بار والانس یون جذب شده و R_H : شعاع هیدراته شده است و میزان حذف فلزات سنگین توسط مواد منعقدکننده با آنتالپی جذب تعیین می‌شود.

۳-۳-۳- فاکتورهای تأثیرگذار در حذف فلزات سنگین

این عملیات تا حد زیادی با شرایط انعقاد و آب خام تعیین می‌شود. در این بخش بر تأثیر غلظت اولیه، وضعیت والانس فلزات سنگین، تأثیر PH و دما در محلول تأکید می‌شود. به‌علاوه، تعامل بین فلزات سنگین و سایر مواد غیر آلی/آلی نیز مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳-۳-۱- تأثیر شرایط اولیه و وضعیت والانس فلزات سنگین

بارگیری کمتر آلاینده‌ها ۸ به بازده کمتر حذف فلزات سنگین منجر می‌شود زیرا لخته تشکیل شده کم، با اندازه بزرگ و چگالی کم است. به‌عنوان مثال در مقایسه با غلظت بالای اولیه آرسنات (۵۰۰ ppm) مقدار بالایی از مواد منعقدکننده استفاده می‌شود تا در غلظت پایین آرسنات (۱۰ ppm) بازده این فرآیند بالا باشد، چون ایجاد برخورد بین کلئیدها در این شرایط مشکل است (Baskan and Pala, 2009b). وضعیت والانس فلزات سنگین مانند $As(V)$ و $As(III)$ ، تأثیر قابل توجهی بر حذف آن‌ها دارد. بیان شده است که $As(III)$ در مواد منعقدکننده غیر آلی کمتر از $As(V)$ جذب می‌شود و ماده منعقدکننده به تنهایی باعث کاهش $As(III)$ به کمتر از ۱۰ mg/l نمی‌شود (Bordoloi et al., 2013). بنابراین بهتر است از قبل $As(III)$ به $As(V)$ توسط تبدیل شود (Hu et al., 2012a; Bordoloi et al., 2013). مواد PACC و $Fe(VI)$ که دارای خاصیت اکسیدکنندگی هستند نیز در حذف $As(III)$ به کار برده می‌شوند. $Fe(VI)$ در محیط اسیدی، $As(III)$ را به $As(V)$ اکسید می‌کند و سپس به $Fe(III)$ تبدیل می‌شود. سپس آرسنیک از طریق محلول هیدرولیز نمک آهن حذف می‌شود (Prucek et al., 2013). PACC که حاوی کلروین فعال و پلیمر است در حذف آرسنیک مکانیسم مشابهی دارد. غلظت آرسنیک باقی‌مانده کمتر از بیشینه حد آلودگی بعد از اکسیداسیون و انعقاد است به‌هرحال همیشه والانس بالاتر

فلزات سنگین باعث عملکرد بهتر آن‌ها نمی‌شود.

۳-۳-۲- تأثیر pH و دما

تأثیر pH بر حذف فلزات سنگین بسیار پیچیده است، ته‌نشینی فلزات سنگین تحت شرایط قلیایی اتفاق می‌افتد که در افزایش جذب از طریق تشکیل توده مؤثر است (Charemtanyarak, 1999). اما به این معنا نیست که pH بالاتر باعث حذف فلزات سنگین می‌شود زیرا گونه‌های هیدرولیز شده مواد منعقدکننده غیر آلی در pH بالا عملکرد متفاوتی دارند. اما میزان حذف در pH خارج از محدوده بهینه کمتر می‌شود (Kabengi et al., 2006; Henneberry et al., 2011). گونه‌های هیدرولیز شده مواد منعقدکننده غیر آلی در مقادیر بالای pH بار منفی پیدا می‌کنند.

دفع الکترواستاتیک بین گونه‌های منفی فلز سنگین باعث متوقف شدن فرآیند انتشار و جذب می‌شود و رقابت با فلزات سنگین در pH بالا به جذب ضعیف فلزات سنگین توسط مواد منعقدکننده غیر آلی منجر می‌شود (Wang et al., 2014). به‌علاوه، pH بر واکنش اکسایش-کاهش اثر می‌گذارد. میزان واکنش اکسیدانت اغلب با افزایش pH کاهش می‌یابد و باعث افزایش مقدار اکسیدانت و زمان واکنش می‌شود به‌همین دلیل میزان تبدیل فلزات سنگین بسیار کم است که این بر عملکرد مواد منعقدکننده غیر آلی اثر می‌گذارد (Casbeer et al., 2013). تأثیر pH به دامنه فلزات سنگین و مواد منعقدکننده غیر آلی محدود نمی‌شود و بر واکنش سایر مواد غیر آلی و آلی با فلزات سنگین اثر می‌گذارد که در ادامه بیان شده است.

مطالعات انگشت شماری به‌طور ویژه به بررسی تأثیر دما در حذف فلزات سنگین در فرآیند انعقاد پرداخته‌اند و توجه کمی به دمای پایین معطوف شده است. به‌طور کلی دمای پایین باعث کاهش بازده مواد منعقدکننده می‌شود و هیدرولیز نمک فلزات را متوقف می‌کند، باعث افزایش ویسکوزیته آب شده و حرکت براونی را کاهش داده و احتمال برخورد را کاهش می‌دهد (Yang et al., 2011; Zhou et al., 2012)، بنابراین مطالعات بیشتری باید در این زمینه انجام شود.

۳-۳-۳- تأثیر سایر مواد غیر آلی

سایر مواد غیر آلی اغلب به همراه فلزات سنگین در محلول وجود دارند و واکنش بین آن‌ها بر حذف فلزات سنگین در فرآیند انعقاد اثر می‌گذارد. بعضی از یون‌ها چون می‌توانند با فلزات سنگین واکنش داده و رسوب تولید کنند که باعث عملکرد بهتر می‌شود. یون که اغلب در آب وجود دارد باعث افزایش کارآمدی فرآیند حذف فلزات سنگین می‌شود که دلایل آن عبارتند از: (۱) یون می‌تواند ضخامت لایه دوتایی را از ۹ نانومتر تا حدود ۱/۵ نانومتر فشرده کند که باعث کاهش ممانعت بار^۹ و افزایش امکان دسترسی به منافذ داخلی می‌شود، (۲) باعث کاهش بار منفی روی لخته شود، (۳) باعث افزایش مقدار رسوب می‌شود، (۴) در شرایط قلیایی، تشکیل شده نسبت حذف فلزات سنگین را به دلیل تشکیل هم‌زمان رسوب و جذب فلزات بیشتر می‌کند (Guan et al., 2009). مطالعات نشان می‌دهند که افزایش ظرفیت در جذب بیشتر از است (Wang et al., 2012b)، بعضی از مواد غیر آلی می‌توانند ترکیبات درون کره‌ای^{۱۰} و یژه‌ای با مواد منعقدکننده غیر آلی موجود تشکیل دهند که با فلزات سنگین برای دستیابی به محل‌های جذب رقابت کنند. در این شرایط میزان حذف فلزات سنگین اغلب کمتر از حد مورد انتظار است (Wu et al., 2010). تحقیقات تأیید می‌کنند که سیلیکا با آرسنات برای دستیابی به محل‌های جذب رقابت می‌کند و تأثیر سیلیکا در pH=8.5 برای افزایش میزان با بار منفی بیشتر از pH=6.5 است. فسفات نیز نتیجه مشابهی را نشان می‌دهد. رفتار شیمیایی مواد و به و مشابه است. همه آن‌ها با مواد هیدرولیز شده حاصل از مواد منعقدکننده غیر آلی از طریق لیگاند متصل می‌شوند و در نتیجه بین فسفات و آرسنات رقابت صورت می‌گیرد (Lakshmanan et al., 2010). اما سطح رقابت با غلظت فسفات، pH و سایر شرایط تعیین می‌شود. در نتیجه، مطالعات بیشتری باید برای تحلیل تعامل بین فلزات سنگین و مواد غیر آلی در آب خام صورت بگیرد.

۳-۳-۴- تأثیر مواد آلی

فلزات سنگین و مواد آلی می‌توانند با هم واکنش دهند و ترکیبات حلال، غیرحلال و یا کلوئیدی را در محلول تولید کنند. شکل غالب آن‌ها از طریق ویژگی مواد آلی یا غیر آلی مشخص می‌شود. شکل غالب آن‌ها می‌تواند بر حذف فلزات سنگین اثر بگذارد (Alvarez-Puebla et al., 2004). همچنین

نشان داده شده که می‌توان از اسید هیومیک^{۱۱} (HA) برای رسیدن به حداکثر مقدار حذف فلزات سنگین استفاده کرد و افزایش pH موجب افزایش این کارایی در حضور اسید هیومیک می‌شود (Alpatova et al., 2004).

نتیجه مشابهی به دست آمده که نشان می‌دهد که پیوند فلزات سنگین با اسید هیومیک در غلظت‌های بالا به افزایش میزان حذف فلزات سنگین در فرآیند انعقاد منجر می‌شود (Hankins et al., 2006). همچنین حذف آنتیمونی با حضور اسید هیومیک کاهش می‌یابد به دلیل اینکه سوپرمولکول‌های اسید هیومیک و گروه‌های عاملی اسید هیومیک^{۱۲} محل‌های جذب را در سطح اکسی‌هیدروکسید اشغال می‌کنند و بخشی از یون‌های آنتیمونی در HA حل می‌شوند و باعث افزایش قابلیت حل شدن ترکیب در آب می‌شوند (Wu et al., 2010). به‌ویژه رقابت در میان آلاینده‌ها برای یافتن مکان‌های جذب در غلظت پایین باعث کاهش میزان حذف فلزات سنگین می‌شود. اما در غلظت‌های بالا در حذف هم‌زمان آلاینده‌های آلی و غیر آلی تفاوت آن‌چنانی وجود ندارد (Hu et al., 2012a).

مکانیسم حذف فلزات سنگین با مواد آلی در فرآیند انعقاد بسیار پیچیده است. ذرات کلوئیدی در آب، فلزات سنگین را از طریق جذب بار و تبادل یون جذب می‌کنند (Escoda et al., 2013). خنثی شدن بار ترکیبات هیدروکسید آهن / آلومینیوم نقش موثری در تجمع ذرات کلوئیدی در طی فرآیند تشکیل رسوب بازی می‌کند. در طول فرآیند رسوب، لخته ایجاد شده مقداری از یون‌های فلزات سنگین را در خود گیر می‌اندازد و منجر به افزایش جذب در این فرآیند می‌شود (Fu and Wang, 2011). وقتی یون‌های فلزات سنگین با کلوئیدها ادغام می‌شوند، ترکیبات محلول را تشکیل داده و باعث افزایش زمان ماند فلزات سنگین در آب می‌شوند. به‌علاوه، ظرفیت خنثی شدن بار مواد منعقدکننده غیر آلی را می‌توان با مقدار پتانسیل زتا نشان داد که برای تعیین مقدار مطلوب مواد منعقدکننده در فرآیند لخته‌سازی به کار می‌رود (Gao et al., 2007). البته این مطلب زمانی صحیح است که خنثی شدن بار، مکانیزم غالب فرآیند لخته شدن باشد و در مواردی که اندازه لخته‌ها و ابعاد فرکتال پارامترهایی اساسی هستند برای محاسبه مقدار بهینه انعقادکننده استفاده می‌شوند (Yang et al., 2012).

لخته‌ها تأثیر به‌سزایی بر روی حذف فلزات سنگین در فرآیند انعقادسازی دارند. مشخصات لخته‌ها از جمله اندازه، استحکام

و سطح ویژه بر روی جذب سطحی فلزات سنگین بر روی هیدروکسیدهای آهن/آلومینیوم تاثیرگذار هستند (Chiang et al., 2012). همچنین نشان داده شده است که افزایش مشهودی در استحکام لخته با تنظیم pH بین ۵/۲ تا ۶/۰ دیده می‌شود در نتیجه کارآمدی حذف آلاینده‌ها افزایش می‌یابد و تجمع توده‌ها نه تنها به نوع و مقدار مواد منعقدکننده بستگی دارد بلکه به مشخصات محلول و شرایط هیدرلیک نیز وابسته است (Hu et al., 2006). نیروهای برشی بیشتر باعث شکستن توده می‌شوند و رشد مجدد توده بعد از فاز کاهش نیرو اتفاق می‌افتد و در مقایسه با فرآیند اولیه انعقاد ۵۰٪ توده تشکیل می‌شود. بنابراین تأثیر ویژگی توده بر خلاف فلزات سنگین باید بیشتر مورد مطالعه قرار بگیرد (Slavik et al., 2012).

۴- فرآیندهای هیبرید/ ترکیبی انعقاد

انعقاد به همراه سایر فناوری‌های تصفیه آب مثل اکسیداسیون پیشرفته، تصفیه غشایی، جذب و تشکیل توده یک راه مؤثر برای کنترل آلودگی بر اثر فلزات سنگین است (یزدان‌بخش و همکاران، ۱۳۹۱؛ یزدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Tang et al., 2016). در آب یون‌های فلزات سنگین به راحتی با EDTA و IDA^{۱۳} و سایر مواد آلی پیوند برقرار کرده و باعث کاهش حذف فلزات سنگین می‌شوند. بنابراین، اکسیدانت‌هایی چون واکنش‌گر فنتون به اکسیداسیون و معدنی شدن آلاینده‌های آلی منجر می‌شوند. با این واکنش‌های شیمیایی، یون‌های فلزات سنگین از ترکیبات آبی-غیرآلی آزاد شده و به رسوب یا کلوئید تبدیل می‌شوند و حذف هم‌زمان فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی را ساده می‌کنند (Pachua et al., 2013).

فناوری غشاء در تصفیه فلزات سنگین به همراه فرآیند انعقاد به کار برده می‌شود (Fu and Wang, 2011). اگرچه عملکرد مناسبی از طریق تصفیه غشاء صورت می‌گیرد و عملکرد آن‌ها در آب خام بیشتر است، ولی دارای معایبی چون کاهش نفوذپذیری، کوتاه کردن طول عمر غشاء و افزایش هزینه‌های عملکردی می‌باشد (Dong et al., 2014). فناوری ترکیبی تصفیه غشاء و انعقاد مواد منعقدکننده غیر آلی لخته را بزرگ می‌کنند و فشار غشایی اولیه را کاهش می‌دهند که نه تنها تشکیل رسوب بر روی غشاء را به تعویق می‌اندازد، بلکه باعث بهبود حذف فلزات سنگین از طریق تشکیل ذرات کلوئیدی و تشکیل رسوب می‌شود (Du et al., 2014).

نقش فرآیند جذب در حذف فلزات سنگین از آب چیزی فراتر از حدس و گمان است و این عملکرد راضی‌کننده همیشه در زمان افزودن مواد جاذب به فرآیند انعقاد دیده می‌شود (Wu et al., 2011)، به هر حال هزینه آن در کاربردهای عملی باید در نظر گرفته شود. مکانیسم ترکیبی سولفات آهن و کلسیت نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. سطوح کلسیت توسط ذرات منعقدکننده کوچک پوشیده شده است که عملکرد شبیه با کلسیت در رسوبات گرانشی و فیلتراسیون دارد، بنابراین فلزات سنگین به راحتی از آب جدا می‌شوند. این‌که آیا می‌توان از این روش برای سایر مواد جذب‌کننده متفاوت استفاده شود یا خیر باید مورد بررسی قرار بگیرد. ظرفیت جذب مواد منعقدکننده غیرآلی موجود از طریق ترکیب آن‌ها با مواد منعقدکننده غیرآلی یا آلی افزایش می‌یابد (Lee et al., 2012). مواد منعقدکننده هیبریدی جدید غیرآلی/ غیرآلی و غیرآلی/ آلی همیشه در تصفیه آب عملکرد بهتری دارند و نسبت به مواد منعقدکننده غیرآلی سنتی در طی ذخیره‌سازی، پایداری بیشتری دارند (Zhu et al., 2012). به دلیل وزن مولکولی بالا مواد آلی که دارای گروه‌های عاملی فعال هستند، لخته‌ای توسط مواد منعقدکننده هیبرید آلی/غیرآلی تشکیل می‌شود، که لخته تشکیل شده دارای ویژگی‌های خاصی است از جمله این‌که رشد و یا رشد مجدد لخته از سرعت ترکیب، نیروی برشی و زمان شکستن تأثیر نمی‌پذیرد (Zhao et al., 2013).

۵- کنترل نمک فلزات باقی مانده

باقی‌مانده فلزات سنگین همیشه در آب‌های تصفیه شده که در آن‌ها از مواد منعقدکننده غیرآلی معمولی استفاده شده، وجود دارد. مشکل نمک‌های آهن/ آلومینیوم باقی مانده به سلامتی انسان مربوط می‌شود. گزارش شده است که آلومینیوم باقی‌مانده در آب نوشیدنی یک فاکتور خطرناک برای بیماری آلزایمر محسوب می‌شود و حداکثر سطح غلظت آلومینیوم باقی‌مانده در آب شرب توسط WHO برابر ۰/۲mg/l اعلام شده است (Bondy, 2014). نشان داده شده که pH محلول، عامل کلیدی برای به حداقل رساندن آلومینیوم باقی‌مانده است به علاوه افزودن مواد منعقدکننده مناسبی چون PDMDAAC^{۱۴} باعث کاهش غلظت آلومینیوم باقی‌مانده در آب می‌شود (Bérubé and Dorea, 2013).

۶- نکات پایانی و پیشنهادات آتی

فرآیند انعقاد شیمیایی یک فناوری مهم در تصفیه آب است و به طور گسترده در تصفیه و پاکسازی آب به کار برده می شود. فلزات سنگین خطرناک در آب سلامت انسان را تهدید می کنند و چالش هایی را در زمینه استفاده از مواد منعقدکننده مطرح می کنند. این مطالعه به بررسی گونه های پلیمری تشکیل شده در آب خام می پردازند که در مسیر حذف فلزات سنگین تشکیل می شوند و باید به فاکتورهایی که بر عملکرد آن اثر می گذارند مانند pH، دما، وضعیت والانس فلزات فعال کاملاً توجه کرد. تأثیر مواد غیرآلی و آلی در شرایط مختلف متفاوت است وقتی ظرفیت ته نشینی و جذب و تشکیل کمپلکس برای وجود مواد آلی و غیرآلی و فلزات سنگین بالا باشد، بازده حذف فلزات سنگین بهتر است. به هر حال اگر این مواد برای محلهای جذب با هم رقابت کنند عملکرد خوبی مشاهده نخواهد شد و مقدار باقی مانده نمک فلزات در آب تصفیه شده برای جلوگیری از آسیب به سلامت انسان ها باید مورد توجه قرار بگیرند.

۷- پی نوشت ها

- 1- Valence state
- 2- US EPA: United States Environmental Protection Agency
- 3- Coagulation/Flocculation
- 4- Inductively coupled plasma mass spectrometry
- 5- Ultraviolet-visible spectrophotometry
- 6- Basicity
- 7- Open and loose
- 8- Lower pollutant loading
- 9- Charge exclusion
- 10- Inner-sphere
- 11- Humic acid
- 12- HA-originated
- 13- Iminodiacetic acid
- 14- Polydiallyl dimethylammonium chloride

۸- مراجع

اسدی، ح.م.، علوی مقدم، س.ع. و آرامی، م.، (۱۳۹۰).

«بهینه سازی فرایند انعقاد الکتریکی برای حذف کروم (VI) با روش تاگوچی»، فصلنامه آب و فاضلاب، ۲۲(۴)، ۸-۲.

بیرجندی، ن.، یونسی، ح.ا.، بهرامی، فر. ن.، و هادوی، فر. م.، (۱۳۹۰)، «کاربرد روش انعقاد شیمیایی در تصفیه پساب کارخانه بازیافت کاغذ»، فصلنامه آب و فاضلاب، ۲۲(۴)، ۵۶-۶۲.

بیرجندی، ن.، یونسی، ح.ا.، بهرامی، فر. ن.، و هادوی، فر. م.، (۱۳۹۳)، «بررسی فرایند انعقاد و لخته سازی در پالایش آلاینده های زیست محیطی پساب کارخانه کاغذسازی»، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۶(۴)، ۵۳-۶۰.

درایت، ج.، پیرصاحب، م.، جعفری مطلق، ز.، و زینتی زاده، ع.ا.، (۱۳۹۴)، «بررسی کارایی فرایند انعقاد الکتریکی در حذف مجموع کلیفرم ها و باکتری های هتروتروف از آب سطحی»، دو ماهنامه آب و فاضلاب، ۲۶(۱)، ۳۷-۴۵.

رحمانی، ع.، و سمرقندی، م.، (۱۳۸۶)، «بررسی کارایی روش الکتروشیمیایی در حذف COD از پساب»، دو ماهنامه آب و فاضلاب، ۱۸(۴)، ۹-۱۵.

رضایی، ع.، حسینی، ه.، معصوم بیگی، ح.، و درویشی چشمه سلطانی، ر.، (۱۳۹۲)، «امکان سنجی حذف کروم (VI) از محلول آبی به روش انعقاد الکتریکی به صورت دوقطبی آلومینیوم-آلومینیوم»، دو ماهنامه آب و فاضلاب، ۲۴(۲)، ۱۲۳-۱۲۸.

روشنی، ب.، منصوری، م.ش.، و صیدمحمدی، ع.، (۱۳۸۴)، «بررسی تصفیه فاضلاب صنایع شوینده به کمک فرایند انعقاد در مقیاس آزمایشگاهی»، مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، ۱۳(۱)، ۵۷-۶۷.

شادفر، م.، محمدعلی تهرانی، ر.، و هوشیار، ف.، (۱۳۹۶)، «اندازه گیری نیترات در محیط های آبی به وسیله نانو حسگر الکتروشیمیایی ساخته شده بر پایه کامپوزیت گرافن اکساید/ نانوسلولز- نانوذرات نقره»، دو ماهنامه آب و فاضلاب، ۲۸(۵)، ۱-۱۱.

مصادقی نیا، ع.ر.، طایفه رفیعی، م.، محوی، ا.ح.، و واعظی، ف.، (۱۳۸۵)، «استفاده از فرایند انعقاد در بهینه سازی حذف مواد آلی طبیعی در آب های با کدورت پایین»، آب و فاضلاب، ۱۷(۱)، ۲-۷.

یزدان بخش، ا.ر.، منشوری، م.، شیخ محمدی، ا.، و سردار، م.، (۱۳۹۱)، «فرایند ترکیبی انعقاد و اکسیداسیون پیشرفته با فنتون در حذف COD آنتی بیوتیک کلاریترومایسین»، آب و فاضلاب، ۲۳(۲)، ۹-۲۲.

یزدی، م.، امین زاده، ب.، و ترابی، ع.، (۱۳۹۲)، «تصفیه فاضلاب خشک شویی با استفاده از فرایندهای انعقاد و شناورسازی الکتریکی و الکتروفنتون»، محیط شناسی، ۳۹(۳)، ۱-۱۲.

Alpatova, A., Verbych, S., Bryk, M., Nigmatullin, R., and Hilal, N., (2004), "Ultrafiltration of water containing

- Caporale, A.G., Punamiya, P., Pigna, M., Violante, A., and Sarkar, D., (2013), "Effect of particle size of drinking-water treatment residuals on the sorption of Arsenic in the presence of competing ions", *Journal of Hazardous Materials*, 260(15 September), 644-651.
- Casbeer, E.M., Sharma, V.K., Zajickova, Z., and Dionysiou, D.D., (2013), "Kinetics and mechanism of oxidation of tryptophan by ferrate (VI)", *Environmental Science and Technology*, 47(9), 4572-4580.
- Charerntanyarak, L., (1999), "Heavy metals removal by chemical coagulation and precipitation", *Water Science and Technology*, 39(10-11), 135-138.
- Chiang, Y.W., Ghyselbrecht, K., Santos, R.M., Martens, J.A., Swennen, R., Cappuyns, V., and Meesschaert, B., (2012), "Adsorption of multi-heavy metals onto water treatment residuals: Sorption capacities and applications", *Chemical Engineering Journal*, 200(15 August), 405-415.
- Choong, T.S., Chuah, T., Robiah, Y., Koay, F.G., and Azni, I., (2007), "Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: An overview", *Desalination*, 217(1-3), 139-166.
- Christian, O.D., Aleš, S., Paulina, D., Andre, S., Wilhelm, B., and Erika, K., (2008), "Involvement of siderophores in the reduction of metal-induced inhibition of auxin synthesis in *Streptomyces* spp", *Chemosphere*, 74(1), 19-25.
- Ding, Z., Hu, X., Morales, V.L., and Gao, B., (2014), "Filtration and transport of heavy metals in graphene oxide enabled sand columns", *Chemical Engineering Journal*, 257(1 December), 248-252.
- Dong, H., Gao, B., Yue, Q., Sun, S., Wang, Y., and Li, Q., (2014), "Floc properties and membrane fouling of different monomer and polymer Fe coagulants in coagulation-ultrafiltration process: The role of Fe (III) species", *Chemical Engineering Journal*, 258(15 December), 442-449.
- Du, X., Qu, F., Liang, H., Li, K., Yu, H., Bai, L., and Li, G., (2014), "Removal of antimony (III) from polluted surface water using a hybrid coagulation-flocculation-ultrafiltration (CF-UF) process", *Chemical Engineering Journal*, 254(15 October), 293-301.
- Escoda, A., Euvrard, M., Lakard, S., Husson, J., Mohamed, A. S., and Knorr, M., (2013), "Ultrafiltration-assisted retention of Cu (II) ions by adsorption on chitosan-functionalized colloidal silica particles", *Separation and Purification Technology*, 118(30 October), 25-32.
- Feng, B., Fang, Z., Hou, J., Ma, X., Huang, Y., and Huang, natural organic matter: Heavy metal removing in the hybrid complexation-ultrafiltration process", *Separation and Purification Technology*, 40(2), 155-162.
- Alvarez-Puebla, R.A., Valenzuela-Calahorra, C., and Garrido, J.J., (2004), "Retention of Co (II), Ni (II), and Cu (II) on a purified brown humic acid: Modeling and characterization of the sorption process", *Langmuir*, 20(9), 3657-3664.
- Baskan, M.B., and Pala, A., (2009a), "Determination of Arsenic removal efficiency by Ferric ions using response surface methodology", *Journal of Hazardous Materials*, 166(2-3), 796-801.
- Baskan, M.B., and Pala, A., (2010), "A statistical experiment design approach for arsenic removal by coagulation process using aluminum sulfate", *Desalination*, 254(1-3), 42-48.
- Bazrafshan, E., Kord Mostafapour, F., Farzadkia, M., Ownagh, K., and Jaafari Mansurian, H., (2012), "Application of combined chemical coagulation-electro coagulation process for treatment of the Zahedan cattle slaughterhouse wastewater", *Iranian Journal of Health and Environment*, 5(3), 283-294.
- Bérubé, D., and Dorea, C., (2013), "pH-dependent retention changes during membrane filtration of aluminum-coagulated solutions and the effect of precentrifugation", *Environmental Science and Technology*, 47(6), 2713-2720.
- Bi, S., Wang, C., Cao, Q., and Zhang, C., (2004), "Studies on the mechanism of hydrolysis and polymerization of Aluminum salts in aqueous solution: Correlations between the "Core-links" model and "Cage-like" Keggin-Al 13 model", *Coordination Chemistry Reviews*, 248(5), 441-455.
- Bi, Z., Feng, C., Wang, D., Ge, X., and Tang, H., (2013), "Transformation of planar Mögel Al 13 coagulant during the dilution and aging process", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 416, 73-79.
- Bond, G.C., (1962), *Catalysis by metals*, Academic Press.
- Bondy, S.C., (2014), "Prolonged exposure to low levels of Aluminum leads to changes associated with brain aging and neurodegeneration", *Toxicology*, 315(6 January), 1-7.
- Bordoloi, S., Nath, S.K., Gogoi, S., and Dutta, R.K., (2013), "Arsenic and Iron removal from groundwater by oxidation-coagulation at optimized pH: Laboratory and field studies", *Journal of Hazardous Materials*, 260(15 September), 618-626.

- 6776-6782.
- Hu, C., Liu, H., Chen, G., and Qu, J., (2012b), "Effect of Aluminum speciation on arsenic removal during coagulation process", *Separation and Purification Technology*, 86(15 February), 35-40.
- Hu, C., Liu, H., Qu, J., Wang, D., and Ru, J., (2006), "Coagulation behavior of aluminum salts in eutrophic water: significance of Al^{III} species and pH control", *Environmental Science and Technology*, 40(1), 325-331.
- Johnson, P.N., and Amirtharajah, A., (1983), "Ferric chloride and alum as single and dual coagulants", *Journal of American Water Works Association (AWWA)*, 75(5), 232-239.
- Kabengi, N.J., Daroub, S.H., and Rhue, R.D., (2006), "Energetics of Arsenate sorption on amorphous aluminum hydroxides studied using flow adsorption calorimetry", *Journal of Colloid and Interface Science*, 297(1), 86-94.
- Kabir, M.I., Daly, E., and Maggi, F., (2014), "A review of ion and metal pollutants in urban green water infrastructures", *Science of the Total Environment*, 470(1 February), 695-706.
- Kang, M., Kamei, T., and Magara, Y., (2003), "Comparing polyaluminum chloride and ferric chloride for antimony removal", *Water Research*, 37(17), 4171-4179.
- Kowalski, K., (2014), "Advanced Arsenic removal technologies review", In: *Chemistry of Advanced Environmental Purification Processes of Water*, Elsevier Science, 285-337.
- Lakshmanan, D., Clifford, D.A., and Samanta, G., (2010), "Comparative study of arsenic removal by iron using electrocoagulation and chemical coagulation", *Water Research*, 44(19), 5641-5652.
- Lee, K.E., Morad, N., Teng, T.T., and Poh, B.T., (2012), "Development, characterization and the application of hybrid materials in coagulation/flocculation of wastewater: A review", *Chemical Engineering Journal*, 203(1 September), 370-386.
- Lefebvre, D.D., and Edwards, C., (2010), "Decontaminating heavy metals from water using photosynthetic microbes", In: *Emerging Environmental Technologies*, Volume II, Springer, 57-73.
- Li, J., He, M., Han, W., and Gu, Y., (2009), "Analysis and assessment on heavy metal sources in the coastal soils developed from alluvial deposits using multivariate statistical methods", *Journal of Hazardous Materials*, L., (2013), "Effects of heavy metal wastewater on the anoxic/aerobic-membrane bioreactor bioprocess and membrane fouling", *Bioresource Technology*, 142, 32-38.
- Feng, C., Zhao, S., Bi, Z., Wang, D., and Tang, H., (2011), "Speciation of prehydrolyzed Al salt coagulants with electrospray ionization time-of-flight mass spectrometry and ²⁷Al NMR spectroscopy", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 392(1), 95-102.
- Fournier, A.C., Shafran, K.L., and Perry, C.C., (2008), "Potentiometric determination of the 'formal' hydrolysis ratio of aluminium species in aqueous solutions", *Analytica Chimica Acta*, 607(1), 61-73.
- Fu, F., and Wang, Q., (2011), "Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review", *Journal of Environmental Management*, 92(3), 407-418.
- Gao, B.-Y., Wang, Y., Yue, Q.-Y., Wei, J.-C., and Li, Q., (2007), "Color removal from simulated dye water and actual textile wastewater using a composite coagulant prepared by polyferric chloride and polydimethyldiallylammonium chloride", *Separation and Purification Technology*, 54(2), 157-163.
- Golbaz, S., Jafari, A.J., Rafiee, M., and Kalantary, R.R., (2014), "Separate and simultaneous removal of phenol, chromium, and cyanide from aqueous solution by coagulation/precipitation: Mechanisms and theory", *Chemical Engineering Journal*, 253(1 October), 251-257.
- Guan, X., Ma, J., Dong, H., and Jiang, L., (2009), "Removal of Arsenic from water: Effect of Calcium ions on As(III) removal in the KMnO₄-Fe(II) process", *Water Research*, 43(20), 5119-5128.
- Hankins, N.P., Lu, N., and Hilal, N., (2006), "Enhanced removal of heavy metal ions bound to humic acid by polyelectrolyte flocculation", *Separation and Purification Technology*, 51(1), 48-56.
- Henneberry, Y.K., Kraus, T.E., Fleck, J.A., Krabbenhoft, D.P., Bachand, P.M., and Horwath, W.R., (2011), "Removal of inorganic Mercury and methylmercury from surface waters following coagulation of dissolved organic matter with metal-based salts", *Science of the Total Environment*, 409(3), 631-637.
- Hu, C., Liu, H., Chen, G., Jefferson, W.A., and Qu, J., (2012a), "As(III) oxidation by active chlorine and subsequent removal of As(V) by Al^{III} polymer coagulation using a novel dual function reagent", *Environmental Science and Technology*, 46(12),

- fixed-bed ion exchange column technique", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43(1), 40-45.
- Slavik, I., Müller, S., Mokosch, R., Azongbilla, J.A., and Uhl, W., (2012), "Impact of shear stress and pH changes on floc size and removal of dissolved organic matter (DOM)", *Water Research*, 46(19), 6543-6553.
- Tang, X., Zheng, H., Teng, H., Sun, Y., Guo, J., Xie, W., Yang, Q., and Chen, W., (2016), "Chemical coagulation process for the removal of heavy metals from water: A review", *Desalination and Water Treatment*, 57(4), 1733-1748.
- Tu, Y.-J., Chang, C.-K., You, C.-F., and Wang, S.-L., (2012), "Treatment of complex heavy metal wastewater using a multi-staged ferrite process", *Journal of Hazardous Materials*, 209, 379-384.
- USEPA (2012). *Edition of the drinking water standards and health advisories*, EP Agency.
- Vila, M., Sánchez-Salcedo, S., and Vallet-Regí, M., (2012), "Hydroxyapatite foams for the immobilization of heavy metals: From waters to the human body", *Inorganica Chimica Acta*, 393, 24-35.
- Wang, S.-L., Xu, X.-R., Sun, Y.-X., Liu, J.-L., and Li, H.-B., (2013), "Heavy metal pollution in coastal areas of South China: A review", *Marine Pollution Bulletin*, 76(1), 7-15.
- Wang, W., Zhang, X., Wang, H., Wang, X., Zhou, L., Liu, R., and Liang, Y., (2012), "Laboratory study on the adsorption of Mn^{2+} on suspended and deposited amorphous $Al(OH)_3$ in drinking water distribution systems", *Water Research*, 46(13), 4063-4070.
- Wang, Y., Duan, J., Liu, S., Li, W., van Leeuwen, J., and Mulcahy, D., (2014), "Removal of As(III) and As(V) by ferric salts coagulation-Implications of particle size and zeta potential of precipitates", *Separation and Purification Technology*, 135(15 October), 64-71.
- Wu, C.-D., Xu, X.-J., Liang, J.-L., Wang, Q., Dong, Q., and Liang, W.-L., (2011), "Enhanced coagulation for treating slightly polluted algae-containing surface water combining polyaluminum chloride (PAC) with diatomite", *Desalination*, 279(1), 140-145.
- Wu, Z., He, M., Guo, X., and Zhou, R., (2010), "Removal of antimony (III) and antimony (V) from drinking water by ferric chloride coagulation: Competing ion effect and the mechanism analysis", *Separation and Purification Technology*, 76(2), 184-190.
- Yang, Z., Gao, B., Cao, B., Xu, W., and Yue, Q., (2011), "Effect of OH^-/Al^{3+} ratio on the coagulation behavior and residual aluminum speciation of polyaluminum 164(2), 976-981.
- Li, Z., Ma, Z., van der Kuijp, T.J., Yuan, Z., and Huang, L., (2014), "A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment", *Science of the Total Environment*, 468(15 January), 843-853.
- Matilainen, A., Vepsäläinen, M., and Sillanpää, M., (2010), "Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: A review", *Advances in Colloid and Interface Science*, 159(2), 189-197.
- Mondal, P., Bhowmick, S., Chatterjee, D., Figoli, A., and Van der Bruggen, B., (2013), "Remediation of inorganic arsenic in groundwater for safe water supply: A critical assessment of technological solutions", *Chemosphere* 92(2), 157-170.
- Naser, H.A., (2013), Assessment and management of heavy metal pollution in the marine environment of the Arabian Gulf: A review", *Marine Pollution Bulletin*, 72(1), 6-13.
- Nilsson, R., (1971), "Removal of metals by chemical treatment of municipal waste water", *Water Research*, 5(2), 51-60.
- Pachau, L., Lee, S.M., and Tiwari, D., (2013), "Ferrate (VI) in wastewater treatment contaminated with metal (II)-iminodiacetic acid complexed species", *Chemical Engineering Journal*, 230(15 August), 141-148.
- Pang, F.M., Kumar, P., Teng, T.T., Omar, A.M., and Wasewar, K.L., (2011), "Removal of lead, zinc and iron by coagulation-flocculation", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42(5), 809-815.
- Prucek, R., Tuček, J.I., Kolařík, J., Filip, J., Marušák, Z.K., Sharma, V.K., and Zbořil, R., (2013), "Ferrate (VI) induced arsenite and arsenate removal by in situ structural incorporation into magnetic iron (III) oxide nanoparticles", *Environmental Science and Technology*, 47(7), 3283-3292.
- Purkayastha, D., Mishra, U., and Biswas, S., (2014), "A comprehensive review on Cd(II) removal from aqueous solution", *Journal of Water Process Engineering*, 2(June), 105-128.
- Qin, Y., Zhang, Z., Li, L., Chen, C., Shun, S., and Huang, Y., (2013), "Inductively coupled plasma orthogonal acceleration time-of-flight mass spectrometry (ICP-TOF-MS) analysis of heavy metal content in Indocalamus tessellatus samples", *Food Chemistry*, 141(3), 2154-2157.
- Shaidan, N.H., Eldemerdash, U., and Awad, S., (2012), "Removal of Ni (II) ions from aqueous solutions using

- chloride (PAC) in surface water treatment”, *Separation and Purification Technology*, 80(1), 59-66.
- Yang, Z., Yuan, B., Huang, X., Zhou, J., Cai, J., Yang, H., Li, A., and Cheng, R., (2012), “Evaluation of the flocculation performance of carboxymethyl chitosan-graft-polyacrylamide, a novel amphoteric chemically bonded composite flocculant”, *Water Research*, 46(1), 107-114.
- Yoshihara, T., Hodoshima, H., Miyano, Y., Shoji, K., Shimada, H., and Goto, F., (2006), “Cadmium inducible Fe deficiency responses observed from macro and molecular views in tobacco plants”, *Plant Cell Reports*, 25(4), 365-373.
- Zhao, S., Gao, B., Yue, Q., Wang, Y., Li, Q., and Zhang, F., (2013). “Effect of Enteromorpha extract on characteristics of flocs formed by aluminum sulfate in Yellow River water treatment under different hydraulic conditions”, *Chemical Engineering Journal*, 215(15 January), 358-365.
- Zhou, Z., Yang, Y., Li, X., Gao, W., Liang, H., and Li, G., (2012), “Coagulation efficiency and flocs characteristics of recycling sludge during treatment of low temperature and micro-polluted water”, *Journal of Environmental Sciences*, 24(6), 1014-1020.
- Zhu, G., Zheng, H., Chen, W., Fan, W., Zhang, P., and Tshukudu, T., (2012), “Preparation of a composite coagulant: Polymeric aluminum ferric sulfate (PAFS) for wastewater treatment”, *Desalination*, 285(31 January), 315-323.
- Zhu, W.-P., Sun, S.-P., Gao, J., Fu, F.-J., and Chung, T.-S., (2014), “Dual-layer polybenzimidazole/polyethersulfone (PBI/PES) nanofiltration (NF) hollow fiber membranes for heavy metals removal from wastewater”, *Journal of Membrane Science*, 456(15 April), 117-127.

Investigation and Analysis of Thesis Related to Water and Wastewater (Case Study: University of Tehran)

Massoud Tabesh^{1*}, Elham Ghaemi², Anahita Pourmohammadi²

1- Professor, Center of Excellence for Engineering and Management of Civil Infrastructures, School of Civil Engineering, of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- Ph.D. Student, School of Civil Engineering, of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

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

Received: 3/9/2017

Revised: 4/5/2018

Accepted: 5/5/2018

Abstract

Investigation and research, which are essential for economic growth, are integral parts of industrial activities and also the basic needs of dynamic industries. In an efficient research, the process of study is always important and the industry faces challenges and obstacles such as opportunity lose and energy that was spent through it. Therefore, the optimization of the process and the way of research and also the agility of the related stages are necessity of a successful research. In this study, it is tried to investigate the process of research in universities of the country (case study: University of Tehran) and identify barriers of investigation and research in the field of water and wastewater. The purpose of this paper is to study the main and structural issues of the inefficiencies of research in advancing the goals of the industry. Some of these factors are lack of an effective research system, lack of dynamic linkages between industry and universities, lack of definition of scientific problems for universities, lack of effective knowledge management system and scientific exchanges, inadequate research credit, inadequate structure of education system and inappropriateness with the need of industry, the structure of government agencies, and so on. After reviewing and recognizing the disadvantages structure of the academic research system, appropriate solutions are found to eliminate defects and use the results of the research. It is attempted to make the proposed solutions, in spite of generalization, consistent and relevant to the research of active areas in the field of the environment, especially water and sewage.

Keywords: Laboratory Research, Modeling, Thesis, University of Tehran, Water and wastewater.

بررسی و تحلیل پایان‌نامه‌های مرتبط با آب و فاضلاب (مطالعه موردی: دانشگاه تهران)

مسعود تابش^{۱*}، الهام قائمی^۲ و آناهیتا پورمحمدی^۲

۱- استاد، عضو قطب علمی مهندسی و مدیریت زیرساخت‌های عمرانی، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-مهندسی محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۵

چکیده

پژوهش و تحقیق لازمه رشد و توسعه اقتصادی، جزء لاینفک فعالیت‌های صنعتی و از نیازهای پایه صنایع پویا محسوب می‌شود. در یک پژوهش کارآمد، نحوه و روند مطالعه همواره حائز اهمیت بوده و فرصت‌سوزی و اتلاف انرژی در فرآیند تحقیق از چالش‌ها و موانع پیش روی صنایع می‌باشد. بنابراین بهینه‌سازی روند و فرآیند تحقیق و چابک‌سازی مراحل مرتبط از ضرورت‌های یک پژوهش موفق خصوصاً در صنایع کلان می‌باشد. در این مطالعه سعی بر آن است تا فرآیند تحقیقات در دانشگاه‌های کشور (مطالعه موردی دانشگاه تهران) مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد و موانع و چالش‌های پیش‌روی تحقیق و پژوهش در حوزه آب و فاضلاب آسیب‌شناسی شود. هدف از این مقاله، مطالعه عمده و ساختاری عوامل عدم کارآمدی تحقیقات در مسیر پیشبرد اهداف صنعت می‌باشد. از جمله این عوامل می‌توان به بهینه نبودن نظام تحقیقات، عدم ارتباط پویای صنعت و دانشگاه و عدم تعریف مشکلات علمی صنعت برای دانشگاه‌ها، فقدان سیستم کارآمد مدیریت دانش و تبادلات علمی، اعتبارات ناکافی تحقیقات، نادرست بودن ساختار نظام آموزش و پرورش و عدم تناسب با نیاز صنعت، ساختار سازمان‌های دولتی و ... اشاره کرد. پس از بررسی و شناخت ساختاری معایب موجود در سیستم تحقیقات دانشگاهی، راهکارهای مناسب برای رفع نقایص و عملیاتی کردن نتایج حاصل از پژوهش ارائه می‌شود. سعی بر آن است تا راهکارهای ارائه شده علی‌رغم تعمیم‌پذیری، سازگار و متناسب با پژوهش‌های حوزه‌های فعال در حوزه محیط زیست به ویژه آب و فاضلاب باشد.

واژه های کلیدی: پایان‌نامه، آب و فاضلاب، دانشگاه تهران، مدل‌سازی، تحقیق آزمایشگاهی.

بدون شناخت مسایل و مشکلات جامعه و بدون کندوکاو در ضروری‌ترین و اساسی‌ترین نیازها، دستیابی به نرخ رشد بالای اقتصادی و اجرای سیاست‌های توسعه، عملی نیست و شناخت مشکلات، از طریق تحقیقات علمی و منسجم دانشگاهی میسر است. در حال حاضر پروژه‌های مختلف تحقیقاتی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی انجام می‌شود و به دلیل حضور اعضای هیئت علمی و دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا، این مراکز دارای توان بالقوه بسیاری در اجرای طرح‌های تحقیقاتی هستند (خطیبی، ۱۳۸۲).

دانشجویان مشغول به تحصیل در مقاطع ارشد و دکتری ملزم به انجام یک فعالیت تحقیقی - پژوهشی در قالب پروژه پایانی (پایان نامه) می‌باشند. پایان‌نامه یا رساله عبارت است از بیان مشروح و مبسوطی از یک کار پژوهشی انجام شده توسط یک پژوهشگر دانشجو که نشان‌دهنده همه مراحل پژوهش است؛ از زمانی که فکر آن به عنوان مسئله در ذهن پژوهشگر، استاد و یا صنعت، شروع شده تا زمانی که نتایج مبتنی بر دلایل و براهین مستند تدوین شود.

ارتباط صنعت و دانشگاه موضوعی است که طی سال‌های اخیر بارها و بارها از سوی صاحب‌نظران مورد بررسی قرار گرفته و ابعاد مختلف آن از زوایای تخصصی ارزیابی و تحلیل شده است. با توجه به تأثیرگذاری عمیقی که این نوع از ارتباط بر توسعه درون‌زای کشور برجای می‌گذارد و در حوزه‌های استراتژیک نظیر خودکفایی، تولید علم و غیره، آثار مستقیم و بالواسطه دارد، راه‌کارهای متعدد، متنوع و گاه متناقضی نیز از سوی سیاست‌گذاران پیشنهاد و اجرا شده است (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۱).

ارتباط صنعت و دانشگاه در ایران ابعادی مسئله‌زا یافته است و چالش‌هایی جدی در این حوزه وجود دارند. این چالش‌ها در حوزه دانشگاه عموماً عبارتند از:

- تمرکز دانشگاه‌ها بر آموزش،
- ناهم‌خوانی برنامه‌ها و متون درسی دانشگاه‌ها با مقتضیات صنعت،
- زمان‌بر بودن تحقیقات دانشگاهی در حوزه صنعت،
- بی‌توجهی به تحقیق و توسعه در واحدهای صنعتی،
- غیررقابتی بودن بسیاری از صنایع،
- بخشی‌نگری و ترجیح منافع فردی، گروهی و سازمانی بر منافع ملی در بسیاری از بخش‌های صنعتی،

تحقیق در اصطلاح، به علم و فن یا حرفه‌ای اطلاق می‌شود که در اثر آن مجهولاتی در حوزه‌های علمی، اقتصادی یا اجتماعی روشن و نمایان می‌شود. تحقیق را می‌توان مجموعه‌ای از فعالیت‌ها دانست که پژوهشگر با استفاده از آن‌ها به واقعیت پی‌برده و روش‌های تحقیق ابزارهای دستیابی به این واقعیات هستند (عرب مازار و همکاران، ۱۳۸۸). فعالیت‌های تحقیق و توسعه سه نوع تحقیق را پوشش می‌دهند که عبارتند از: تحقیقات پایه‌ای، تحقیقات کاربردی و تحقیقات توسعه‌ای. تحقیقات پایه‌ای عبارتند از تحقیقات ابتدایی که برای کسب دانش علمی جدید انجام می‌گیرد. تحقیقات پایه‌ای، یافته‌های علمی را در قالب قوانین کلی و با استفاده از طرح‌ها و نظریه‌های تبیینی پایه‌ریزی می‌کنند. نتایج تحقیقات پایه‌ای به‌طور کلی دارای ارزش مبادلاتی نیست و معمولاً در نشریات علمی چاپ می‌شود یا این نتایج به دانشگاه‌ها یا نهادهای مرتبط ارسال می‌شود. تحقیقات کاربردی به‌منظور تعیین کاربردهایی در به‌کارگیری یافته‌های تحقیقات پایه‌ای و یا به‌منظور تعیین روش‌های جدید یا راه‌های به‌دست آوردن برخی هدف‌های خاص از پیش تعیین شده، انجام می‌شود. تحقیقات توسعه‌ای به‌منظور توسعه تجربی، عبارت از کاربرد دانش به‌منظور تولید مواد، ابزار، محصول‌ها، فرآیندها، روش‌ها و همچنین تولید و ارائه خدمات جدید و یا خیلی پیشرفته است.

تحقیق و پژوهش، زیربنای بسیاری از کارهای علمی و عامل مهمی در رسیدن به مدارج علمی، پیشرفت، توسعه و نقطه آغاز رسیدن به جاده توسعه علمی کشور است. مقاله‌های حاصل از تحقیقات پژوهشی ملاکی برای ارزیابی‌های علمی جوامع مختلف و مقدمه‌ای برای دستیابی به صنعت و فناوری‌های پایدار و مناسب است. بسیاری از کشورهای دنیا و بسیاری از دانشگاه‌ها و مراکز علمی و آموزشی دنیا با ارزیابی تعداد و کیفیت پژوهش‌های علمی خود، در رتبه‌بندی‌های علم و فناوری قرار می‌گیرند. تحقیق و پژوهش در ایران هم‌گام با سایر معیارهای توسعه از رشد مطلوبی برخوردار نبوده است و تاکنون دلایل مختلفی برای این مسئله در مقیاس کلان ارائه شده است.

تحقیق و پژوهش در جهان امروز برای به ثمر رساندن اهداف کشورها دارای نقش ارزنده‌ای بوده و با اهمیت تلقی می‌شود.

- ناپایداری مدیریت‌ها،
 - عدم التزام دستگاه‌ها به مصوبات شورای عالی عتف،
 - نبود نظام کاهش ریسک (بیمه پژوهش) و ...
 که تمامی این موارد وضعیت نامناسب ارتباط صنعت و دانشگاه را پیچیده‌تر کرده است.
 همچنین مشکلات و محدودیت‌های بسیاری از سوی مراکز آموزش عالی برای ایجاد ارتباط با صنعت وجود دارد که از آن میان می‌توان به مواردی چون حاکمیت مدیریت دولتی بر صنایع بزرگ کشور و متقاضی خدمات دانشگاه نبودن صنایع، نبود محتوای کیفی و مفید دوره‌های کارآموزی، ارتباط ضعیف میان برنامه‌های درسی و نیازهای صنعت، نبودن روحیه کار گروهی و کمبود مراکز تحقیقاتی کاربردی، عدم توجه به به‌سازی نیروی انسانی، ضوابط و مقررات دست‌وپاگیر و گرایش نداشتن صنعت به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و وابستگی روحی و فکری صنایع به خارج از کشور اشاره کرد (شجاعی، ۱۳۸۸).
 می‌توان با تهیه بانک پایان‌نامه‌های تحقیقاتی میزان فراوانی پایان‌نامه‌های انجام شده و همچنین خروجی آن‌ها را بررسی نمود تا با این کار فاصله بین روند تحقیقاتی صورت‌گرفته در دانشگاه با صنعت را کاهش داد. هدف از این مقاله بررسی روند انجام تحقیقات در دانشگاه‌های کشور در حوزه آب و فاضلاب (مطالعه موردی، دانشگاه تهران) و ارائه راه‌کارهای مناسب برای رفع نقایص موجود و عملیاتی کردن نتایج تحقیقات است. نتایج حاصل از این مطالعه مبتنی بر اطلاعات موجود و مستندات پایان‌نامه‌های تحقیقاتی صورت‌پذیرفته در تعدادی از دانشکده‌های دانشگاه تهران است. با توجه به این اطلاعات و تحلیل آن‌ها می‌توان به برخی از آسیب‌های احتمالی در روند انجام تحقیقات در مورد صنعت آب و فاضلاب و ارائه راه‌کارهای مناسب برای رفع نقایص موجود و عملیاتی کردن نتایج تحقیقات پی‌برد.

۲- روند انجام تحقیق

در این تحقیق در مرحله اول اطلاعات پایان‌نامه‌های انجام شده در سطح چند دانشکده دانشگاه تهران جمع‌آوری می‌شود. با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده می‌توان یک بانک اطلاعاتی شامل اطلاعات کلیه افراد فعال در زمینه پژوهش آب و فاضلاب در دانشگاه تهران ایجاد کرد. این بانک اطلاعاتی

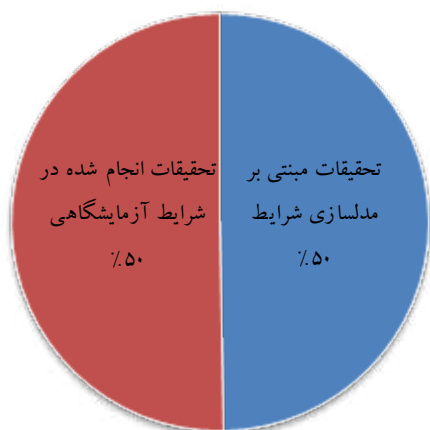
می‌تواند به‌صورت بومی تناظری بین مسایل نیازمند پژوهش و پژوهش‌گران فعال در آن زمینه ایجاد نماید. این امر موجب تسریع در انتخاب زمینه‌های تحقیقاتی مناسب برای انجام پایان‌نامه‌های آتی می‌شود و مهم‌تر از آن به یکپارچگی و ایجاد وحدت رویه در این زمینه منجر شود و از انجام پژوهش‌های تکراری و تصمیم‌گیری‌های سلیقه‌ای جلوگیری می‌نماید. در پایان نیز رویه‌ای مدون بر اساس استانداردهای علمی و مبتنی بر ملاحظات و ملزومات پژوهش در حوزه آب و فاضلاب، برای پژوهش ارائه می‌شود.

برای دستیابی به اهداف فوق، اطلاعات حدود ۴۰۰ پایان‌نامه مرتبط با حوزه آب و فاضلاب از دانشکده‌های مهندسی عمران، مهندسی شیمی، محیط‌زیست و کشاورزی جمع‌آوری شد (که قسمت عمده اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ می‌باشد). کلیه پایان‌نامه‌های مورد بررسی در ۷ زمینه مختلف دسته‌بندی شدند که عبارتند از:

- تصفیه آب: تصفیه آب به فرآیندی گفته می‌شود که طی آن مواد شیمیایی، آلاینده‌های بیولوژیکی، فلزات سنگین، گازها و سایر مواد نامطلوب از آن حذف می‌شود که شامل روش‌هایی نظیر تقطیر، زلال‌سازی، میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، اسمز معکوس، روش تصفیه غشایی، فیلتر تند ماسه‌ای و ... می‌باشد.

- تصفیه فاضلاب: فاضلاب به بازمانده‌ها و دورریزی‌های عمدتاً مایع محلی، شهری یا صنعتی گفته می‌شود که پس از مصرف آب ایجاد می‌شود. شیوه گردآوری و دورریزی آن در هر منطقه، بسته به آگاهی محلی نسبت به محیط زیست فرق می‌کند. به‌طور کلی روش‌های تصفیه فاضلاب را می‌توان به ۳ دسته اصلی فیزیکی (نظیر آشغال‌گیری، دانه‌گیری، ته‌نشینی، شناورسازی، چربی‌گیر و فیلتراسیون)، شیمیایی (ترسیب، انعقاد و لخته‌سازی) شیمیایی و گندزدایی با کلر و ترکیبات آن و بیولوژیکی (نظیر لجن فعال) تقسیم‌بندی نمود.

- شبکه توزیع و خطوط انتقال آب: خطوط انتقال آب تاسیساتی را در برمی‌گیرند که برای انتقال آب از نقطه‌ای به نقطه دیگر ساخته می‌شوند، نظیر کانال‌های روباز آب‌یاری، تونل‌های انتقال آب و بالاخره شاه‌لوله‌های آبرسانی و تامین آب شهرها که شامل خطوط ثقیلی و خطوط تحت فشار می‌باشند. شبکه توزیع آب نیز بخشی از تاسیسات آبرسانی شهری است که وظیفه‌ی رساندن آب را به مصرف‌کنندگان به‌عهده دارد که



شکل ۲- مقایسه تحقیقات مبتنی بر مدل سازی شرایط و تحقیقات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی

مقایسه نتایج به صورت نمودار در شکل های ۱ و ۲ آمده است. در شکل ۱ پایان نامه های انجام شده در زمینه های تصفیه آب، تصفیه فاضلاب، شبکه خطوط و انتقال آب، شبکه فاضلاب و آب های سطحی و منابع تامین آب از نظر تعداد مقایسه شده اند. در شکل ۲ مقایسه تحقیقات مبتنی بر مدل سازی شرایط و تحقیقات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی نشان داده شده است.

از بررسی و تحلیل نتایج این مطالعه اطلاعات زیر به دست آمده است:

● اکثریت پایان نامه های انجام شده در بحث تصفیه آب در دانشکده های محیط زیست و مهندسی عمران صورت گرفته است.

● از ۱۸۹ پایان نامه انجام شده در بحث تصفیه فاضلاب، ۱۷۹ پایان نامه در دانشکده های عمران و محیط زیست و ۱۰ پایان نامه در دانشکده مهندسی شیمی انجام پذیرفته است.

● از ۴۱ پایان نامه مرتبط با بحث شبکه و خطوط انتقال آب،

به سه دسته شبکه های شاخه ای، حلقه ای و درهم تقسیم می شوند.

● شبکه جمع آوری فاضلاب و آب های سطحی: بسته به نوع منطقه، ۶۰ تا ۹۰ درصد آب مصرفی در هر اجتماع به فاضلاب تبدیل می شود (سازمان برنامه و بودجه و وزارت نیرو، ۱۳۷۱). بنابراین هر طرح آبرسانی باید ترجیحاً با طرح جمع آوری فاضلاب همراه باشد. انواع شبکه های فاضلاب و نیز به دو دسته مجزا و در هم تقسیم می شوند.

● منابع تامین آب: مدیریت تامین و توزیع آب در کشورهای در حال توسعه، با در نظر گرفتن تشدید بحران آب بسیار مهم است. منابع مورد بررسی در این تحقیق به دو دسته آب های سطحی و آب های زیرزمینی تقسیم می شوند.

● تحقیقات مبتنی بر مدل سازی: شرایط مدل، رابطه بین طرح نظری (تئوری) و کار جمع آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات می باشد. به عبارت دیگر مدل ها دستگاهی متشکل از مفاهیم، فرضیه ها و شاخص هایی که کار انتخاب و جمع آوری اطلاعات مورد نیاز برای آزمون فرضیه ها را تسهیل می کند، می باشند. مدل های مورد بررسی در این تحقیق می توانند شامل مدل های ریاضی، مدل های فیزیکی و یا مدل های نرم افزاری باشند.

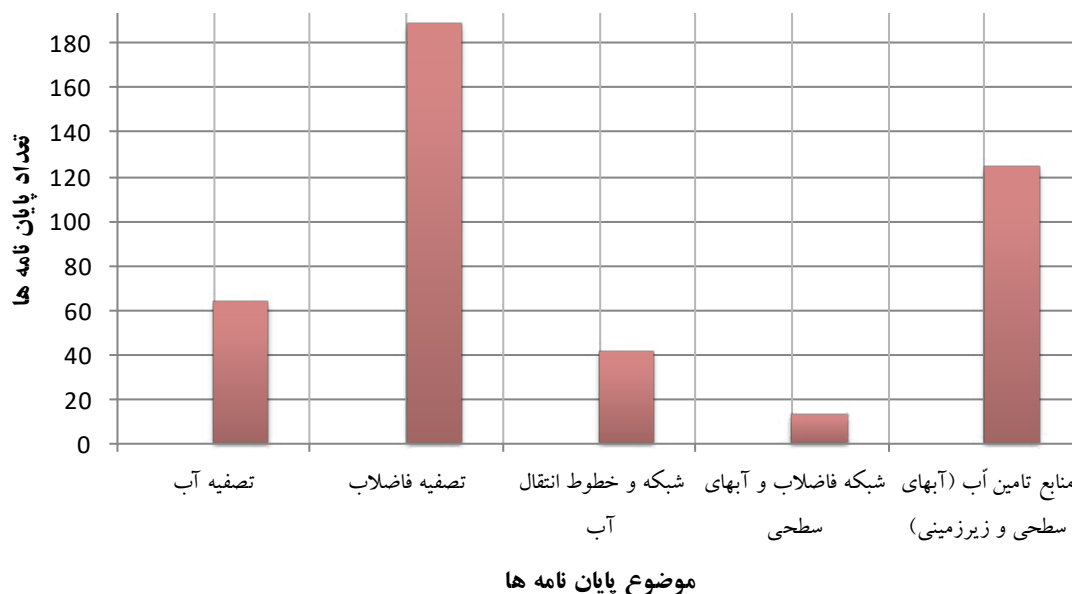
● تحقیقات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی: هدف اصلی در تحقیقات آزمایشگاهی، استنباط رابطه علت و معلولی بین پدیده هایی است که در محدوده آزمایشگاه مورد بررسی قرار می گیرند.

۳- بررسی نتایج

نتایج دسته بندی پایان نامه های مورد بررسی نیز به شرح جدول ۱ می باشد.

جدول ۱- نتایج دسته بندی موضوعی پایان نامه های بررسی شده

حوزه مورد بررسی	تصفیه آب	تصفیه فاضلاب	شبکه و خطوط انتقال آب	شبکه فاضلاب و آب های سطحی	منابع تامین آب (آب های سطحی و زیرزمینی)	تحقیقات مبتنی بر مدل سازی شرایط	تحقیقات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی
تعداد پایان نامه های انجام شده	۶۴	۱۸۹	۴۱	۱۳	۱۲۵	۱۸۱	۱۸۳



شکل ۱- مقایسه پایان نامه های انجام شده در زمینه های تصفیه آب،

تصفیه فاضلاب، شبکه خطوط و انتقال آب، شبکه فاضلاب و آب های سطحی و منابع تامین آب

آزمایشگاهی این دانشکده و همچنین مباحث مرتبط با منابع آب است (هرچند که تعداد بیشتری از متخصصین منابع آب در دانشکده مهندسی عمران مشغول به کار هستند).

● مطالعات انجام شده در دانشکده مهندسی عمران بیشتر بر پایه مطالعات محاسباتی و مدل سازی بوده و در بخش شبکه توزیع و خطوط انتقال آب فعالیت مستمری داشته است.

تمایل عمده دانشکده کشاورزی به بحث منابع آب بوده که این امر نیز به علت ارتباط پایاپای بخش کشاورزی با منابع آب موجود در یک منطقه و همچنین استقرار تعدادی از اساتید با تخصص منابع آب در این دانشکده است.

● در دانشکده مهندسی شیمی نیز تحقیقات انجام شده، بیشتر مبتنی بر مباحث مرتبط با تصفیه فاضلاب و روش های استحصال انرژی از آن است.

با توجه به نیازهای بخش صنعت آب و فاضلاب در بخش های مختلف این علم، هر یک از دانشکده ها با تمرکز بر زمینه های نامبرده که نقاط قوت فعالیت پژوهشی آنها در بخش های آب و فاضلاب است، می توانند نقشی موثر در این صنعت آب و فاضلاب نمایند.

با نگاهی جزئی تر و با توجه به دغدغه ها و مسائل موجود در شرکت های آب و فاضلاب کشور دسته بندی دیگری از پژوهش های صورت گرفته در این حوزه ارائه شده که این

۱۰ پایان نامه در دانشکده محیط زیست و بقیه در دانشکده مهندسی عمران انجام پذیرفته است.

در موضوع شبکه های جمع آوری فاضلاب نیز ۴ پایان نامه در دانشکده مهندسی عمران و بقیه در دانشکده مهندسی محیط زیست صورت پذیرفته است.

● از پایان نامه های انجام شده در زیرشاخه منابع آب، ۷۵ پایان نامه در دانشکده محیط زیست، ۳۱ پایان نامه در دانشکده کشاورزی و ۲۴ پایان نامه در دانشکده مهندسی عمران انجام پذیرفته است.

● در تحقیقات مبتنی بر مدل سازی، ۳۰ پایان نامه در دانشکده مهندسی عمران، ۱۱۲ تحقیق در دانشکده محیط زیست و بقیه در دانشکده کشاورزی انجام پذیرفته است.

● اکثریت پایان نامه های انجام گرفته در دانشکده مهندسی شیمی به صورت آزمایشگاهی بوده است. بخش زیادی از مطالعات آزمایشگاهی نیز در دانشکده مهندسی محیط زیست صورت گرفته است. روند انجام پایان نامه ها نیز از لحاظ کمی با توجه به افزایش تعداد دانشجویان مشغول به تحصیل با گذر زمان در حال افزایش است.

● با توجه به مقایسه مطالعات انجام شده، تمایل تحقیقات صورت گرفته در دانشکده محیط زیست بیشتر مبتنی بر روش های مختلف تصفیه آب و فاضلاب به علت تجهیزات

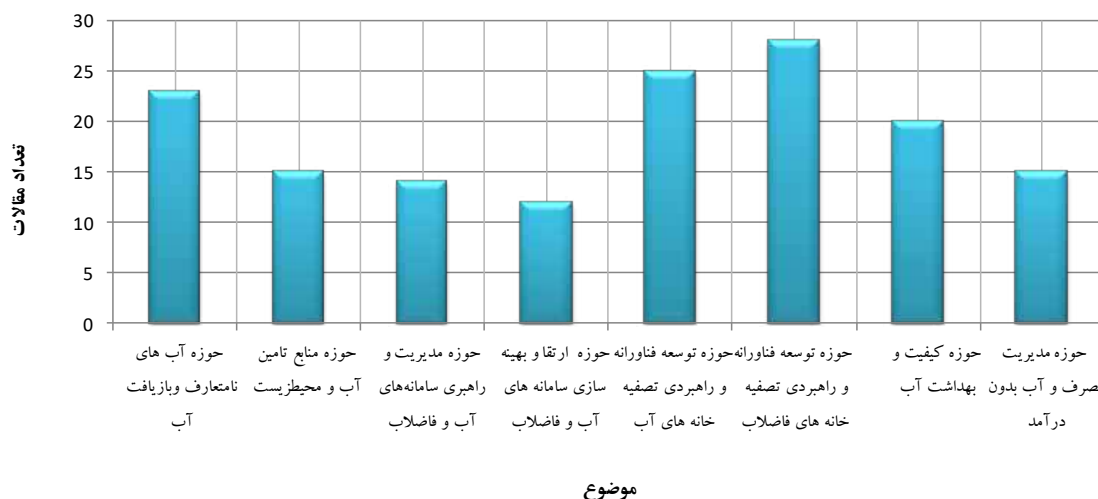
۴- نتیجه‌گیری

در مسیر انجام یک پروژه دانشگاهی و علمی، مستقل از نتایج به‌دست آمده از مشاهدات و نتایج مأخوذه، می‌توان بخش تحلیل و نتیجه‌گیری را بنا نمود که این تحلیل می‌تواند حاکی از نتایج مثبت یا منفی باشد که در هر دو صورت مفید است و زوایای پنهان یک مبحث علمی را نمایان ساخته است. اما در انجام یک پروژه با رویکرد صنعتی، هدف رفع مشکل و بهبود وضعیت موجود است که باید نتیجه مستقیم پروژه انجام شده باشد (صدąقتی، ۱۳۸۶). در صنعت آب و فاضلاب نیز می‌توان با مطالعاتی شبیه به تحقیق صورت‌گرفته در این مقاله، نقاط قوت دانشگاه‌ها و یا حتی دانشکده‌های مختلف را شناسایی کرده و با طرح پروژه‌های تحقیقاتی در قالب پایان‌نامه‌های دانشجویی به‌صورت مفیدی از ظرفیت دانشگاه‌ها در رفع نیازهای صنعت استفاده نمود.

تحلیل اطلاعات موجود در این مقاله و یا مطالعاتی مشابه می‌تواند خروجی‌های زیر را حاصل نماید:

- سهم دانشگاه‌ها و یا دانشکده‌های مختلف در انجام مطالعات پژوهشی مرتبط با صنعت مورد نظر؛
- تمرکز اهداف پایان‌نامه‌های تحقیقاتی انجام شده با توجه به کلیدواژه‌های پایان‌نامه یا اهداف آن‌ها؛

دسته‌بندی عبارتند از: حوزه‌های آب نامتعارف و بازیافت آب، منابع تامین آب، مدیریت و راهبری سامانه‌های آب و فاضلاب، ارتقا و بهینه‌سازی سامانه‌های آب و فاضلاب، توسعه فن‌آورانه و راهبردی تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب، کیفیت و بهداشت آب و حوزه مدیریت مصرف و آب بدون درآمد. با نگاهی به رتبه‌بندی ارائه شده در شکل ۳ می‌توان متوجه شد که حوزه ارتقا و بهینه‌سازی سامانه‌های آب و فاضلاب دارای پایین‌ترین رتبه در بین پایان‌نامه‌های کار شده در حوزه آب و فاضلاب را دارا است. این در حالی است که امروزه به‌علت بالا بودن عمر سامانه‌های آب در کشور و نیاز مبرم به ارتقا این سامانه‌ها، تقاضا برای تحقیق بیشتر در این حوزه وجود دارد. همچنین با توجه به وضعیت نامناسب منابع آبی در کشور و نیاز به استفاده از آب نامتعارف در کشور، تمرکز برخی از پژوهش‌های صورت گرفته به این حوزه بوده اما همچنان نیاز به پژوهش‌های بیشتر در این بخش دیده می‌شود. کیفیت آب آشامیدنی و ارتباط آن با سلامت افراد جامعه نیز موضوعی حائز اهمیت است. اگرچه از گذشته تاکنون پژوهش‌های صورت گرفته در این حیطه مناسب و درخور بوده اما همچنان به‌علت ظهور آلودگی‌های نو و مسائل ناشناخته در مباحث کیفی آب، بخشی از تحقیقات به این حوزه اختصاص یافته است. بالاترین رتبه در این دسته‌بندی ارائه شده نیز در حوزه توسعه فن‌آورانه و راهبردی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه تحقیقات مبتنی بر حوزه‌های آب نامتعارف، منابع تامین آب، مدیریت و راهبری سامانه‌های آب و فاضلاب، ارتقا و بهینه‌سازی سامانه‌های آب و فاضلاب، توسعه فن‌آورانه و راهبردی تصفیه‌خانه‌ها، کیفیت و بهداشت آب و حوزه مدیریت مصرف و آب بدون درآمد

● میزان انطباق تخصص اساتید با اهداف پایان‌نامه‌ها؛

● میزان مطالعات با هر یک از اهداف ساخت نمونه محصول، بومی‌سازی فن‌آوری، ارائه راه‌حل مشکل، تولید نرم‌افزار مرتبط با وظایف صنعت آب، اجرای پایلوت، تهیه دستورالعمل/ آئین نامه/ استاندارد؛

● بررسی خروجی مکتوب به‌دست آمده از پروژه‌ها شامل مقاله، کتاب یا گواهی ثبت اختراع.

لازم به ذکر است که اصلاح وضعیت موجود رابطه صنعت و دانشگاه علاوه بر اصلاح برخی قوانین و ساده‌سازی‌ها، مستلزم تغییر نگرش و همکاری نزدیک‌تر اساتید دانشگاه‌ها و مدیران ارشد صنعتی است.

در ادامه بررسی‌های صورت‌گرفته در این تحقیق می‌توان پیشنهاد زیر را ارائه نمود:

● می‌توان بررسی نمود که چه تعدادی از این تحقیقات مرتبط با نیازهای آب و فاضلاب کشور بوده است؛ تا چه میزان این تحقیقات مورد حمایت صنعت آب و فاضلاب قرار گرفته است؛

● چه تعداد از این موضوعات توسط صنعت آب و فاضلاب تعریف شده‌اند؛

● نتایج چه تعداد از پایان‌نامه‌ها بصورت کاربردی بوده (نظیر ساخت دستگاه، ایجاد دانش فنی، ثبت اختراع، تشکیل شرکت‌های دانش بنیان و ...) و در صنعت مورد استفاده قرار گرفته است.

این تحقیق گزارش مرحله اول پژوهش کلان و بلندمدت انجمن آب و فاضلاب ایران به منظور آسیب‌شناسی تحقیقات انجام شده در حوزه آب و فاضلاب از طرف صنعت و دانشگاه می‌باشد. نتایج مراحل بعدی در مقالات آینده به جامعه علمی و کارشناسی کشور ارائه خواهد شد.

۵- مراجع

خطیبی، م.، (۱۳۸۲)، "توسعه تحقیقات کاربردی از طریق حمایت از پایان‌نامه‌های دانشجویی"، چهارمین همایش مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن تهران، انجمن تخصصی مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن.

سازمان برنامه و بودجه و وزارت نیرو، (۱۳۷۱)، مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری، نشریه شماره ۳-۱۱۸، انتشارات سازمان

برنامه‌وبودجه، تهران، ایران.

شجاعی، م.، (۱۳۸۸)، «تعامل دانشگاه و صنعت و نقش آن در توسعه ملی»، نشریات مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی، تهران.

شفیعی، م.، رحمانپوری، م.، و بهادری، م.، (۱۳۹۱)، "بررسی موانع و راهکارهای ارتباط صنعت و دانشگاه"، فصل‌نامه علمی پژوهشی نوآوری و ارزش‌آفرینی، (۱)، ۵-۱۸.

صداقتی، ح.، (۱۳۸۶)، «بررسی علل عدم رویکرد پایان‌نامه‌های دانشجویی به رفع نیازهای موجود در صنعت»، اولین کنفرانس ملی صنعت، دانشجو و توسعه پایدار، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

عرب‌مازار، ع.، جمشیدی، م.ت.، و صالحیان عمران، ا.، (۱۳۸۸)، «آسیب‌شناسی تحقیق و توسعه در سازمان‌های دولتی»، مجله تدبیر، ۲۰۷، ۴۹-۵۵.

Investigating the Feasibility of Discharging the Sludge of the Water Treatment Plant into Sewage Network and its Effect on the Wastewater Treatment Process (Case study of Discharging the Sludge of the No. 2 Water Treatment Plant to Bakeri Transmission Line and Tehran West Wastewater Treatment Plant)

Hamed Rasouli Sadabad^{*} and Zohreh Ekhtiarzadeh²

1- Department of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University A.C., Tehran, Iran;

2- Tehran Sewerage Company, Tehran, Iran

^{*}Corresponding author, Email: rasouli.hamed@gmail.com
Employer: Tehran Wastewater Company

بررسی امکان تخلیه لجن حاصل از تصفیه‌خانه‌های آب به شبکه فاضلاب و تاثیر آن بر روی فرآیندهای تصفیه‌خانه فاضلاب (مطالعه موردی: تخلیه لجن تصفیه‌خانه آب شماره ۲ به خط انتقال باکری و تصفیه‌خانه غرب تهران)

حامد رسولی سعدآباد^{۱*} و زهره اختیارزاده^۲

۱- دکترای مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، پردیس فنی و مهندسی شهیدعباسپور، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران محیط زیست، مدیر دفتر پژوهش و بهبود بهره‌وری شرکت فاضلاب تهران

*نویسنده مسئول، ایمیل: rasouli.hamed@gmail.com

کارفرما: شرکت فاضلاب تهران

Abstract

The generated sludge during regular water treatment processes is one of the most important residues of the water treatment plants, which is produced daily in the noticeable amounts. The main purpose of this study is feasibility study of discharging this sludge into municipal wastewater system containing the wastewater collection and transmission network and the treatment plants, with the aim of its effective environmental management via prohibiting its direct discharge into the environment in one hand, and benefiting its advantages in the mentioned system.

Keywords: Ferric Chloride; Reuse; Sludge Management; Wastewater Treatment; Water Treatment.

کننده محیط‌زیست نظیر فاضلاب، پسماندهای مربوط به فرآیندهای تصفیه آب، لجن مازاد بیولوژیکی حاصل از تصفیه فاضلاب و زائدات جامد کشاورزی، امکان‌پذیر نیست (Sadabad and Gholikandi, 2017). یکی از مهمترین مواد زائد تولید شونده در تصفیه‌خانه‌های متعارف آب، لجن حاصل از فرآیند تصفیه آب است که به‌صورت روزانه و در مقادیر قابل توجه تولید می‌شود (اختیارزاده، ۱۳۸۷). متداول‌ترین روش‌های دفع لجن در صنعت آب در دنیا شامل تخلیه مستقیم به محیط‌زیست (نظیر تخلیه در رودخانه‌ها و مسیل‌های نزدیک

چکیده

یکی از مهمترین مواد زائد تولید شونده در تصفیه‌خانه‌های متعارف آب، لجن حاصل از فرآیند تصفیه آب است که به‌صورت روزانه و در مقادیر قابل توجه تولید می‌شود. هدف اصلی این تحقیق، بررسی امکان تخلیه این لجن در سیستم تصفیه فاضلاب شهری مشتمل بر شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب و تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تهران به‌منظور مدیریت موثر زیست‌محیطی آن از طریق جلوگیری از تخلیه مستقیم به محیط‌زیست از یک‌سو و بهره‌بردن از مزایای این لجن در سیستم فوق است.

کلیدواژه‌ها: مدیریت لجن، تصفیه آب، تصفیه فاضلاب، کلرور فریک، استفاده مجدد.

تذکر: در این گزارش صرفاً تاثیر امکان تخلیه لجن حاصل از تصفیه‌خانه‌های آب بر فرآیند تصفیه فاضلاب بررسی شده و در زمینه اثرات آن بر هیدرولیک شبکه فاضلاب و امکان گرفتگی و کاهش ظرفیت فاضلابرو تحقیق نشده است.

۱- مقدمه و مرور ادبیات

دست یافتن به توسعه پایدار، بدون انجام عملیات بازایی، ایجاد چرخه مواد و یا استفاده مجدد از مواد زائد و آلوده

به محل تصفیه‌خانه آب آشامیدنی با در نظر گرفتن قوانین و دستورالعمل‌های زیست‌محیطی)، کاربرد در زمین (نظیر استفاده به‌عنوان کود در کشاورزی و یا ترمیم جنگل، اصلاح، تعدیل و یا تقویت خاک با در نظر گرفتن ویژگی‌های لجن)، دفع در چاه‌های عمیق و یا دفن نمودن (که به دو صورت دفن مشترک و دفن منفرد با در نظر گرفتن مقررات دفن و استانداردهای مربوط به حفاظت از سلامت عمومی و محیط زیست صورت می‌گیرد) و همچنین تخلیه به شبکه جمع‌آوری فاضلاب (که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (Dharmappa et al., 1997; USEPA, 2011).

در حال حاضر در ایران این لجن غالباً یا به‌صورت مستقیم در آب‌های سطحی تخلیه می‌شود که به‌نوعی موجب آلودگی محیط‌زیست می‌شود و یا در برکه‌های مصنوعی در معرض نور خورشید قرار می‌گیرد که محتوی آب آن تیخیر شده و مواد جامد موجود در آن به زمین‌های بایر منتقل و تخلیه و یا دفن می‌شود که در این حالت نیز محتوی آب و مواد جامد لجن به‌هدر می‌رود. این درحالی است که می‌توان با توجه به خواص این لجن و شرایط مختلف، از آن به‌صورت بهینه استفاده مجدد نمود.

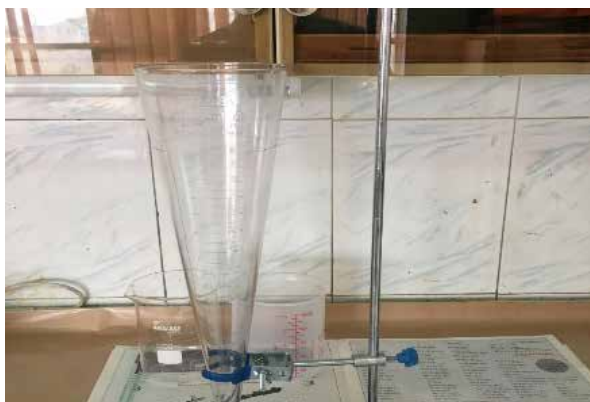
بر اساس مطالعات انجام گرفته، لجن حاصل از فرآیند تصفیه آب آشامیدنی، می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی موثر برای حذف گوگرد و اثرات سوء ناشی از آن، به‌صورت تدریجی به شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب تخلیه شود (Sun et al., 2015). آهن موجود در لجن حاصل از تصفیه آب با تشکیل سولفید آهن به‌صورت تقریبی حدود نصف اکسی‌ژان وزنی خود گوگرد موجود در فاضلاب را کاهش داده و سبب افت میزان آن در فاز محلول فاضلاب می‌شود (USEPA, 2011). همچنین مطالعاتی نیز به‌منظور بررسی تاثیر تخلیه لجن حاصل از تصفیه آب به فاضلاب ورودی به فرآیند تصفیه بی‌هوازی

UASB^۱ (در مقیاس پایلوت آزمایشگاهی)، فرآیند لجن فعال (در مقیاس پایلوت آزمایشگاهی) و فرآیند SBR^۲ (در مقیاس واقعی) در دو فاز انجام شده است (Asada et al., 2010). در نتیجه این مطالعات افزودن کنترل شده لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب به فاضلاب ورودی به هرکدام از سه سیستم فوق، هیچ‌گونه تاثیری بر فرآیند بیولوژیکی موجود در آن‌ها نداشته و در مقابل، سبب بهبود بازدهی واکنش‌های حذف نیترات و فسفر از فاضلاب می‌شود (Asada et al., 2010).

در همین راستا در تحقیق حاضر که همراه با آزمایش‌های عملی انجام گرفته است، تاثیر تخلیه لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب در شبکه جمع‌آوری فاضلاب و همچنین تصفیه‌خانه فاضلاب مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش‌های مختلفی برای این منظور طراحی شده و انجام شده است. هدف این مطالعه، مدیریت موثر لجن حاصل از فرآیند تصفیه آب، از طریق تخلیه آن در شبکه فاضلاب به‌عنوان روشی کارآمد و با ریسک بسیار پایین از نظر آلودگی محیط‌زیست (در مقیاسه با سایر روش‌های دفع آن) است.

۲- بررسی‌های آزمایشگاهی

در طراحی آزمایش‌ها و بررسی‌های مربوط به آن سعی شد تا نتیجه آزمایش‌ها همخوانی کافی با شرایط واقعی داشته باشد. با توجه به ماهیت و هدف تحقیق حاضر، در طراحی آزمایش‌های مورد نیاز، شرایط مربوط به تصفیه‌خانه آب شماره ۲ تهران، شبکه جمع‌آوری فاضلاب و فرآیندهای مربوط به تصفیه‌خانه فاضلاب فیروزبهرام در نظر گرفته شد. شکل ۱ تصویر مربوط به set up و پایلوت مربوط به این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تصویر مربوط به set up (سمت راست) و پایلوت (سمت چپ) مورد استفاده برای مطالعه حاضر

۳- نتایج حاصل از بررسی‌ها

بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های علمی و عملی موارد ذیل به‌دست آمده است:

- با ورود لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب آشامیدنی به شبکه فاضلاب، متناسب با مقدار لجن افزوده شده، از میزان گاز سولفید هیدروژن تولید شده در شبکه و متعاقب آن تولید اسید سولفوریک و خوردگی ناشی از آن کاسته خواهد شد.

- با ورود لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب به فاضلاب، سرعت ته‌نشینی مواد در حوض ته‌نشینی اولیه در ابتدا افزایش می‌یابد و این افزایش سرعت ته‌نشینی با مقدار لجن افزوده شده نسبت مستقیم دارد. البته براساس نتایج، با ورود لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب به فاضلاب، الگوی ته‌نشینی مواد جامد با توجه به درصد لجن افزوده شده تا حدودی تغییر کرده و در ابتدای زمان آغاز فرآیند ته‌نشینی، سبب افزایش حجم مواد ته‌نشین شده می‌شود، در حالی که با ادامه آن تغییر قابل توجهی در حجم مواد ته‌نشین شده به‌وجود نمی‌آید.

- با ورود لجن مازاد حاصل از تصفیه آب در فاضلاب شهری در مقادیر تعیین شده براساس دبی لجن تصفیه خانه آب و دبی فاضلاب ورودی به تصفیه خانه، تغییر محسوسی در میزان BOD پساب خروجی حوض ته‌نشینی اولیه ایجاد نمی‌شود. اهمیت این مشاهده از لحاظ تاثیرگذاری این ماده بر روی فرآیند بیولوژیکی تصفیه فاضلاب در تصفیه‌خانه است که BOD فاضلاب ورودی بر روی عملکرد آن تاثیر بسیار زیادی دارد. با توجه به این نکته، نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان دادند که با افزودن لجن مازاد حاصل از تصفیه آب به فاضلاب شهری (در مقادیر مشخص شده در طراحی آزمایش) تاثیر چندانی بر روی این پارامتر و در نتیجه فرآیند بیولوژیکی تصفیه فاضلاب در تصفیه‌خانه غرب تهران ایجاد نخواهد شد.

- با ورود لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب در سیستم تصفیه فاضلاب، تداخل و تغییر قابل توجهی در مراحل مربوط به هضم بی‌هوازی شامل هیدرولیز، اسیدسازی و متان‌سازی ایجاد نمی‌شود. به عبارت دیگر آهن موجود در لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب با درصدهای بررسی شده از این ماده، مشکلی در عملکرد هاضم بی‌هوازی ایجاد نکرده و در نتیجه تفاوت قابل توجهی در بازدهی حذف مواد جامد معلق فرار و همچنین میزان بیوگاز تولید شده بین حالت پایه و نمونه‌های آزمایشی مشاهده نشد.

۴- نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن نتایج فوق، تخلیه لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب آشامیدنی تصفیه‌خانه آب شماره ۲ تهران (که در آن از کلرور فریک به‌عنوان منعقد کننده استفاده می‌شود) به شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب مربوط به تصفیه‌خانه غرب تهران، در مقادیر اعلام شده مانعی ندارد (مقدار لجن مازاد حاصل از فرآیند تصفیه آب برای تخلیه در شبکه فاضلاب در بیشترین حالت ۰/۷ درصد کل فاضلاب ورودی در نظر گرفته شده برای تصفیه‌خانه فاضلاب غرب تهران است). بنابراین قبل از تخلیه این لجن در شبکه باید به پارامترهای هیدرولیکی شبکه نظیر حجم فاضلاب جاری در آن نیز توجه شود.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- Upflow Anaerobic sludge blanket
- 2- Sequenced batch reactor

۶- مراجع

اختیارزاده، ز.، (۱۳۸۷)، مدیریت لجن در تصفیه متعارف آب، نشر پژوهاک فرهنگ.

- Asada, L.N., Sundefeld, G.C., Alvarez, C.R., Sidney Filho, S.F., and Piveli, R.P., (2010), "Water treatment plant sludge discharge to wastewater treatment works: Effects on the operation of upflow anaerobic sludge blanket reactor and activated sludge systems", *Water Environment Research*, 82(5), 392-400.
- Dharmappa, H.B., Hasia, A., and Hagare, P., (1997), "Water treatment plant residuals management", *Water Science and Technology*, 35(8), 45-56.
- Sadabad, H.R., and Gholikandi, G.B., (2017), "Harvesting direct electricity from municipal waste-activated sludge simultaneous with its aerobic stabilization process: Investigation and optimization", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(1), 1174-1185.
- Sun, J., Pikaar, I., Sharma, K.R., Keller, J., and Yuan, Z., (2015), "Feasibility of sulfide control in sewers by reuse of iron rich drinking water treatment sludge", *Water Research*, 71, 150-159.
- USEPA, (2011), "Drinking water treatment plant residuals management", Technical Report, United States Environmental Protection Agency.



آقای مهندس پاکروح
معاونت راهبری و نظارت بر
بهره برداری شرکت مهندسی
آب و فاضلاب کشور

- دفتر مدیریت بحران و پدافند غیر عامل:

*سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، کنترل، نهادینه‌سازی و نظارت بر اجرای اصول و ضوابط مدیریت بحران و پدافند غیرعامل برای افزایش بازدارندگی، پایداری و تاب‌آوری؛ کاهش آسیب‌پذیری؛ تداوم فعالیت‌های ضروری و مدیریت بحران در صنعت آب و فاضلاب در برابر تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت به‌منظور تامین و توزیع آب با کیفیت مطلوب و خدمات دفع فاضلاب براساس نیازهای شرایط اضطراری و بر مبنای اولویت‌بندی و امکانات، محوریت اصلی در این حوزه پایداری در ارائه خدمات و ارتقای تاب‌آوری تاسیسات مرتبط با خدمات مذکور است.

- دفتر نظارت بر بهره‌برداری فاضلاب:

*نظارت بر عملکرد بهره‌برداری شرکت‌های زیرمجموعه در بخش فاضلاب و بررسی میزان تحقق تعهدات آن‌ها
*گردآوری، تجزیه و تحلیل داده‌های مرتبط با تاسیسات فاضلاب

*تصویب طرح‌های ارتقای تاسیسات فاضلاب، سفارش و تهیه تجهیزات خاص و مناسب به‌منظور لحاظ کردن تجربیات کسب‌شده

*ارتقای سطح دانش و انتقال تجربیات بهره‌برداری از تاسیسات فاضلاب از طریق برگزاری گردهمایی‌ها و کارگاه‌های آموزشی تخصصی و برنامه‌ریزی برای برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی بهره‌برداران

*تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها، استانداردها و معیارهای فنی مورد نیاز و استقرار نظام کنترل و ارزیابی عملکرد شرکت‌ها در حوزه بهره‌برداری فاضلاب

*نظارت بر بازسازی و نوسازی هدفمند تاسیسات فاضلاب، نظام‌بخشی به بانک اطلاعاتی و داده‌های مورد نیاز صنعت آب‌فای کشور، ساماندهی واگذاری بهره‌برداری تاسیسات به بخش خصوصی و نظام عملیاتی شایسته

- دفتر نظارت بر بهداشت آب و فاضلاب:

*برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت، رهبری و نظارت به‌منظور کنترل و ارتقای بهداشت آب و فاضلاب

*مشارکت در تهیه و تدوین استانداردها، قوانین و نظام‌نامه‌های مرتبط با کیفیت آب شرب و دفع پساب در سطح ملی یا بخشی
*مشارکت و نظارت در کلیه فعالیت‌های مهندسی و اجرایی

✻ لطفا یک معرفی اجمالی از خود ارائه فرمایید.

بنده فارغ التحصیل رشته مهندسی مکانیک سیالات و کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی هستم. از سال ۱۳۷۱ در شرکت آب و فاضلاب شهری استان کردستان مشغول به خدمت در صنعت آب و فاضلاب شده و طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ به‌عنوان مدیرعامل آن شرکت منصوب شدم. سپس به‌مدت دو سال در شرکت آب منطقه‌ای کردستان به‌عنوان مدیرعامل فعالیت نمودم. پس از آن در سال ۱۳۹۲ در شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور پست معاونت هماهنگی و پشتیبانی را تا سال ۱۳۹۵ عهده‌دار بوده و هم‌اکنون نیز در سمت معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور مشغول فعالیت هستم.

✻ لطفا ضمن معرفی معاونت نظارت بر بهره‌برداری و واحدهای تابعه آن شرح وظایف این واحدها را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

ماموریت اصلی در این حوزه پایداری در ارائه خدمات و ارتقای تاب‌آوری تاسیسات مرتبط با خدماتی است که مردم مستقیماً به آن نیاز دارند و سلامت و بهداشت مردم در گرو ارائه درست و بهینه این خدمات است. همان‌گونه که می‌دانید این خدمات به‌صورت انحصاری در اختیار شرکت‌های آب و فاضلاب است. این خدمات باید دارای سه مشخصه اصلی (۱) فراگیری خدمات در تمامی شهرها و روستاهای کشور، (۲) تامین بدون وقفه و (۳) خدمات‌دهی با کمیت و کیفیت مناسب مطابق استانداردهای ملی و بین‌المللی باشند. در همین راستا پنج دفتر با اهداف و ماموریت‌هایی به‌شرح ذیل برای دستیابی به رسالت معاونت راهبری و نظارت بر بهره‌برداری فعالیت می‌نمایند:

مرتبط با حوزه بهداشت آب و پساب در بخش‌های خصوصی و دولتی

*پایش و کنترل کیفیت آب خام و تصفیه شده، در کلیه تاسیسات تامین و توزیع و فاضلاب، در کلیه تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه

*ظرفیت سازی نیروی انسانی بخش کنترل کیفیت آب شرکت‌های آبفای سراسر کشور

- دفتر نظارت بر بهره‌برداری آب:

*نظام‌بخشی به فعالیت‌هایی همچون: بازسازی و نوسازی هدفمند تاسیسات آب، نظام‌بخشی به بانک اطلاعاتی و داده‌های مورد نیاز صنعت آبفا کشور، واگذاری بهره‌برداری تاسیسات به بخش خصوصی و نظام عملیاتی شایسته اطمینان

*تدوین و تعریف دوره‌های آموزشی، کارگاه‌های آموزشی و بازدیدهای هدفمند در راستای اهداف کلان ملی

*تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها، استانداردها و معیارهای فنی مورد نیاز

*استقرار نظام کنترل و ارزیابی عملکرد شرکت‌ها در حوزه بهره‌برداری آب

- دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت:

*نظارت بر تهیه و تدوین برنامه‌های مطالعاتی و عملیاتی کاهش آب بدون درآمد

*نظارت بر عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب در زمینه کاهش آب بدون درآمد

*جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز به منظور برآورد میزان آب بدون درآمد و تحلیل آن و تشکیل بانک اطلاعاتی در سطح کشور

تهیه و تدوین دستورالعمل‌های فنی در زمینه آب بدون درآمد و مدیریت مصرف

✿ لطفا وضعیت موجود بهره‌برداری از سامانه‌های آب و فاضلاب کشور را در سطح کشور تشریح کنید. در این سامانه‌ها با چه مشکلات و تنگناهایی روبرو هستید؟

بالغ بر ۹۹ درصد جمعیت شهری و ۸۱ درصد جمعیت روستایی کشور از آب شرب و بهداشتی برخوردار هستند. برای تامین آب این جمعیت در ۱۱۸۴ شهر و ۳۷۸۵۵ روستا از ۲۸۰ تصفیه

خانه آب، بیش از ۱۳۰ هزار کیلومتر خط انتقال، ۳۲۴ هزار کیلومتر شبکه توزیع، ۲۱ میلیون فقره انشعاب آب و با مخازنی به ظرفیت ۱۸/۳ میلیون متر مکعب در مدار بهره‌برداری استفاده می‌شود. ضمناً در حال حاضر تعداد ۲۴ تصفیه‌خانه آب نیز در حال ساخت است که به‌زودی در مدار بهره‌برداری قرار خواهد گرفت.

جمعیت تحت پوشش شهرها و روستاهای دارای شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب بالغ بر ۲۸ میلیون نفر بوده است که این تعداد حدود ۴۸ درصد جمعیت کشور را در بر دارد. فاضلاب تولیدی این جمعیت در ۲۹۵ شهر و ۴۴ روستای کشور به‌وسیله ۶/۷ میلیون فقره انشعاب فاضلاب و توسط ۶۱ هزار کیلومتر شبکه در مدار بهره‌برداری جمع‌آوری و به ۲۲۶ تصفیه‌خانه فاضلاب منتقل می‌شود. ضمناً در حال حاضر تعداد ۵۰ تصفیه‌خانه فاضلاب نیز در حال ساخت است که به‌زودی در مدار بهره‌برداری قرار خواهد گرفت.

با توجه به چند قلم آماری فوق، در حال حاضر دارایی‌های فیزیکی تأسیسات آب و فاضلاب در مدار بهره‌برداری کشور بالغ بر ۴۵۰ هزار میلیارد ریال برآورد شده است، لیکن امروز تاسیساتی در اختیار ما است که بخشی از آن‌ها عمر ۵۰ ساله دارند و باید بازسازی شوند، تا خدمت‌رسانی به مردم استمرار یابد. بنابراین حوزه بهره‌برداری در قبال این تأسیسات و ارائه خدمات پایدار به مشترکین و به حداقل رساندن آسیب‌ها کار دشواری در پیش دارد تا بتواند از بروز هرگونه خدشه‌ای در عملکرد آن‌ها که بحران‌های سیاسی، اجتماعی، بهداشتی و زیست‌محیطی را در پی دارد، پیشگیری نماید.

✿ وضعیت تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب کشور و کیفیت آب تحویلی به مردم و پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌ها چگونه است؟

تعداد تصفیه‌خانه‌های آب در حال بهره‌برداری بیش از ۲۸۰ تصفیه‌خانه است که بالغ بر ۱۲ میلیون مترمکعب تولید آب تصفیه شده را برعهده دارند. این مقدار ۴۷ درصد تامین آب شهری و ۱۳ درصد تامین آب روستایی را شامل می‌شود. این تصفیه‌خانه‌ها با فرآیندهای متفاوت و متناسب با کیفیت آب ورودی طراحی شده و بهره‌برداری، طبق استاندارد جهانی آب و با دیدگاه تفکر سیستمی و مطابق علم روز در آن‌ها انجام می‌شود. در این راستا پکیج‌های آموزشی بهره‌برداران و کارشناسان تصفیه‌خانه‌های آب مطابق برنامه جهانی O'net و

با همکاری سازمان فنی و حرفه‌ای در حال تهیه و ارائه است. کیفیت آب خروجی از تصفیه‌خانه‌های آب در پارامتر کدورت خروجی (که بیانگر میزان راندمان تصفیه‌خانه است) در تمام تصفیه‌خانه‌های تحت نظارت در حد استاندارد بومی ایران است. در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب بالغ بر ۳/۵ میلیون مترمکعب در روز پساب تولید می‌شود که باتوجه به مبانی طراحی تصفیه‌خانه‌ها و موارد استفاده از این پساب‌ها برای مصرف در کشاورزی و یا تخلیه به آب‌های سطحی عمدتاً استانداردهای موردقبول پساب خروجی را تامین می‌نمایند. خصوصاً تصفیه‌خانه‌های جدیدالاحداث که طی چندسال اخیر طراحی و در مدار بهره‌برداری قرار گرفته‌اند اکثراً دارای فرایندهای تصفیه پیشرفته برای حذف ازت و فسفر بوده و قابلیت تخلیه به آب‌های پذیرنده را دارند. در ضمن این شرکت برای ارتقا و بازسازی تصفیه‌خانه‌های با قدمت بیشتر برنامه‌های جدی‌تری در دست مطالعه و اجرا، خصوصاً با استفاده از ظرفیت بخش خصوصی و منابع غیردولتی دارد.

🌟 برنامه خود را برای مدیریت و بهبود کیفیت آب آشامیدنی و پاسخگویی در برابر آن بیان کنید.

ماموریت ما در بخش کنترل کیفیت و بهداشت آب اطمینان از کیفیت آب در انطباق با استانداردهای ملی شامل تمامی عامل‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی، ریزآلاینده آلی و معدنی، بیولوژی و آلاینده‌های نوظهور در تمامی شهرها و روستاها از منابع تامین تا نقاط مصرف است. در این راستا و با هدف تغییر رویکرد از دیدگاه کنترل محصول نهایی به تضمین کیفیت در طی فرایند آبرسانی، از سال ۱۳۸۸ اجرای برنامه جهانی ایمنی آب (WSP) را مدنظر قرار داده و با همکاری وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی و دیگر دستگاه‌های ذی‌ربط، برنامه‌های لازم را برای شناسایی میزان و شدت خطر آلاینده‌هایی که می‌تواند منابع آبی را به مخاطره اندازد، اجرا کرده‌ایم. همچنین در جهت ارتقای مدیریت فرایندهای آزمایشگاهی در شرکت‌های آب و فاضلاب، ساز و کارهای کسب گواهی نامه ایزو ۱۷۰۲۵ در داخل کشور را تعریف و دقت و صحت نتایج آزمون‌ها را ارتقا دادیم. هدف‌گذاری ما در این حوزه پوشش کامل آزمون‌های کیفیت آب در بخش‌های منابع آب (سطحی و زیرزمینی)، تصفیه‌خانه‌ها، مخازن و شبکه توزیع آب با توسعه سخت‌افزاری و توسعه نرم‌افزاری است. این اهداف بدون توجه به نیروی انسانی میسر نخواهد شد. از این رو ظرفیت‌سازی نیروی انسانی در این بخش یکی از برنامه‌های اصلی ما است.

🌟 با توجه به گستردگی امور تحت پوشش این معاونت لطفاً مهمترین چالش‌ها و دغدغه‌های این حوزه در سطح کشور را بیان کنید.

سیر تاریخی مدیریت آب را در سه مرحله می‌توان بیان کرد: مرحله اول: مرحله‌ای که آب نسبت به تقاضا به وفور وجود دارد (آب یک کالای رایگان)،

مرحله دوم: مرحله‌ای که استفاده از آب و خدمات وابسته به آن گسترش یافته و تقاضا در حال افزایش روز افزون است (آب یک کالای اقتصادی)،

مرحله سوم: مرحله‌ای که جامعه به سطح حداکثر تنظیم جریان آب و توسعه منابع خود نزدیک می‌شود. در این مرحله، مسئله کمیابی منابع آب به چالشی اساسی تبدیل می‌شود (آب یک کالای استراتژیک).

با عنایت به روند فوق و با توجه به این که ما در کشوری با اقلیم نیمه‌خشک زندگی می‌کنیم که سرانه آب تجدیدپذیر آن در ۵۰ سال قبل حدود ۷۵۰۰ مترمکعب در سال برای هر نفر بوده و متأسفانه اکنون به حدود ۱۴۰۰ مترمکعب در سال به‌زای هر نفر کاهش یافته است. این امر طبعاً ما را به سمت منطقه‌ای خشک، سوق داده و بر روند تغییرات کیفی منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی تاثیر به‌سزایی داشته است. بنابراین موضوع خشکسالی و تغییر اقلیم به چالش و دغدغه اصلی ما تبدیل گشته است. از سوی دیگر هم‌اکنون ۵۸۴ شهر با جمعیتی در حدود ۲۰ میلیون نفر، تلفات آب بالاتر از میانگین کشوری دارند و در برخی مناطق برای تامین آب خطوط انتقال بین حوضه‌ای اجرا شده که تبعات اجتماعی خاص خود را داشته است. در نگاهی گذرا به مشکلات و محدودیت‌های پیش‌روی صنعت آب و فاضلاب که عمدتاً در بخش بهره‌برداری بیشتر ظاهر می‌شود، به موارد کلیدی زیر می‌توان اشاره نمود:

*اقتصاد آب و پساب و تعرفه‌های مربوطه؛

*جهت‌گیری نامناسب در بهره‌گیری از ظرفیت‌های بخش خصوصی؛

*عدم استقرار تفکر مهندسی در نظام‌های بهره‌برداری از جمله مدیریت توزیع و مدیریت مصرف؛

عدم توانایی نظام فنی و اجرایی در پاسخگویی کامل به مشکلات صنعت، ازجمله تامین منابع مالی دولتی برای بازسازی و ارتقای تاسیسات فرسوده و قدیمی و ایجاد ردیف اجرایی برای چنین طرح‌هایی.

☀ با توجه به وجود کمبود و بحران آب در اکثر استان‌های کشور، این امر چه تاثیری در بهره‌برداری از سامانه‌های موجود شرکت‌ها داشته است؟

خشکسالی در کشور ما یک حادثه نیست، بلکه بحرانی است که به واقعیت تبدیل شده است. از یک سو افزایش تقاضا برای آب شیرین و محدودیت منابع آب شیرین و از سوی دیگر، پراکندگی ناهمگون زمانی و مکانی این منابع در کشور و عدم هماهنگی آن با نیازهای زمانی و مکانی جمعیت به آب، چگونگی مدیریت آب را از زمینه‌های فنی و مهندسی گذرانده و به گستره‌های مدیریتی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و به‌ویژه سیاسی و امنیتی رسانده است.

از این‌رو، گام‌هایی موثر باید در راستای استفاده بهینه از آب برداشته می‌شد تا اقدام‌های مناسب، مانع بروز خسارت‌های گسترده و بزرگ شود. این امر ما را برآن داشت به سمتی برویم که بتوانیم مدیریت تقاضا و مصرف را با روش‌هایی چون کاهش آب بدون درآمد، استفاده از فرآیندهای تصفیه با کمترین تلفات، استفاده از لوله‌های بدون نشت، ارتقای سامانه‌های فاضلاب برای ورود پساب‌ها به چرخه مصرف در صنعت و کشاورزی اعمال کنیم.

☀ نتایج اقدامات شما در مورد مدیریت مصرف و تقاضا چیست؟ چه مقدار توانستید مصرف آب را کم کنید؟ و با چه موانعی روبرو هستید؟

مدیریت بهینه مصرف آب فعالیتی چندوجهی است که برای رسیدن به اهداف آن، اقدامات متعددی توسط تمام آحاد جامعه اعم از قانونگذار، مجریان دولتی و قضایی، نهادهای آموزشی، رسانه‌های عمومی و خصوصی و تمامی مردم جامعه باید انجام شود تا بتوان به نتایج قابل‌قبولی دست یافت. اصلاح الگوی مصرف آب صرفاً توسط وزارت نیرو برای عبور از بحران‌های سال‌های آتی کافی نیست و در سه بخش اساسی اعم از تعرفه و قانونگذاری، فرهنگی و تبلیغاتی و فنی و مهندسی، کلیه سازمان‌های دولتی و حکومتی باید همکاری نمایند تا بتوان در کل جامعه مدیریت بهینه مصرف آب را بهینه کرد.

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به‌عنوان یکی از متولیان این مقوله بسیار مهم با استفاده از امکانات در اختیار، اقدامات متعددی از جمله تدوین آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های متعدد در بخش‌های مختلف، تدوین استانداردهای تجهیزات کاهنده مصرف، حمایت از تولیدکنندگان تجهیزات کاهنده مصرف با خرید داخلی این تجهیزات، تدوین برچسب آب مشابه

برچسب انرژی، انجام فعالیت‌های فرهنگی و تبلیغاتی در سطح کشور، مبادله تفاهم‌نامه با سازمان نظام مهندسی برای نظارت بر تاسیسات آب و فاضلاب اماکن، مبادله تفاهم‌نامه با وزارت کشور به‌منظور جداسازی سامانه آبیاری فضای سبز از آب شرب، مدیریت بهینه آب در شبکه‌های توزیع از طریق کنترل و کاهش هدررفت و مدیریت تولید و توزیع آب و اقدامات متعدد دیگری انجام داده است که گذر از تابستان‌های کم آب گذشته و عدم مواجهه شهرهای کشور با مشکلات حاد کم آبی، نتیجه این اقدامات و همکاری آحاد مردم شریف ایران در این موضوع مهم بوده است. در کشور ایران در حال حاضر سرانه کل مصارف (خانگی، تجاری، صنعتی، عمومی) در حدود ۲۰۵ لیتر به‌ازای هر نفر در شبانه‌روز و سرانه مصرف خانگی در حدود ۱۵۷ لیتر به‌ازای هر نفر در شبانه‌روز است.

یکی از مشکلات اساسی در این خصوص در کشور ایران عدم ارزش‌گذاری واقعی آب و فاصله زیاد بین قیمت تمام‌شده و فروش آب است. این موضوع علاوه بر این که مشتریان را به مدیریت بهینه مصرف آب ترغیب نمی‌کند، ضررهای مالی فراوانی را نیز به شرکت‌های آب و فاضلاب که متولی توزیع آب شرب سالم و بهداشتی در جامعه هستند وارد می‌نماید که ارائه خدمات استاندارد و پایدار متناسب با نیازها را با مشکل مواجه می‌کند.

☀ **ضرورت تشکیل انجمن آب و فاضلاب ایران و نقشی که می‌تواند در حوزه آب و فاضلاب ایفا کند را بیان کنید.**

ارتباط بین متخصصین حرفه‌ای آب و فاضلاب در کشور به‌منظور توسعه و گسترش خط‌مشی‌های موثر پایدار مدیریت آب و فاضلاب بیانگر ضرورت تشکیل این انجمن است که می‌تواند به ارائه خدمات مشاوره‌ای در زمینه سیاست‌گذاری و توصیه‌های عمومی به سازمان‌هایی که در امور مدیریت منابع آب، بهداشت عمومی و محیط‌زیست به فعالیت می‌پردازند، کمک کند. همچنین این انجمن در ارتقای سطح تبادل اطلاعات از طریق فعالیت‌های مشترک و گروهی بین کارشناسان و برگزاری جلسات، نمایشگاه‌ها و انتشار مقالات در زمینه تحقیق، آموزش، مهندسی و مدیریت و توسعه، منبع مرکزی اطلاعات برای کمک به گسترش تحقیقات هدفمند و شرایط محیط‌زیست پایدار نقش مهمی می‌تواند ایفا کند.

☀ **به نظر می‌رسد ساختار بهره‌برداری و شرح وظایف تعریف‌شده برای دفاتر آن، مربوط به سال‌های اولیه**

تشکیل این معاونت است و با گذشت زمان و گسترش تأسیسات و ورود رویکردهای مدیریتی و اجرایی و تجهیزات جدید، همچنان ساختار گذشته پا برجاست. از سویی به نظر می‌رسد توازن کاری در حوزه‌های این معاونت برقرار نیست. به طور مثال، دفتر بهره‌برداری آب، به تقریب ۷۰ تا ۸۰ درصد کل تأسیسات شرکت‌ها را از چاه‌ها و تصفیه‌خانه‌ها گرفته تا شبکه و مخازن، ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال و... مدیریت می‌کند. ایده شما برای ارتقا و بهبود سازمان بهره‌برداری چیست و به نظر شما ساختار بهینه بهره‌برداری چگونه باید باشد؟ بهره‌برداری، هنر بهره‌وری و حفظ سرمایه ملی است که توسط بخش مهمی از پیکره انسانی شرکت‌ها، که خواسته و ناخواسته درگیر آن هستند، به انجام می‌رسد. از این رو توجه به نیروی انسانی این بخش که طیف گسترده و گوناگونی از کارگران ساده و ماهر، تکنسین‌ها، کارشناسان اجرایی و ستادی و رده‌های گوناگون مدیریتی را شامل می‌شوند، برجسته‌تر می‌نماید.

در نگاه به سازمان، آن‌چه در وهله‌ی نخست دیده می‌شود، دارایی‌های فیزیکی آن است، زیرا آن‌ها ملموس‌اند و مشهود و در وهله بعد اندیشه، اما آن‌که واقعاً بر دیگری تسلط دارد، اندیشه است. اندیشه با وجود نامشهود بودنش، در واقع حرکت‌دهنده دارایی‌های فیزیکی است و به بیان دقیق‌تر، این اندیشه است که دارایی‌های فیزیکی را گردهم آورده و به آن‌ها جان می‌بخشد. بنابراین ضروری است طرح و گسترش مفاهیمی همچون "ریسک‌پذیری، کشف و مدیریت استعدادها، جانشین‌پروری، پرورش و توسعه کارکنان، شایسته‌سالاری و توجه جدی به نظام‌های کنترل و سنجش عملکرد، فرآیندهای استخدام، برون‌سپاری نظام‌مند فعالیت‌ها" با ایجاد و تقویت بخش‌های پیمانکاری بهره‌برداری، ارتقا و برنامه‌ریزی آموزشی کارکنان با اهتمام جدی به مقوله توسعه منابع انسانی بهره‌بردار دنبال شود.

یکی از نیازهای مهم حوزه بهره‌برداری لزوم تدوین استانداردها، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی و چک‌لیست‌ها، آموزش مستمر پرسنل و لزوم مستندسازی وضعیت موجود است. با توجه به گستردگی امور بهره‌برداری، چه برنامه‌هایی در این زمینه دارید؟ به نظر شما در این زمینه‌ها چه فعالیت شاخصی انجام شده است؟ و چه مقدار از توان انجمن‌های علمی نظیر انجمن آب و فاضلاب در این زمینه استفاده شده است؟

تهیه دستورالعمل‌های بومی راهبری و نگهداری برای تمام تأسیسات در راستای ساماندهی به اپراتوری و راهبری و ظرفیت‌سازی در این حوزه از طریق بهره‌گیری از مستندات علمی و کاربردی بین‌المللی، انجام بازدیدهای تخصصی داخل و خارج از کشور، برگزاری کارگاه‌های سالیانه تخصصی و کارگروه‌های منطقه‌ای همواره در دستور کار این معاونت بوده است. تدوین ۷ جلد کتاب جامع بهره‌برداری در ۷ حوزه تخصصی این بخش، حرکت قابل‌توجه و نقطه عطفی در این حوزه می‌باشد که به‌عنوان ابزار کار در اختیار تمامی مدیران در شهرها و روستاهای سراسر کشور قرار گرفته است. لیکن ضعف در تدوین و مستند ساختن تجربه‌ها یکی از خلاءهای بهره‌برداری است که باید به جد به آن اهتمام شود. تجربه‌های مستند، همانند چراغی به تصمیم‌گیران در شناخت راه‌های ممکن و بن‌بست‌ها کمک می‌کنند. به‌طور سنتی و بر مبنای یک فرهنگ نادرست، بیان تجربه‌ها، نشان‌دهنده کارنامه و عملکرد تلقی می‌شود. از این رو غالباً از بیان تجربه‌های ناموفق در تصمیم‌گیری‌های آتی به اندازه تجربه‌های موفق ارزشمندند، پرهیز می‌شود. درحالی‌که پیشگیری از اقدام‌های ناموفق، براساس تجربه‌های ناموفق، به همان اندازه اقدام برپایه تجربه‌های موفق، با ارزش است. در این خصوص با بهره‌گیری از ظرفیت نهادهای علمی و تعامل مابین بخش بهره‌برداری و آن‌ها که در حل مسائل بهره‌برداری تأثیرگذار هستند، سعی شده نسبت به کاهش چالش‌های پیش‌رو اقدام شود.

🌟 به نظر می‌رسد مفاهیمی چون بهره‌برداری، نگهداری، تعمیرات و بازسازی و نوسازی اجزای سیستم‌ها هنوز به‌طور علمی در سطح بسیاری از شرکت‌ها هنوز جا نیفتاده است و دیدگاه کارگری و سنتی هنوز در بخشی از سیستم‌ها وجود دارد که باعث کاهش راندمان سیستم می‌شود. برنامه شما در این زمینه چیست؟

عدم استقرار تفکر مهندسی در نظامات بهره‌برداری موجب شده تا بسیاری از فعالیت‌ها با روش سنتی انجام شود، در حالی‌که بیشترین داده‌ها در بخش بهره‌برداری تولید می‌شود، ولی مورد تحلیل قرار نمی‌گیرد تا بتواند در پروژه‌های اصلاح و بازسازی و مدیریت مصرف اثربخشی لازم را داشته باشد. در یک نگاه کلی، اطلاعات و مدیریت آن یکی از ضعف‌های اساسی کشورهای در حال توسعه و وجه تمایز آن‌ها با کشورهای توسعه یافته است. علاوه بر آمار و ارقام روزآمد، عملکرد و برنامه‌ها، دانش و مستندات علمی و چگونگی تحلیل، پیاده‌سازی و بازیابی آن‌ها

نیز در زمره مدیریت اطلاعات قرار دارد.

در حقیقت تفکر، برنامه، اقدام و استنباط هر انسان در بستری از اطلاعات انجام می‌شود. بدیهی است هرچه اطلاعات، با مفهوم و اجزای آن، دقیق‌تر و گسترده‌تر باشد، قدرت تصمیم و اقدام نیز بیشتر خواهد بود. از این‌رو سعی شده، ضمن تبیین جایگاه اهمیت تولید آمار و اطلاعات روزآمد، به چگونگی مدیریت، تلخیص، بازخورد داده‌ها و بهره‌گیری از آن در راهبری تاسیسات نیز بپردازیم. موارد مطرح‌شده موجب شد تا نظام جامع بهره‌برداری از سامانه‌های آب و فاضلاب با هدف تدوین نظام‌های مدیریتی و سازوکارهای موردنیاز برای تحول شرکت‌های آب و فاضلاب از وضعیت فعلی به شرکت‌های بهره‌برداری محور در دستور کار این معاونت قرار گیرد. این پروژه بر اساس مطالعات، بررسی‌ها و تبادل نظرهای گسترده و عمیق میان مسوولین و دست‌اندرکاران بهره‌برداری آب و فاضلاب در سطح شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و مدیران عامل منتخب شرکت‌های آب و فاضلاب و نیز کارشناسان ذی‌ربط تعریف شده است. هدف راهبردی این پروژه عبارت است از انطباق آگاهانه و خلاق شرکت‌های آب و فاضلاب با کاستی‌های سیستماتیک منابع آب و محدودیت‌های منابع مالی.

❁ قیمت بسیار ناچیز آب چه تاثیراتی بر نحوه بهره‌برداری از سامانه‌های آب و فاضلاب گذاشته است؟

در حال حاضر قیمت تمام شده آب و خدمات ارائه شده با میانگین قیمت فروش آب، تفاوت معناداری دارد و این شرایط باعث شده است شرکت‌های آب و فاضلاب متأسفانه همه‌ساله با زیان‌های قابل‌ملاحظه‌ای روبه‌رو باشند.

در حال حاضر به دلیل فقر نقدینگی و عدم تامین اعتبارات دولتی، افزایش جمعیت (مشترکان)، کاهش منابع آبی پایدار، آلودگی محیط زیست، فرسودگی بخش زیادی از شبکه‌های تامین و توزیع آب، برای آن‌که بتوان خدمات مشترکین را به‌صورت مستمر به آنان ارائه دهیم، موضوع اقتصاد آب باید به‌صورت جدی دیده شود. همچنین باید تاسیسات را به‌صورت دوره‌ای و در قالب تعمیرات اضطراری، پیشگیرانه و یا تعمیرات اساسی، به‌خوبی حفظ و نگهداری کنیم. در حال حاضر میانگین سهم آب در سبد خرید خانواده‌ها فقط نیم درصد است که با سایر هزینه‌های زندگی به هیچ‌وجه تناسب ندارد. ضمن آن‌که در محاسبه آب‌بها نیز به ابعاد عدالت اجتماعی آن کاملاً توجه و مصارف شرب و بهداشتی مردم به نرخ عادلانه محاسبه و دریافت می‌شود.

❁ با توجه به رویکرد برون‌سپاری فعالیت‌های بهره‌برداری در سطح شرکت‌های آب و فاضلاب، متأسفانه مشاهده می‌شود در برخی موارد به دلیل عدم برآورد صحیح از هزینه فعالیت‌ها و عدم نظارت صحیح، کیفیت خدمات شرکت‌ها تحت تاثیر قرار گرفته است. برنامه شما برای رفع این نقیصه چیست؟

برون‌سپاری در صنعت آب و فاضلاب یک موضوع جدی است. در این صنعت افزون بر ۴۵ هزار میلیارد تومان دارایی ایجاد شده است و برای نگهداری و بهره‌برداری بخش عمده‌ای از تأسیسات، از ظرفیت‌های بخش خصوصی استفاده می‌شود و نظارت‌های لازم نیز در این خصوص صورت می‌گیرد. با این حال امروزه متأسفانه قراردادهای واگذاری تأسیسات به بخش خصوصی از بازدهی مطلوب برخوردار نیست و ما برای آن‌که بتوانیم پیمانکاران باتجربه و تخصص‌های لازم برای واگذاری تأسیسات را انتخاب کنیم، نظام تعیین صلاحیت پیمانکاران در صنعت آب و فاضلاب را به اجرا گذاشته‌ایم که بر این اساس، پیمانکاران برپایه الزامات تعریف شده به لحاظ تجهیزات و دانش فنی انتخاب می‌شوند. در حال حاضر ۳۵۸ گواهی‌نامه تأیید صلاحیت برای پیمانکاران بهره‌برداری از تأسیسات آبرسانی و تأسیسات آب و فاضلاب صادر شده است. گام بعد در این خصوص بازنگری قراردادهای و تغییر قراردادهای موجود که بیشتر متکی بر تامین نیروی انسانی است به قراردادهایی بر مبنای انجام فرآیند می‌باشد.

❁ برای مطالعه و محاسبه و کاهش اجزای آب بدون درآمد در طول ۲۰ سال اخیر فعالیت‌های زیادی صورت گرفته است ولی متأسفانه در برخی از شهرها و استان‌ها دیدگاه‌های درست و علمی در این زمینه وجود ندارد و فعالیت‌های لازم در خصوص کاهش تلفات صورت نمی‌گیرد. در زمینه توجیه مدیران و آموزش لازم به آن‌ها و کارشناسان در کنار تامین منابع مالی چه اقدامات درخوری صورت گرفته است؟

با توجه به موفقیت حاصل شده از به‌کارگیری استانداردهای IWA در کشورهای مختلف، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور ایران نیز از سال ۱۳۸۳ بر آن شد تا از این استانداردها برای مدیریت و ارزیابی هدررفت در شبکه‌های شرکت‌های تابعه خود با فرمت بالانس آب استفاده نماید. اگرچه انجام فعالیت‌های مرتبط با کاهش آب بدون درآمد بسیار هزینه‌بر است ولی در طی سال‌های گذشته سعی شده است تا با تمرکز فعالیت‌ها

در شهرهای بالای ۳۰ هزار مشترک که بیشترین سهم تولید و میزان آب بدون درآمد را به خود اختصاص داده‌اند بیشترین اثر بخشی حاصل شود. در همین راستا در جهت آموزش و به‌روزرسانی اطلاعات نیروی انسانی اقدامات متعدد شاخصی در کنار تامین منابع مالی به شرح زیر انجام شده است:

- انعقاد تفاهم نامه با مرکز همکاری‌های خاورمیانه‌ای ژاپن (JCCME) جهت ارتقای سطح علمی کارشناسان و مدیران صنعت آب و فاضلاب در همه زمینه‌ها علی‌الخصوص کاهش آب بدون درآمد و برگزاری دوره‌های آموزشی در کشور ژاپن؛
- برگزاری دوره‌های آموزشی کاهش آب بدون درآمد در داخل کشور و با همکاری موسسات آموزشی؛
- برگزاری جلسات کمیته راهبری و هماهنگی آب بدون درآمد روستایی در قالب کارگروه‌های استانی در زمینه مسائل مرتبط با مدیریت مصرف و آب بدون درآمد؛
- تشکیل کارگروه تخصصی تدوین مشخصات فنی کنتور و فلومتر؛

- انعقاد تفاهم‌نامه با مرکز منطقه‌ای آب شهری به‌منظور آموزش و بازدید مدیران و کارشناسان آب بدون درآمد از تاسیسات آب کشورهای توسعه یافته؛

- همکاری با انجمن آب و فاضلاب ایران و دانشگاه شهید بهشتی در برگزاری همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب در تهران با حضور کلیه معاونین بهره‌برداری، مدیران و کارشناسان آب بدون درآمد کشور (شهری و روستایی) و برگزاری نمایشگاه تخصصی.

همچنین بودجه سال ۱۳۹۷ شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در بخش مدیریت مصرف با تمرکز بر انجام فعالیت‌های تاثیرگذار در ۱۴۰ شهر پروژه محور با جمعیتی بالغ بر ۳۰ میلیون نفر که دارای بیشترین میزان آب بدون درآمد و تنش هستند، تنظیم و براین اساس پروژه‌های مرتبط با کاهش آب بدون درآمد با اهداف مشخص در هریک از شهرهای مذکور تعریف و مقرر شده است با تمرکز بر انجام فعالیت‌های تاثیرگذار در این شهرها اهداف مشخص شده احصا شود.

☀ با وجود این‌که در بسیاری از شبکه‌ها و تصفیه‌خانه‌ها از آخرین دانش و تکنولوژی روز استفاده شده است ولی متأسفانه مشاهده می‌شود به دلیل نقص در طراحی یا عدم تطابق کامل آن با شرایط بومی کشور و یا بهره‌برداری غیراصولی، راندمان برخی از تاسیسات در حد انتظار نیست و برای مردم و محیط زیست مشکلاتی را ایجاد کرده است.

برای رفع این مشکل راهکاری پیشنهاد می‌دهید؟

در یک فرآیند صحیح مهندسی، ایجاد و اجرای طرح‌های جدید، باید بر پایه بازخورد و تجزیه و تحلیل فعالیت‌های بهره‌برداری صورت گیرد. در آن صورت نقیصه‌ها و کاستی‌های طرح‌های مشابه پیشین، در طرح‌های آتی مرتفع می‌شود و فرآیند توسعه، مبتنی بر نیازها و واقعیت‌ها رخ خواهد داد. از این‌رو باید از خلاقیت‌های بهره‌برداری که به سهولت و سرعت کار، کاهش هزینه‌ها و بهبود خدمت‌رسانی منجر می‌شود، بهره جست. از دیگر سوی، تأیید پروژه‌های اجرا شده توسط بهره‌برداری به کاهش نقیصه‌های اجرا شده، خواهد انجامید که باید به‌جد مورد توجه قرار گیرد.

در کشور ما بسیاری از طرح‌های توسعه، عموماً بر اساس الگوبرداری از طرح‌هایی است که در کشورهای دیگر تجربه و مستند شده است. چنین الگوبرداری‌هایی که گاه با واقعیت‌ها و نیازهای کشور ما همخوانی ندارد، همراه با ضعف در اجرا و پیاده‌سازی آن‌ها، سبب می‌شود تا پس از افتتاح و آغاز به کار طرح، نقیصه‌های آن به بهره‌برداران منتقل شود. به‌طور سنتی ملاک ارزش‌گذاری و ارزیابی عملکرد، اقدام‌های توسعه‌ای است. این امر سبب شده است تا رویکرد غالب در شرکت‌های آبفا، مبتنی بر توسعه باشد و حال آن‌که ماهیت این شرکت‌ها طبق قانون، بهره‌برداری است. انتظار می‌رود با تغییر تدریجی این رویکرد و با تکیه بر نگرش مدیریت دارایی‌های فیزیکی، ملاحظات و شرایط بهره‌برداری از تاسیسات در مبانی امکان‌سنجی و مطالعه و طراحی آن‌ها لحاظ شود و طرح‌های توسعه‌ای با حداقل بدهی فنی به بهره‌برداری برسند.

اتصال زانوی انعطاف پذیر

با قابلیت تغییرات زاویه‌ای، انبساطی و انقباضی به صورت تک توپ و دو توپ

مخترع: هاشم نوروزیان (شرکت نشکن ریزان آسیا)

شماره اختراع: ۹۳۷۳۷ مورخ ۱۳۹۵/۸/۲۱

به انتخاب شرکت آب و فاضلاب استان تهران



شکل ۱- طراحی متنوع از زانوی انعطاف پذیر



شکل ۲- مرحله ای از طراحی و ساخت تویی زانوی انعطاف پذیر

هنگام تعویض و یا برداشتن انواع شیرآلات، اتصالات و یا تأسیسات قدیمی در خطوط لوله، علاوه بر فاصله ایجاد شده بین اتصالات، گاهی نشست لوله‌ها باعث ایجاد تغییر زاویه و یا تغییرات مسیر لوله‌ها شده که در این صورت از بین بردن

زانوی انعطاف پذیر تولید شده در شرکت دانش بنیان نشکن ریزان آسیا، یکی از اتصالات کاربردی برای بهبود فرآیند تعمیرات و بهره‌برداری در خطوط انتقال آب و فاضلاب است. از کاربردهای عمده این زانوی انعطاف پذیر، استفاده در نقاط خم برای اتصال لوله‌ها و سایر تأسیسات در مسیر خطوط انتقال است. زانوهای استاندارد فعلی که در صنعت آب و فاضلاب استفاده می‌شوند، با زوایای ثابت ۱۱، ۲۲، ۴۵ و ۹۰ درجه موجود هستند. بدیهی است هنگام استفاده از این زانوها در نقاطی که زاویه بین دو اتصال خارج از زوایای قید شده باشد، نصب این زانوها، غیر استاندارد بوده و عدم آب‌بندی در نقاط اتصال را به همراه خواهد داشت. تغییرات زاویه‌ای ۴۴ درجه‌ای این زانوها باعث می‌شود تا در مواقع ضروری با نصب منحصر به فرد یا ترکیبی از نصب این زانو با سایر زانوهای ثابت، تمامی زوایای احتمالی هنگام تعمیرات و بهره‌برداری پوشش داده شود.

مشخصات فنی

- اندازه از DN 50 تا DN 1000؛
- مناسب برای کاربرد در رده فشار کاری PN ۱۰ تا PN ۲۵؛
- مناسب برای نصب بر روی لوله‌های چدن نشکن، فولادی، پی‌وی‌سی و پلی‌اتیلن فشرده (HDPE)؛
- جنس بدنه از چدن نشکن مطابق استاندارد DIN EN ۱۵۶۳؛
- جنس واشر آب‌بند از EPDM و یا NR؛
- حداکثر تا $\pm 22^\circ$ درجه انحراف به صورت منحصر به فرد؛
- اتصالات انتهایی می‌توانند از نوع فلنجی، بولتد گلدن، تایتون، ساده و یا ترکیبی از دو نوع باشند؛
- برای لوله‌های فولادی می‌توان از فلنج‌های جوشی استفاده نمود.

انحراف حاصل از آن و نصب ابتدا و انتهای لوله‌های باقی‌مانده با استفاده از اتصالات استاندارد موجود تقریباً غیر ممکن است. در حال حاضر این مشکل به صورت غیراستاندارد با اتصالات معمولی موجود و گاهی اوقات تولید اتصالات فولادی با زوایای خاص برطرف خواهد شد. نظر به این که زمان تعمیرات و آب‌بندی اتصالات بعد از نصب در خطوط انتقال بسیار حائز اهمیت است، استفاده از اتصالات معمولی اغلب همراه با اتلاف وقت و هزینه خواهد بود.

اتصال زانوی انعطاف‌پذیر شرکت نشکن‌ریزان آسیا با قابلیت تغییرات خطی، راه‌حل مناسبی برای این مشکل ایجاد کرده است. این اتصال قادر است برای جبران نشت لوله‌های حین نصب، به صورت مفصلی تا $\pm 22^\circ$ درجه بچرخد. علاوه بر این، برای جبران فاصله ایجاد شده بین فلنج‌های انتهایی، این اتصال قادر خواهد بود حداکثر تا ۱۰۰ میلیمتر و یا بیشتر (بسته به سفارش مشتری) به صورت تلسکوپی جابجا کند.

این اتصال برخلاف اتصالات قابل پیاده (Dismantling Joints) موجود در بازار که بعد از نصب توسط میله پیچ و مهره مهار می‌شوند، دارای آزادی خواهد بود و قادر است تا در صورت نشست‌های خفیف زمین در نقاط نصب شده، با تغییرات زاویه‌ای و خطی خود، خطوط لوله را از ایجاد تنش و بروز شکست‌های احتمالی مصون دارد.



شکل ۳- حداکثر تغییرات درجات



شکل ۴- قابلیت افزایش طول زانویی



شکل ۵- قابلیت اتصال دو قطعه برای انعطاف پذیری بیشتر

تویی شیرهای تخلیه هوا

مخترع: رضا اشترزاده

شماره اختراع: ۸۷۷۶۷ مورخ ۱۳۹۴/۱۰/۲۸

به انتخاب شرکت آب و فاضلاب استان تهران



شکل ۱- نمای برش خورده شیر و متعلقات

شیر تخلیه هوا یکی از تجهیزاتی است که در تأسیسات آب و فاضلاب به کار گرفته می‌شود. این شیر در خطوط شبکه، خطوط انتقال و ایستگاه‌های پمپاژ برای خروج هوای حبس شده در آن‌ها استفاده می‌شود. در صورتی که تویی که شیر درست عمل نکند، بروز مشکلات ذیل را به همراه خواهد داشت:

- تعداد اتفاقات در شبکه توزیع، خطوط انتقال و ایستگاه‌های پمپاژ افزایش می‌یابد؛
- به دلیل رخداد مسائل هیدرولیکی در خطوط، قطع جریان آب اتفاق خواهد افتاد؛
- از منفذ خروجی هوا، هدررفت (پرت) آب ایجاد می‌شود؛
- هزینه‌های خرید و تعمیر و نگهداری افزایش می‌یابد.

مشخصات فنی

- مقاوم در برابر ضربه، خوردگی و حرارت؛
- بر روی کیفیت آب تأثیری ندارد؛
- تا زمانی که شیر پابرجاست تویی به کار خود ادامه می‌دهد، حتی بیشتر از عمر شیر.

اشکالات تویی‌های نسل قدیم

- نفوذ آب به داخل تویی؛
- شکستن تویی؛
- فلزی بودن جنس تویی.

تأثیرات خراب بودن تویی‌های نسل قدیم

- خوردگی تأسیسات؛
- آبدهی.



راهنمای طراحی لرزه‌ای شبکه و خطوط فاضلاب

کارفرما: شرکت فاضلاب تهران

مجری: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی

و مهندسی زلزله

سال اجرا: ۱۳۹۳-۱۳۹۵

۱- مقدمه

پذیرفته شده باشد. در این دستورالعمل ضمن توجه به حفظ سهولت به‌کارگیری معیارها، بنابراین است تا طراح با طراحی ایمن سامانه، از ایجاد شرایط بحرانی اجتناب نموده و ایمنی جانی افراد را در زمان وقوع زلزله‌های شدیدتر هم آورد.

۳- محدوده کاربرد

این دستورالعمل به‌منظور طراحی لرزه‌ای مجاری مدفون فاضلاب و ملحقات آن شامل لوله‌ها، آدم‌روها، تونل‌های فاضلاب و اتصالات در شبکه فاضلاب شهر تهران تدوین شده است. در مواردی که در این دستورالعمل ذکر نشده، لازم است مهندس طراح با بررسی ضوابط و معیارهای فنی موجود بین‌المللی و ملی به انتخاب بهترین روش و به‌کارگیری آن بپردازد.

۴- ساختار دستورالعمل

این دستورالعمل در ۷ فصل تدوین شده است که پس از اعلام کلیاتی در فصل ۱، در فصل ۲ براساس نوع خطر لرزه‌ای موردنظر نکات لازم برای انتخاب ورودی لرزه‌ای ارائه شده است. در فصل ۳ روش تحلیل لرزه‌ای مجاری فاضلاب مورد بحث قرار گرفته و در فصل ۴ روابط طراحی لرزه‌ای لوله‌های مدفون فاضلاب آورده شده است. در فصل ۵ ضوابط لازم برای طراحی لرزه‌ای تونل‌های فاضلاب ارائه شده و فصل ۶ شامل روش طراحی و روابط لازم برای طرح لرزه‌ای آدم‌روها است. فصل ۷ این دستورالعمل به ارائه مشخصات فنی اجرایی مورد توجه برای عملکرد مطلوب مجاری مدفون و نمونه‌هایی از جزئیات فنی پیشنهادی می‌پردازد. در انتهای این دستورالعمل نیز نتایج آزمایشات انجام شده توسط مجری پروژه در محل آزمایشگاه سازه پژوهشگاه بین‌المللی مهندسی زلزله و زلزله‌شناسی انجام شد، آورده شده است.

مطالعه عملکرد لرزه‌ای شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب به دلیل گستردگی، اهمیت کاربری و پیامدهای شکست احتمالی از ضرورت زیادی برخوردار است. شبکه فاضلاب شهر تهران با طول برآورد شده ۹۰۰۰ کیلومتر دارای همه حساسیت‌های فوق تحت تاثیر انواع پیامدهای گذرا یا ماندگار ناشی از وقوع زلزله در شهر تهران است. همچنین نگاهی به خسارت‌های احتمالی مستقیم و غیرمستقیم ناشی از آسیب‌های لرزه‌ای در این شبکه اهمیت توجه به این موضوع را بیشتر کرده است. شکست احتمالی در برخی نقاط شبکه حتی ممکن است به وقوع بحران در شهر بیانجامد. این اتفاقات در بستری لرزه‌خیز و با حضور چشمه‌های لرزه‌ای متعدد و گسل‌های فعال شناسایی شده در محدوده شبکه فاضلاب این شهر بسیار قابل اعتنا تر می‌شود.

دستورالعمل حاضر با همکاری مشترک شرکت فاضلاب تهران و پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تدوین شده است. در این دستورالعمل سعی شده تا با مرور دقیق ضوابط و دستورالعمل‌های معتبر و مرتبط بین‌المللی و ملی از یک سو و شرایط اجرایی و مشخصات فنی مجاری فاضلاب در ایران، ضوابطی برای طراحی و ارزیابی مجاری مدفون فاضلاب در شهر تهران به‌روشی در حد امکان ساده ارائه شود. در عین حال در روابط ارائه شده سعی شده تا سادگی روابط موجب کاهش قابلیت اطمینان آن‌ها نشود.

۲- هدف دستورالعمل

این دستورالعمل به‌گونه‌ای تدوین شده که در صورت وقوع زلزله بر مبنای طراحی انجام شده، ایمنی و عملکرد مطلوب مجاری با اهمیت زیاد تامین شود. همچنین در این شرایط در مجاری معمول فاضلاب، آسیب‌های محدود و قابل کنترل،

۵- دسته‌بندی مجاری

اهمیت مجاری در سطح عملکرد لرزه‌ای مورد انتظار و شدت لرزه‌ای مبنای طراحی آن موثر است. در این دستورالعمل، میزان اهمیت مجاری براساس رده‌بندی صورت‌گرفته مطابق جدول ۱ مشخص می‌شود.

جدول ۱- رده بندی مجاری

قطر (میلی‌متر)	کاربری	رده مجرا
کمتر از ۲۰۰	انشعابات	۱
۲۰۰ تا ۴۰۰	فرعی	۲
۴۰۰ تا ۹۰۰	نیمه اصلی	
۹۰۰ تا ۱۴۰۰	اصلی	۳
۱۴۰۰ و بیشتر	تونل ها و خطوط انتقال	

۶- آزمایش‌های لوله و اتصالات مجاری شبکه فاضلاب

به‌منظور بررسی مقاومت کششی و فشاری بدنه لوله و اتصالات در هنگام اعمال بارهای رفت و برگشتی، انجام آزمایشات زیر بر روی لوله و اتصالات معمول مورد استفاده در شبکه‌های فاضلاب انجام شد:

- آزمایش مقاومت بدنه لوله پلی‌اتیلن در هنگام اعمال بارهای رفت و برگشتی؛
- آزمایش مربوط به مقاومت اتصال نر و مادگی در مقابل بارهای رفت و برگشتی؛
- آزمایش مربوط به مقاومت اتصال نر و مادگی در مقابل چرخش اتصال؛
- آزمایش مربوط به مقاومت اتصال اکستروژن در مقابل بارهای رفت و برگشتی؛

- آزمایش مربوط به انشعاب خانگی (سیفون)؛

- آزمایشات مربوط به تعیین مشخصات مصالح لوله.

آزمایش‌های فوق بر روی لوله‌های پلی‌اتیلن مورد استفاده در شبکه جمع‌آوری فاضلاب انجام شد. البته قبل از انجام این آزمایش‌ها، آزمایش‌های مربوط به مقاومت مصالح لوله‌ها صورت گرفت. داشتن اطلاعات مقاومتی و معیارهای جاری شدن و گسیختگی برای مهندسين طراح در شرکت‌های مشاور بسیار ضروری است، بنابراین آزمایش تعیین مقاومت و به‌دست آوردن منحنی رفتاری تنش-کرنش برای دو نمونه از مصالح لوله‌ها انجام

گرفت. با توجه به این‌که تجربه زلزله‌های گذشته نشان داده است که لوله‌های شبکه آب و فاضلاب نه تنها در خود شبکه، بلکه در محل اتصال انشعابات نیز ممکن است دچار آسیب شود، در این راستا، بررسی مقاومت انشعاب خانگی نیز با نظر کارفرمای محترم در دستور کار آزمایشات انجام شده در این پروژه قرار گرفت. بنابراین در یکی از آزمایش‌ها نیز به بررسی رفتار انشعابات خانگی در هنگام اعمال بارهای لرزه‌ای پرداخته شد.



شکل ۱- تغییر شکل سیفون در مراحل مختلف بارگذاری محوری در فشار



شکل ۲- چرخش اتصال نر و مادگی به‌همراه تغییر شکل‌ها و نشست سیال داخل لوله

۶- جمع بندی

بدون شک این دستورالعمل که اولین اقدام تخصصی شرکت فاضلاب تهران در راستای کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای این شبکه‌ها است، با توجه به تجربیات محدود در این زمینه در کشور خالی از اشکال نیست. امید است تا با اجرای آن در اولین مرحله بازخوردهای حاصل موجب ارتقای آن و رفع اشکالات موجود شود.



رتبه اول مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۶ در مقطع کارشناسی ارشد

(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)

عنوان: بررسی آزمایشگاهی رابطه نشت - فشار در شبکه های توزیع آب شهری

نگارش: سید احمد رضا شاهنگیان

استاد راهنما: دکتر مسعود تابش

محل: دانشگاه تهران، پردیس دانشکده های فنی، دانشکده مهندسی عمران

رشته: مهندسی عمران - گرایش محیط زیست

زمان دفاع: ۱۳۹۴

چکیده

بررسی قرار گرفته و پارامترهای آن در ابعاد مختلف مورد بحث قرار گرفته است. در این راستا پس از مرور تحقیقات پیشین و انجام مطالعات پایه در زمینه رابطه نشت - فشار، مجموعه آزمایشگاهی با استفاده از لوله های فولادی و پلی اتیلن به قطر ۱۱۰ میلی متر طراحی و ساخته شد. آزمون های متعددی بر روی یک لوله فولادی با منافذ نشت به صورت سوراخ و یک لوله پلی اتیلن با نشت مصنوعی به شکل ترک، در حالت تخلیه به هوای آزاد، بدون هیچ مانعی در برابر جریان خروجی آب و به ازای فشارهای مختلف انجام شده است. در ادامه به دلیل محدودیت های آزمایشگاهی و به منظور بررسی همه جانبه رابطه نشت - فشار و وسعت بخشیدن به تحقیق، از مدل عددی با روش دینامیک سیالات محاسباتی برای شبیه سازی حالاتی که امکان آزمایش آن ها فراهم نبود، استفاده شد. در نهایت با تجزیه و تحلیل روابط ارائه شده موجود، انجام آزمون های آزمایشگاهی و با استفاده از یک مدل عددی کارآمد، توان و سطح مقطع نشت و تأثیر شرایط محیطی اطراف لوله در نشت بررسی شده است. توسعه مدل عددی شامل آزمون برای فشارهای بالاتر از شرایط آزمایشگاهی، منافذ نشت متفاوت و بررسی تأثیر فشار بر روی تغییرات سطح مقطع نشت با تلفیق روش حجم محدود و روش المان محدود می باشد. در ادامه تحقیقات برای بررسی تأثیر شرایط محیطی در دبی خروجی از محل نشت، نشت در

آب همواره به عنوان کلیدی ترین عنصر حیاتی انسان و محیط زیست، محسوب می شود. امروزه رشد سریع جمعیت، محدودیت منابع آب، افزایش شهرنشینی و در نتیجه استحصال بی رویه از منابع آب، جوامع بشری را با مشکل بحران آب در آینده مواجه کرده است. بنابراین توجه بیش از پیش به منابع تأمین کننده آب و تأسیسات زیربنایی آن، به ویژه شبکه های توزیع، و بهره گیری از این سامانه ها با بالاترین راندمان، یکی از مهم ترین راهکارهای جلوگیری از بحران آب در آینده است. بحران آب و افزایش سریع هزینه های استحصال آن در سال های اخیر موجب شده که موضوع آب به حساب نیامده، به خصوص مسئله نشت، مورد توجه قرار گیرد. مسئله نشت به عنوان یکی از مهم ترین مشکلات شبکه های توزیع آب، همه ساله هزینه و نیروی انسانی زیادی را به دولت ها و شرکت های آب و فاضلاب تحمیل می کند. عوامل بسیاری در ایجاد و گسترش نشت از شبکه های توزیع آب نقش دارند که از این بین، وابستگی بین فشار و دبی خروجی از منافذ نشت های موجود در این شبکه ها یکی از مهم ترین این عوامل می باشد. علی رغم اهمیت فراوان رابطه نشت - فشار در شبکه های توزیع آب، تاکنون تحقیقات اندک و پراکنده ای بر روی این رابطه صورت گرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع، در این پایان نامه رابطه نشت - فشار در دو بعد آزمایشگاهی و عددی مورد

حالت مستغرق در آب با استفاده از مدل‌سازی عددی بررسی شده است.

نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی و مدل‌سازی عددی، با اطمینان بالایی تأیید می‌کند که: (۱) توان نشت برای لوله‌هایی که رفتار صلب از خود نشان می‌دهند، مانند لوله‌های فولادی، برابر مقدار تئوری 0.5 و برای لوله‌هایی با رفتار الاستیک، مانند لوله‌های پلی‌اتیلن، دارای توان بیشتر از 0.5 است. (۲) افزایش توان نشت در لوله‌های پلی‌اتیلن به دلیل رفتار الاستیک لوله و افزایش سطح مقطع نشت در فشارهای بالا است. در واقع رابطه سطح مقطع نشت - فشار، یک رابطه خطی است که باید در فرمولاسیون رابطه نشت- فشار برای لوله‌های با رفتار الاستیک لحاظ شود. (۳) نتایج عددی نشان می‌دهد که نوع منفذ نشت (سوراخ یا ترک)، در توان نشت بی‌تأثیر است. (۴) با توجه به پیچیدگی پدیده نشت، اغلب تعیین یک مقدار ثابت برای ضریب تخلیه دبی نشت ممکن نبوده و معمولاً این ضریب

تابعی از عدد رینولدز، شکل اریفیس، شرایط محیطی، مقدار فشار و غیره است. (۵) نتایج مدل‌سازی عددی نشت در حالت مستغرق در آب نشان می‌دهد که وجود آب و نوسانات فشار در نزدیکی محل جت خروجی، بر روی دبی خروجی از محل نشت تأثیر گذاشته و مقدار آن را در مقایسه با نشت در حالت تخلیه به هوای آزاد کاهش می‌دهد. مقدار این کاهش به تراز ارتفاعی آب روی لوله و میزان فشار داخل لوله بستگی دارد. در نهایت رابطه‌ای برای نشان دادن ارتباط بین فشار سیستم با نسبت دبی نشت در حالت مستغرق در آب به دبی نشت در حالت تخلیه به هوای آزاد ارائه شده است.

کلمات کلیدی: رابطه نشت - فشار، نشت، شبکه توزیع آب، توان نشت، ضریب تخلیه، سطح مقطع نشت، حالت مستغرق، دینامیک سیالات محاسباتی، اریفیس، المان محدود، حجم محدود، رفتار الاستیک.

فراخوان ایده‌کاوی

محور کاوش:

استفاده مجدد از پساب به عنوان یک منبع پایدار آب بحساب نیامده

فرهیختگان گرامی می‌توانند فرم مربوطه را از طریق سایت انجمن آب و فاضلاب ایران (irwwa.ir) دریافت و پس از تکمیل، تا حداکثر دو ماه پس از انتشار مجله، از طریق پست الکترونیکی انجمن آب و فاضلاب ایران به نشانی info@irwwa.ir به دبیرخانه انجمن ارسال نمایند. پس از جمع‌آوری و ارزیابی ایده‌های دریافتی، به ارائه‌کنندگان ایده‌های برگزیده، از طرف شرکت آب و فاضلاب استان تهران جوایز نفیسی اهدا می‌شود.

اهداف کاوش:

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

انتظارات مورد نظر از کاوش:

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

- نوزدهمین جلسه هیئت مدیره انجمن روز چهارشنبه ۲۷ دی ماه در محل دفتر انجمن برگزار شد.

- چهارمین جلسه شورای سیاست‌گذاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران روز چهارشنبه ۴ بهمن ۱۳۹۶ با حضور نمایندگان انجمن، دانشگاه صنعتی و شرکت آبفای استان اصفهان در محل دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار شد.

- کارگاه تخصصی تصفیه فاضلاب و دفع لجن با استفاده از سیستم‌های غیرمتمرکز در جوامع کوچک توسط شرکت سوئیدی Ewage از سوی موسسه آب دانشگاه تهران و با همکاری کرسی یونسکو در بازیافت آب و انجمن آب و فاضلاب ایران، با حضور نمایندگان شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و آبفای تهران، وزارتخانه‌های نیرو و بهداشت، مهندسین مشاور و اساتید و دانشجویان دانشگاه تهران در تاریخ ۱۶ بهمن در دانشکده فنی دانشگاه تهران برگزار شد.

در ابتدا آقای کریستوف لوتی مسئول دیپارتمان Sandec شرکت Ewage به معرفی شرکت، فعالیت‌ها و فرصت‌هایی که از سوی این شرکت برای دانشجویان و متخصصان فراهم شده است، پرداخت. سپس آقای فیلیپ ریموند، به ارائه تجربیات این شرکت در نقاط مختلف جهان درخصوص تصفیه فاضلاب و دفع لجن با استفاده از سیستم‌های غیر متمرکز در جوامع کوچک، پرداخت. ایشان ضمن بحث در مورد ضرورت، اهمیت و مزایای استفاده از چنین سیستم‌هایی، توضیحات کاملی در مورد سیستم ارائه شده توسط این شرکت، فرآیند و چگونگی

تصفیه با استفاده از اولترافیلتراسیون و مدیریت دفع و کاربرد لجن بیان کرد. آقای مهندس شقاقی، نماینده وزارت بهداشت نیز به موضوع اهمیت فاضلاب در سلامت عمومی و چالش‌های این حوزه پرداختند.

در بعدازظهر دوشنبه نیز جلسه‌ای با حضور نمایندگان این شرکت و میزبانان آن در شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور با حضور آقای مهندس قانع معاون مهندسی و توسعه این شرکت و کارشناسان آن تشکیل و وضعیت سیستم فاضلاب در روستاهای کشور مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در روزهای سه‌شنبه و چهارشنبه ۱۷ و ۱۸ بهمن نیز هیئت سوئیدی به بازدید از تصفیه خانه فاضلاب تهران و تعدادی از روستاهای اطراف تهران پرداختند.

طی جلسه‌ای در روز پنجشنبه ۱۹ بهمن ماه در محل موسسه آب دانشگاه تهران با حضور نمایندگان شرکت سوئیدی، موسسه آب دانشگاه تهران، کرسی یونسکو در بازیافت آب و انجمن آب و فاضلاب ایران، دستاوردهای این سفر مورد بحث قرار گرفت و سپس بندهای تفاهم‌نامه مشترک بین طرفین مورد تبادل نظر و تایید قرار گرفت. مقرر شد تا ماه مارچ ۲۰۱۸ تفاهم‌نامه مزبور به امضا رسیده و طی مدت ۳ سال مفاد آن به اجرا درآید. - هفتمین جلسه کمیته تخصصی "تلفات آب" انجمن آب و فاضلاب ایران روز دوشنبه ۲۳ بهمن در محل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و با حضور کلیه اعضا تشکیل شد. در این جلسه ابتدا گزارش اجرایی و علمی اولین همایش مدیریت



مصرف و هدررفت آب توسط دکتر تابش و دکتر جلیلی ارائه شد. سپس هریک از اعضا ضمن اعلام موفقیت آمیز بودن همایش برخی از اشکالات اجرایی که می‌تواند در همایشهای بعدی برطرف شود ذکر کردند. در ادامه پیشنهاد اعضا برای برنامه های کمیته در سال ۱۳۹۷ مطرح شد.

- پنجمین جلسه شورای سیاست‌گذاری کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب روز پنجشنبه ۲۶ بهمن ماه با حضور نمایندگان انجمن، دانشگاه صنعتی اصفهان و آبفای اصفهان در محل شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان برگزار شد.

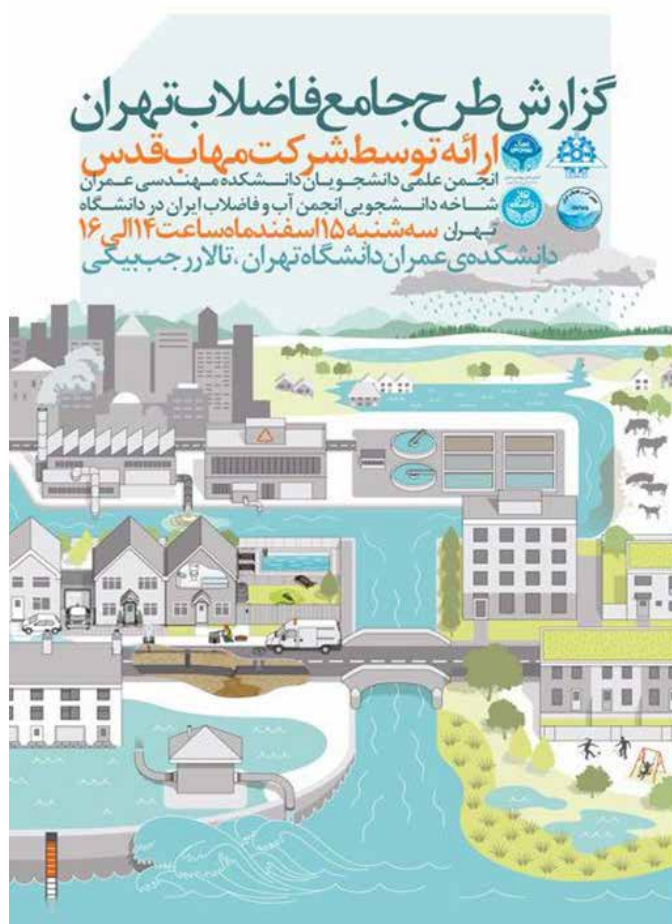
- کارگاه مربوط به طرح جامع فاضلاب تهران توسط شرکت مهتاب قدس توسط شاخه دانشجویی انجمن آب و فاضلاب ایران

و با همکاری انجمن علمی دانشجویان دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران در تالار رجب بیگی دانشکده فنی دانشگاه تهران در تاریخ ۱۵ اسفندماه برگزار شد.

- بیستمین جلسه هیئت مدیره انجمن در روز پنجشنبه ۳ اسفندماه تشکیل شد.

- ششمین جلسه شورای سیاست‌گذاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران در روز چهارشنبه ۱۶ اسفند ۱۳۹۶ با حضور اعضا در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار شد.

- انتشار سه شماره خبرنامه به‌صورت ماهانه شامل سخن روز، اخبار انجمن، اخبار صنعت، معرفی کتاب، معرفی همایش‌های داخلی و بین‌المللی.





انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال دوم - شماره یازدهم - بهمن ماه ۱۳۹۶

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir

۰۲۱-۸۸۲۹۱۳۹۰

نشانی پستی:

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

آدرس تلگرام:

<https://t.me/irwwa94>

آدرس لینکدین:

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



مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

دکتر سارا نظیف

دکتر مسعود تاش

مهندس سید احمدرضا شاهنگیان

سروش تاش

سخن اول:

مسئله شماره ۱۱

به نظر شما در رسانی کافتی نشت واقعی در شبکه های توزیع آب چه رویکردی اهمیت بیشتری دارد؟

۱. مدیریت صحیح فشار در شبکه
۲. تعویض و جاسازی لوله های فرسوده
۳. تجهیز و آموزش کشفی امداد
۴. وجود برنامه منظم تست یابی و اصلاح شبکه

لطف شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل comp.irwwa@gmail.com ارسال فرمایید. در قسمت subject ایمیل شماره مسئله را وارد کنید. در پایان هر ماه به نفر برگزیده به قید قرعه هدیه ای اعطا می شود.



انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال دوم - شماره دهم - دی ماه ۱۳۹۶

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir

۰۲۱-۸۸۲۹۱۳۹۰

نشانی پستی:

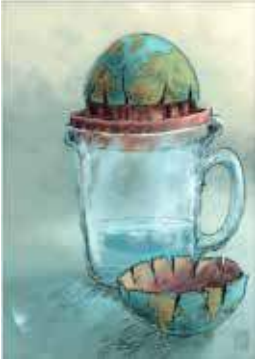
تهران، خیابان طالقانی، بین خیابان، قدس و وصال، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

آدرس تلگرام:

<https://t.me/irwwa94>

آدرس لینکدین:

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



مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- گزارش همایش علمی مدیریت مصرف و هدررفت آب
- رویدادهای پیشرو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

دکتر سارا نظیف

دکتر مسعود تاش

مهندس سید احمدرضا شاهنگیان

سروش تاش

سخن اول:

مسئله شماره ۱۰

به نظر شما برای مواجهه با کمبود آب شرب شهرها در کوتاه مدت چه راهکاری می تواند مناسب باشد؟

۱. برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی
۲. جیره بندی آب
۳. محدود کردن مصرف دیگر در شهرها
۴. مدیریت مصرف

لطف شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل comp.irwwa@gmail.com ارسال فرمایید. در قسمت subject ایمیل شماره مسئله را وارد کنید. در پایان هر ماه به نفر برگزیده به قید قرعه هدیه ای اعطا می شود.

برنده مسئله شماره ۸: جناب آقای وحید عباسی لطفاً برای دریافت هدیه از طریق ایمیل با ما تماس بگیرید.



انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال دوم - شماره دوازدهم - اسفند ماه ۱۳۹۶

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir

۰۲۱-۸۸۲۹۱۳۹۰

نشانی پستی:

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

کانال تلگرام انجمن:

<https://t.me/irwwa94>

نشانی لینکدین:

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



مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

دکتر سارا نظیف

دکتر مسعود تاش

مهندس سید احمدرضا شاهنگیان

سروش تاش

سخن اول:

مسئله شماره ۱۲

به نظر شما به صورت منطقی، تا چند درصد میتوان در مصرف خانگی صرفه جویی کرد؟

الف) کمتر از ۲۱٪

ب) تا حدود ۲۱٪

ج) بیش از ۲۱٪

لطف شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل comp.irwwa@gmail.com ارسال فرمایید. در قسمت subject ایمیل شماره مسئله را وارد کنید. در پایان هر ماه به نفر برگزیده به قید قرعه هدیه ای اعطا می شود.

بازهم بهار از راه رسید و با خود نو شدن و شکوفایی را به همراه آورد، با نوید اینکه هیچگاه برای شروع دوباره و نو شدن دیر نیست. این بهیامی است برای همه ما که می توانیم همواره طرچی نو در انداخته و چشمه را شسته و جور دیگر دید. بسیاری از مسائلی که مشکل به نظر می رسند شاید بتوانند پتانسیل های بسیار مطلوبی را برای ارتقا و توسعه جامعه داشته باشند و چه بسا فرصت ها و مزیت هایی که می توانند مخاطرات جدی را به همراه آورند. این ما، در مقام تصمیم سازان هستیم که باید با رویکردی همه سوبهنگر بهترین ها را برگزینیم.

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



مدیران دستگاه‌های اجرایی) به اهمیت منابع آب و لزوم توجه به بحران آب در سال‌های اخیر و ارائه راهکارهای اساسی و مدیریت بهینه منابع آب در بخشهای مختلف مصرف و کاهش هدررفت آب در کشور؛

- برگزاری هماندیشی، نشستهای تخصصی، کارگاههای آموزشی و تبادل نظر و ..
- ارتباط بین صنعت و دانشگاه.

* محورهای همایش

- مدیریت مصرف آب
- هدررفت واقعی در شبکه‌های توزیع آب
- هدررفت ظاهری در شبکه‌های توزیع آب
- مصارف مجاز بدون درآمد
- هوشمندسازی شبکه‌های توزیع آب
- آسیب شناسی تجربیات

* ساختار همایش

- رئیس همایش: مهندس حمیدرضا جانباز
- رئیس شورای سیاست‌گذاری: دکتر مسعود تابش
- دبیر علمی: دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده
- دبیر اجرایی: دکتر مصطفی تیزقدم غازانی
- شورای سیاست‌گذاری: دکتر مسعود تابش و دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده (انجمن آب و فاضلاب ایران)، دکتر عبدالله رشیدی مهرآبادی و دکتر مصطفی تیزقدم (پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی)، مهندس شاهین پاکروح، مهندس علی سید زاده و مهندس عباس غزلی (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)

* فرآیند داوری

- دریافت مقالات
- بررسی مقالات توسط بیش از ۷۰ متخصص دانشگاه و صنعت
- داوری هر مقاله توسط ۳ داور (به‌صورت اینترنتی و حضوری)
- ارسال نظر داوران برای نویسندگان
- ویراستاری مجدد مقالات پس از بازنگری

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب به عنوان اولین فعالیت عملی کمیته تخصصی "تلفات آب" انجمن آب و فاضلاب ایران و با مشارکت پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در تاریخ ۲۸ و ۲۹ آذر ۱۳۹۶ در محل پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی برگزار شد. آن چه در پی می‌آید خلاصه گزارش برنامه‌های انجام شده در این همایش می‌باشد.

* برگزار کنندگان

- انجمن آب و فاضلاب ایران
- دانشگاه شهید بهشتی (پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور)
- شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

* اهداف همایش

- ایجاد فضای تعامل و هماندیشی علمی بین محققان در حوزه موضوع همایش
- دعوت از اساتید، دانشمندان، سیاست‌گزاران و ... مرتبط با حوزه مهندسی آب و ایراد سخنرانیهای علمی توسط آنها، تبادل نظر، بازدیدهای علمی و ...
- ارائه آخرین دستاوردهای علمی محققان در عرصه‌های مختلف مهندسی آب مرتبط با موضوع همایش؛
- جلب توجه مسئولین کشور (سیاستمداران، قانونگذاران و

* مقالات دریافتی

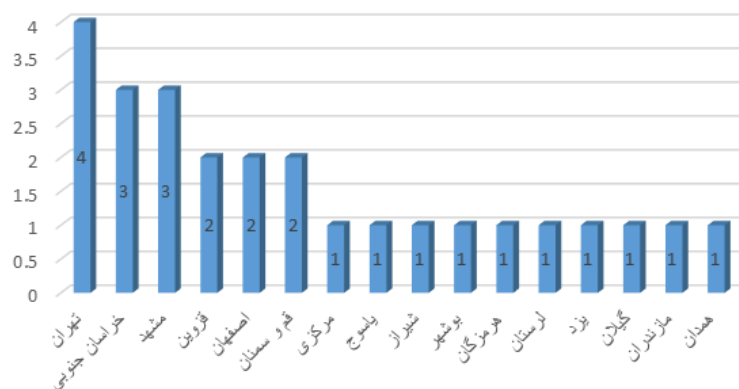
کل مقالات ارسال شده به همایش: ۲۰۴ عدد

تعداد مقالات مردودی: ۴۸ عدد

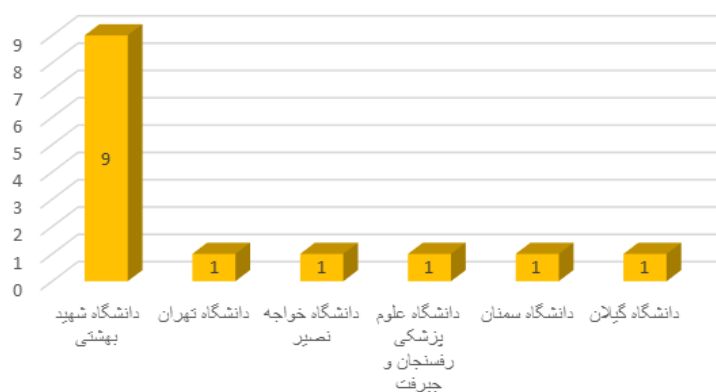
تعداد کل مقالات پذیرفته شده: ۱۵۶ عدد

تعداد مقالات پذیرفته شده به صورت پوستر: ۱۱۷ عدد
تعداد مقالات پذیرفته شده به صورت ارائه شفاهی: ۳۹ مقاله
(۲۶ مقاله از صنعت و ۱۳ مقاله از دانشگاه)

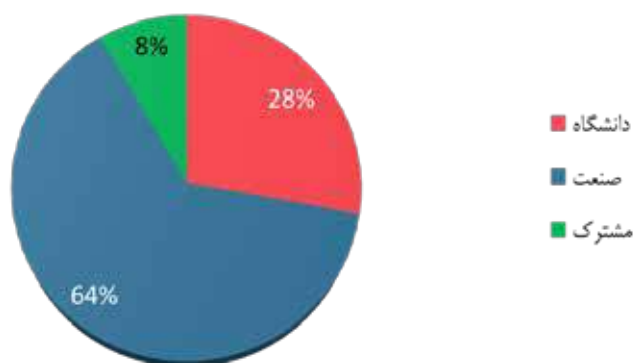
* توزیع مقالات پذیرفته شده



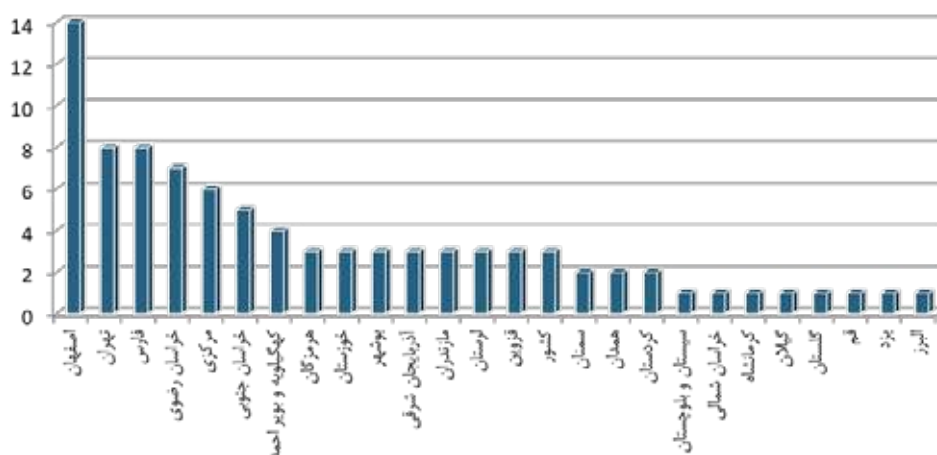
شکل ۱- توزیع مقالات پذیرفته شده شفاهی از صنعت



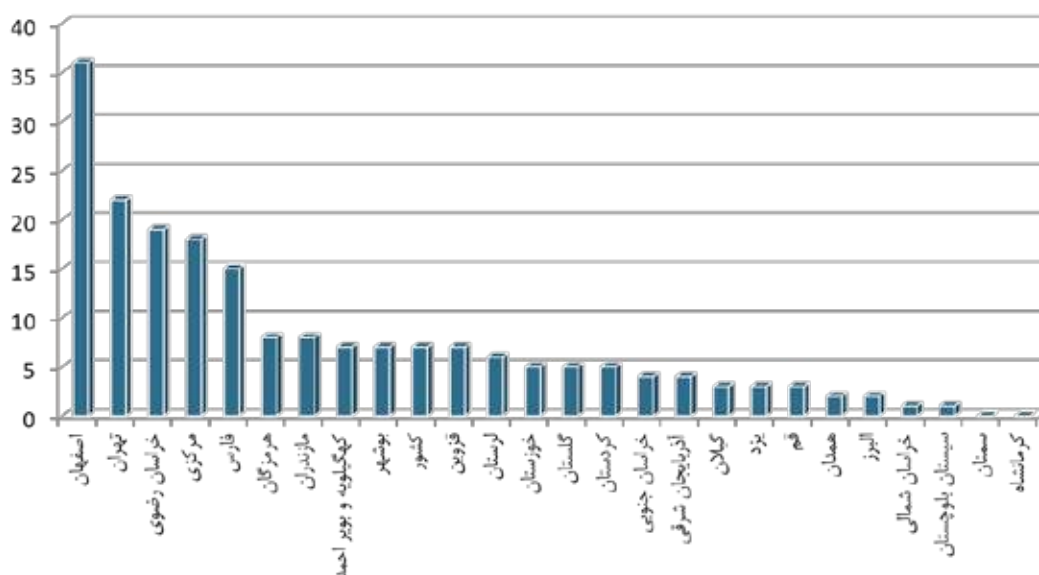
شکل ۲- توزیع مقالات پذیرفته شده شفاهی از دانشگاه



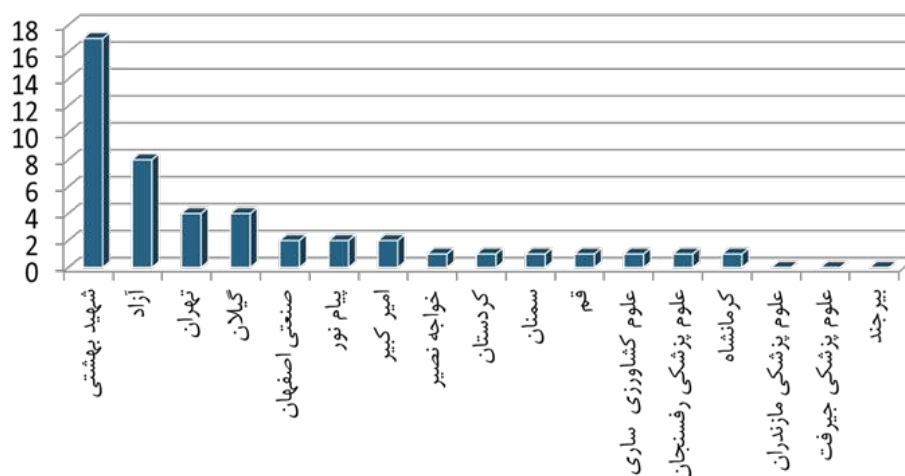
شکل ۳- توزیع مقالات به تفکیک صنعت و دانشگاه



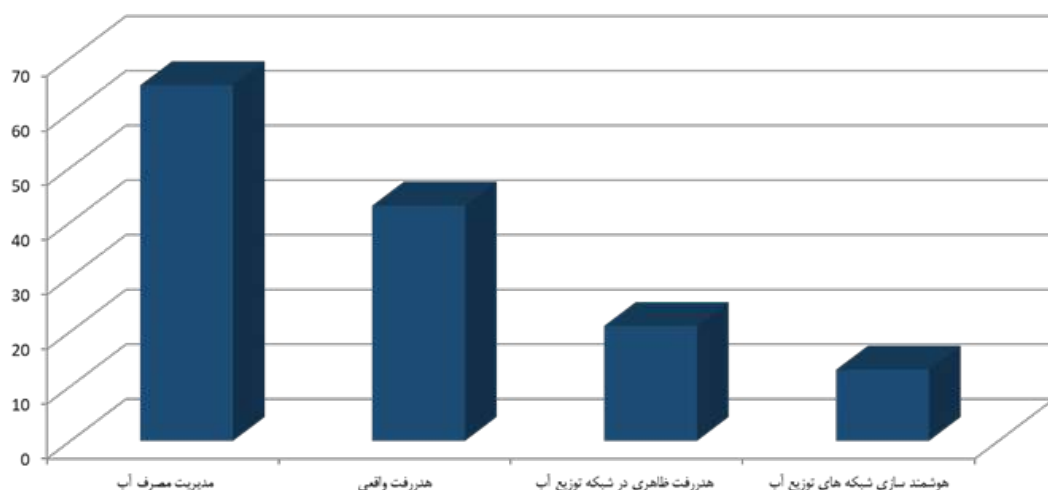
شکل ۴- توزیع مقالات به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی



شکل ۵- توزیع نویسندگان مقالات به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی



شکل ۶- توزیع مقالات پذیرفته شده به تفکیک دانشگاه‌های کشور



شکل ۷- توزیع مقالات پذیرفته شده به تفکیک محورهای همایش

* نشستهای تخصصی

۱- نشست تخصصی مدیریت مصرف

اعضای پنل:

- دکتر بنفشه زهرایی (دانشگاه تهران)

- مهندس سیدزاده (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)

- دکتر محمد فاضلی (وزارت نیرو)

- دکتر سجادی فر (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)

- مهندس یونسلو (آیفای تهران)

- دکتر چاوشیان (مرکز منطقه‌ای آب شهری)

- دکتر کرمی (سازمان نظام مهندسی تهران)



۲- نشست تخصصی تلفات ظاهری

اعضای پنل:

- مهندس فخرایی (خبره صنعت)
- دکتر رجبزاده (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)
- دکتر نجفی (دادگستری)
- مهندس شریفیان (شهرداری تهران)

- دکتر تابش (دانشگاه تهران)

- مهندس سیدزاده (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)



۳- نشست تخصصی تلفات واقعی

اعضای پنل:

- مهندس طباطبایی (آبفای مشهد)
- مهندس مبینی (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)
- مهندس جمالی (مشاور)

- دکتر جلیلی قاضی زاده (دانشگاه شهید بهشتی)

- مهندس توکلی بینا (آبفای تهران)



* کارگاه های آموزشی

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

کارگاه آموزشی

آشکارسازی انشعاب غیرمجاز در شبکه آب
تکنیک های کاهش هدررفت آب بدون درآمد

مدرس: مهندس محمدرضا عزیزی
مهندس سیرسبیر رانجیب خسروی

زمان: ۲۹ آذر ۱۳۹۶
ساعت: ۱۴ الی ۱۶

لینک نام و اطلاعات بیشتر: www.wmsc.ir
آدرس: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۱، طبقه اول، واحد ۱۱
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸
پست الکترونیک: info@wmsc.ir

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

کارگاه آموزشی

شبکه های هوشمند توزیع آب

مدرس: مهندس سهند بهنام

زمان: ۲۹ آذر ۱۳۹۶
ساعت: ۱۶:۳۰ الی ۱۸:۳۰

لینک نام و اطلاعات بیشتر: www.wmsc.ir
آدرس: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۱، طبقه اول، واحد ۱۱
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸
پست الکترونیک: info@wmsc.ir

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

کارگاه آموزشی

مدیریت فشار در شبکه های توزیع آب

مدرس: دکتر محمدرضا حبیبی قاضی زاده

زمان: ۲۹ آذر ۱۳۹۶
ساعت: ۱۶ الی ۱۸:۳۰

لینک نام و اطلاعات بیشتر: www.wmsc.ir
آدرس: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۱، طبقه اول، واحد ۱۱
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸
پست الکترونیک: info@wmsc.ir

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

کارگاه آموزشی

آموزش پیشرفته نرم افزار WaterGEMS
یا رویکرد بهره برداری

مدرس: مهندس محمدرضا عیسی

زمان: ۲۹ آذر ۱۳۹۶
ساعت: ۱۶:۳۰ الی ۱۸:۳۰

لینک نام و اطلاعات بیشتر: www.wmsc.ir
آدرس: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۱، طبقه اول، واحد ۱۱
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸
پست الکترونیک: info@wmsc.ir

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

کارگاه آموزشی

روشهای نوین سرمایه گذاری در زمینه کاهش آب بدون درآمد - چالشها و راهکارها

مدرس: مهندس علی سیدزاده
مدیرکل دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت نیروکتر مهندسی آب و فاضلاب کشور

زمان: ۲۹ آذر ۱۳۹۶
ساعت: ۱۶:۳۰ الی ۱۸:۳۰

لینک نام و اطلاعات بیشتر: www.wmsc.ir
آدرس: تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۱۱، طبقه اول، واحد ۱۱
تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸
پست الکترونیک: info@wmsc.ir

* بازدیدهای تخصصی برنامه ریزی شده

- بازدید از ایستگاه تله متری تهران، سامانه ۱۲۲ و تصفیه خانه آب شماره یک تهران
- بازدید از شرکت میراب
- بازدید از شرکت بلندا

*کلینیک تخصصی صنعت

- طرح پرسش‌های نظری، مشکلات عملی و مشاوره در زمینه محورهای همایش




اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب




کلینیک تخصصی صنعت

یکی از برنامه‌های ابتکاری همایش، کلینیک صنعت است. در این بخش مراجعین میتوانند پرسش‌های نظری و مشکلات عملی خود را در زمینه‌ی مدیریت مصرف و هدررفت آب در حضور اساتید و کارشناسان خبره صنعت آب مطرح نموده و به تبادل نظر بپردازند.

دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی تخصص: شبکه‌های توزیع آب و مدیریت مصرف و تلفات	دکتر عبدالمهدی میرسپاسی استاد دانشگاه علوم پزشکی تهران و مدیر سابق شرکت مهندسين مشاور آبران تخصص: کیفیت آب و مدیریت پروژه‌ها
مهندس کاوه جمالی شرکت مهندسين مشاور سما تخصص: مدیریت مصرف و ابزارهای کاربردی	دکتر مجتبی فاضلی عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی تخصص: طراحی دستگاه‌های پمپاژ و مدیریت کیفی
مهندس فریدون عباسپور مدیر دفتر مدیریت مصرف شرکت آب و فاضلاب مشهد تخصص: مدیریت مصرف و تلفات	مهندس حمیدرضا هنری استاد دانشگاه علوم پزشکی تهران و مدیر شرکت مهندسين مشاور آبران تخصص: شبکه‌های توزیع آب

۲۸ و ۲۹ آذر ۱۳۹۶ - دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور



*گزینه‌ش برترین‌ها در اختتامیه همایش

- شرکتهای آب و فاضلاب شهری و روستایی شایسته تقدیر (انتخاب شده به وسیله شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)

ردیف	شرکت	نام و نام خانوادگی مدیرعامل	نام و نام خانوادگی مدیر دفتر آب بدون درآمد
۱	آب و فاضلاب شهری هرمزگان	آقای مهندس قصمی	خانم مهندس عاطفه باغستانی
۲	آب و فاضلاب شهری خراسان شمالی	آقای مهندس ساقی	مهندس محمد حسین اسلامی
۳	آب و فاضلاب شهری آذربایجان غربی	آقای مهندس اکبری	آقای مهندس محرم حیدرزاده
۴	آب و فاضلاب استان تهران	آقای مهندس پرورش	مهندس صادق یونسو
۵	آب و فاضلاب شهری لرستان	آقای مهندس کرم وند	مهندس محسن عادل
۶	آب و فاضلاب روستایی مازندران	آقای مهندس عبدالهی لاشکی	آقای حسین آقا گلی عباسی
۷	آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی	آقای مهندس صفوی نژاد	آقای محسن عزیزی
۸	آب و فاضلاب روستایی آذربایجان غربی	آقای مهندس محمدی اقدم	خانم نگین قاسمی
۹	آب و فاضلاب روستایی قزوین	آقای مهندس علیزاده	آقای فخرالدین آزاد شهرکی
۱۰	آب و فاضلاب روستایی کرمان	آقای مهندس رشیدی	آقای عباس رضایی
۱۱	دکتر کاوه حریری (آب و فاضلاب شهری گیلان)		تقدیر به دلیل تدوین فصلنامه آب بدون درآمد



- استاد پیشکسوت نمونه کشوری:
مهندس حمیدرضا هنری

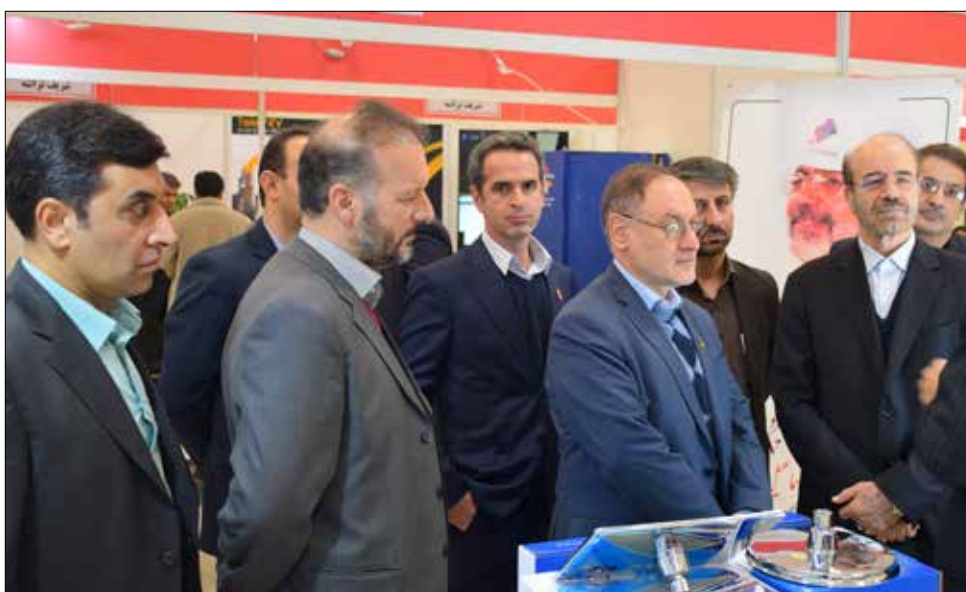
- مقالات شفاهی برتر

ردیف	محور	عنوان مقاله	نویسندگان
۱	مدیریت مصرف	مشکلات و مناسبترین راهکارهای تهیه، بهره برداری و نگهداری بهینه از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت های آب و فاضلاب	هادی جعفری، سیدهادی حسینی بیدار، حمیدرضا نیک داد
۲	هوشمند سازی	مدیریت هوشمند فشار در شبکه توزیع آب	حمیدرضا کرموند، محسن عادل
۳	هدر رفت ظاهری	بررسی نقش تعویض کنتورهای فرسوده کم کار بر کاهش آب بدون درآمد (مطالعه موردی: بندر گناوه)	بابک دلاوری، علی ساسانی، سمیه کشاورز
۴	هدر رفت واقعی	بنچ مارکینگ آب بدون درآمد و محاسبه سطح اقتصادی هدررفت واقعی، مطالعه موردی آبفای اصفهان	آسیه سادات ملاباشی، هاشم امینی، حسن غلامی

– مقالات پوستری برتر

ردیف	محور	عنوان مقاله	نویسندگان
۱	مدیریت مصرف	سیستم کنترلر هوشمند آب پیش‌پرداخت با قابلیت ذخیره سازی اطلاعات	سید رسول البرزی
۲	هوشمند سازی	هوشمندسازی شبکه توزیع آب، اهداف، ملزومات	محمدحسین مسعودی، فرزاد جهانمرد، مینا جمشیدی
۳	هدر رفت ظاهری	بهینه‌سازی داده‌های مصرف مشترکین قرائت نشده در محاسبات بالانسینگ آب	جواد حسینی، مهدی صفوی‌نژاد
۴	هدر رفت واقعی	ارزیابی و محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز - شب و کاربرد آن‌ها در تحلیل شبکه‌های آب	علی موسی‌خانی، آرزو اکبری

– غرفه برتر: شرکت شریف تراشه، شرکت بلندا



– حامیان برتر: ایران ارقام پرداز، ستاد اجرایی فرمان حضرت امام (ره)

– پایان‌نامه و رساله‌های برگزیده کارشناسی ارشد و دکترا در زمینه مدیریت مصرف و کاهش تلفات: – مقطع دکترا:

رتبه	نام خانوادگی	نام	عنوان رساله	دانشگاه	استاد راهنما	رشته
اول	لطیفی علویجه	میلاد	ارائه مدلی برای بهبود قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع آب با استفاده از ابزار های مدیریت فشار	تهران	دکتر سید تقی (امید) نائینی	عمران
دوم	رنگین کمان	محمد هادی	تعیین نشت و کالیبراسیون خطوط لوله با استفاده از تحلیل معکوس جریان گذرا در حوزه فرکانس	شهید چمران اهواز	دکتر علی حقیقی	عمران
سوم	صالحی	ستار	توسعه مدل تصمیم گیری چند معیاره طرح های بازسازی شبکه های توزیع آب	آزاد واحد علوم و تحقیقات	دکتر جلیلی - دکتر تابش	آب

- مقطع کارشناسی ارشد:

رتبه	نام خانوادگی	نام	عنوان پایان نامه	دانشگاه	استاد راهنما	رشته
اول	شاهنگیان	سید احمدرضا	بررسی آزمایشگاهی و عددی رابطه نشت-فشار در شبکه های توزیع آب	تهران	دکتر مسعود تابش	عمران محیط زیست - آب و فاضلاب
دوم	عباسپور	فریدون	بررسی تاثیرات اجرای طرح هدفمندی یارانه ها بر اجزا آب بدون درآمد	شهید عباسپور	دکتر محمد رضا جلیلی قاضی زاده - دکتر جلال عطاری	عمران محیط زیست
سوم	پوربابایی	توحید	بررسی تاثیر تبلیغات تلویزیونی بر میزان صرفه جویی آب در مناطق سه گانه آبفای ارومیه	آزاد ارومیه	دکتر رامین بشیر خداپرستی	مدیریت اجرایی

* کمیته علمی همایش:

- دکتر مسعود تابش
- دکتر مصطفی تیزقدم غازی
- دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده
- دکتر حمیدرضا صفوی
- دکتر سارا نظیف
- دکتر عبدالله رشیدی مهرآبادی
- مهندس علی سید زاده
- دکتر مجید قنادی
- مهندس عزیزاله مبینی بیدگلی
- مهندس عباس غزالی

* حامیان همایش

- ستاد اجرایی فرمان امام (ره)
- شرکت فرایند ارقام پرداز
- شرکت مهندسی مشاور آساران
- شرکت آب و فاضلاب استان تهران
- شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان
- شرکت آب و فاضلاب استان کهگیلویه و بویراحمد
- آب و فاضلاب استان قم
- آب و فاضلاب استان قزوین
- آب و فاضلاب استان البرز
- آب و فاضلاب استان مرکزی
- آب و فاضلاب استان خوزستان
- آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی
- آب و فاضلاب استان اصفهان
- آب و فاضلاب استان بوشهر
- آب و فاضلاب روستایی اردبیل
- آب و فاضلاب روستایی مرکزی
- آب و فاضلاب روستایی کرمانشاه
- آب و فاضلاب روستایی بوشهر
- آب و فاضلاب روستایی زنجان
- آب و فاضلاب روستایی خوزستان
- آب و فاضلاب روستایی یزد
- آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی
- آب و فاضلاب استان کرمانشاه
- آب و فاضلاب استان خراسان جنوبی

* شرکت های حاضر در نمایشگاه جانبی

- فردا فن کامران
- آب صنعت انرژی
- آب بان صنعت گران
- آب و فاضلاب استان هرمزگان
- پتروسنجش پارس
- بلندای صنعت جهان افزار
- ژرف آب آوید
- ایران مدار
- کیهانه کاوش آمود
- آب و فاضلاب استان کهگیلویه و بویراحمد
- فناوری های نوین سلیمان رای آسا
- پرتوکاریز پارس
- آب سنج مهر
- شریف تراشه
- مجتمع صنعتی طلائییه
- فرایند ارقام پرداز

کنفرانس‌های داخلی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
یازدهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران	تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی عمران	۱۷ تا ۲۱ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۷	http://11icce.ut.ac.ir/
اولین کنفرانس کاربرد ابزار مدیریت آب و خاک (SWAT) در مدیریت منابع آب کشور	اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان	۲۵ و ۲۶ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۷	http://www.iranswat.iut.ac.ir/fa/
هفدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران	شهرکرد، دانشگاه شهرکرد	۱۴ و ۱۵ شهریورماه ۱۳۹۷	http://conf.sku.ac.ir/17hydro/
هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران	یزد، دانشگاه یزد	۲ و ۳ آبان‌ماه ۱۳۹۷	http://www.7wrmc.ir/fa/
دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران	اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان	۲۲ و ۲۴ آبان‌ماه ۱۳۹۷	http://iwwa-conf.ir/

کنفرانس‌های خارجی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
Water Resource Recovery Modelling 2018	Lac Beauport, Quebec City Region, Canada	March 14 – 10 2018	http://www.wrrmod2018.org/
IWA Biofilms: Granular Sludge System Conference 2018	Delft, Netherlands	March 21 – 18 2018	http://www.granularsludgeconference.org/
Water Loss 2018	Cape Town, South Africa	May 2018 9 – 7	http://www.waterloss2018.com/
10th Eastern European IWA YWP Conference	Zagreb, Croatia	May 2018 12 - 7	http://www.iwa-network.org/events/10th-eastern-european-iwa-ywp-conference
The 2nd Disinfection and Disinfection By-Products Conference	Beijing, China	May 2018 18 – 14	http://www.iwa-network.org/events/the-2nd-disinfection-and-disinfection-by-products-conference
Sludge Management in (Circular Economy) (SMICE)	Rome, Italy	May 2018 25 – 23	http://smice2018.com/
LET 2018 – The 15th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies	Nanjing, China	May 2018 31 – 27	http://iwa-let.org/
IWA Regional Conference on Water Reuse and Salinity Management	Murcia, Spain	June 2018 15 – 11	http://iwarea.com/
4th IWA Specialized International Conference – Ecotechnologies for Wastewater Treatment	London, Ontario, Canada	June 2018 27 – 25	http://conference.uwo.ca/ecoSTP2018

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
13th International Conference on Hydroinformatics (HIC (2018	Palermo, Italy	July 2018 6 – 1	http://www.hic2018.org/
Singapore Water Convention	Singapore, Singapore	July 2018 12 – 8	http://www.siww.com.sg/water-convention/
6th International Dry Toilet Conference 2018 – Supported	Tampere, Finland	August 24 – 20 2018	http://www.huussi.net/en/activities/dt-2018/dry-toilet-conference-2018
IWA World Water Congress & Exhibition 2018	Tokyo, Japan	September 21 – 16 2018	http://www.worldwatercongress.org/
11th International Conference on Urban Drainage Modelling ((UDM2018	Palermo, Italy	September 26 – 23 2018	https://www.udm2018.org/
16th International Conference of the IWA Specialist Group on Wetland Systems for Water Pollution Control	Valencia, Spain	September – 4 30 October 2018	http://icws2018.webs.upv.es/
XIII Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion ((DAALXIII	Medellin, Colombia	October 24 – 21 2018	http://ingenieria.udea.edu.co/daal13eng/
IWA Regional Conference on Opportunities for Water Reuse in Southeast Asia	Phuket Province, Thailand	October – 2 31 November 2018	http://iwareusethailand2018.org/
1st Latin American and Caribbean Young Water Professionals Conference	Querétaro, Mexico	November 8 – 5 2018	http://www.lac-ywpconference.org/
2nd Water Energy NEXUS International Conference – Supported	Salerno, Italy	November 17 – 14 2018	http://waterenergynexus.org/
Nutrient Removal and Recovery Conference 2018 – Closing the Loop	Brisbane, Australia	November 21 – 18 2018	http://www.nrr2018.org/
3rd Regional IWA Diffuse Pollution Conference	Chiang Mai, Thailand	November 22 – 19 2018	http://www.iwadp2018.nu.ac.th/
Pretreatment Industrial Water – Supported	Frankfurt am Main, Germany	November 30 – 27 2018	http://dechema.de/en/industrialwater.html/
IWA 6th Regional Membrane Technology Conference	Vadodara, Gujarat State, India	December 12 – 10 2018	http://www.iwa-rmtc2018.in/



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور



شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان



پژوهشکده آب و فاضلاب



انجمن آب و فاضلاب ایران

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

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



محورهای کنگره:

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

دانشگاه صنعتی اصفهان

۲۲ الی ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷

مهلت ارسال مقالات کامل تا ۲۴ شهریور ۱۳۹۷

www.iwwa-conf.ir
info@iwwa-conf.ir
[@iwwasec](https://www.instagram.com/iwwasec)



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

تلفاکس: ۳۳۹۱۲۷۴۲-۰۳۱



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

فراخوان اول

www.iwwa-conf.ir
info@iwwa-conf.ir
@iwwsec

دانشگاه صنعتی اصفهان
۲۲ الی ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷

آدرس دبیرخانه: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، ساختمان پژوهشگاه، طبقه ۱
تلفاکس: ۳۳۹۱۲۷۴۲ - ۳۳۱

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

بزرگان: ...
مابین: ...

دانشگاه صنعتی اصفهان
۲۲ الی ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷
مهلت ارسال مقالات کامل تا ۲۴ / ۶ / ۱۳۹۷

مهمروهای کنگره

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

برگزاری کارگاه های آموزشی

به منظور ارتقای سطح دانش کاربردی و آشنایی با دانش روز در زمینه های مختلف حوزه آب و فاضلاب، برگزاری کارگاه های مختلف به صورت همزمان با برگزاری کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب پیش بینی شده است که ثبت نام ها از مهر ماه آغاز خواهد شد. از کلیه اساتید، پژوهشگران و کارشناسان علاقمند به مشارکت در برگزاری کارگاه ها دعوت می گردد پیشنهادات خود را حداکثر تا ۹۷/۶/۳۱ از طریق سایت کنگره ارسال فرمایند.

نمایشگاه چابکی صنعت آب و فاضلاب

نمایشگاه جانبی در حاشیه رویداد، امکان تبادل نظریات، تجربیات، امکانات و توانمندی های فعالان صنعت آب و فاضلاب را فراهم می نماید. مشارکت در این بخش حداکثر تا ۹۷/۶/۳۱ از طریق تکمیل فرم مربوطه بر روی وب سایت رویداد امکان پذیر است.

هزینه ثبت نام انفرادی*

گروه شرکت کنندگان	تا تاریخ ۱۳۹۷/۷/۳۰	بعد از تاریخ ۱۳۹۷/۷/۳۰
اعضاء انجمن آب و فاضلاب ایران	۲,۴۰۰,۰۰۰ ریال	۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال
دانشجویان	۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال	۱,۹۰۰,۰۰۰ ریال
شرکت کنندگان آزاد بدون مقاله	۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال	۳,۷۵۰,۰۰۰ ریال
شرکت کنندگان آزاد با مقاله	۲,۴۰۰,۰۰۰ ریال	۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال
هیئت داوران	۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال	۱,۹۰۰,۰۰۰ ریال

* هزینه ثبت نام اعضای شرکت های آب و فاضلاب، مطابق با مبالغ درج شده در سایت کنگره در بخش حمایت کنندگان - راهنمای حمایت شرکت های آب و فاضلاب می باشد.

• مبالغ فوق صرفاً جهت ثبت نام یک مقاله است. هزینه ارسال هر مقاله دیگر ۲۰٪ مبلغ هزینه ثبت نام اولیه است.

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

هدف

هدف از این کنگره ایجاد فضایی برای ارائه آخرین دستاوردهای دانش و فناوری و تجربیات کاربردی در صنعت آب و فاضلاب کشور و تبادل آرا و نظرات برای یافتن راه حل های بهینه برای دغدغه ها و کمبودهای موجود در حوزه علوم و مهندسی آب و فاضلاب کشور است.

مخاطبین

کلیه فعالین حوزه آب و فاضلاب در بخش صنعت و دانشگاه اعم از محققین، مدیران و کارشناسان سازمان های دولتی، عمومی و بخش خصوصی، مهندسين مشاور، پیمانکاران وسازندگان تجهیزات.

برنامه ها

- ارائه مقالات علمی و کاربردی
- برگزاری میزگردهای تخصصی
- برگزاری کارگاه های تخصصی
- برگزاری نمایشگاه های جانبی
- برگزاری مسابقه پایان نامه برتر
- تقدیر از پیشکسوتان دانشگاه و صنعت
- برگزاری بازدیدهای تخصصی و آموزشی
- برگزاری کلینیک صنعت

شورای سیاست گذاری

دکتر مسعود تابش و دکتر حمید رضا صفوی (انجمن آب و فاضلاب ایران)
دکتر آزاده احمدی، دکتر منوچهر حیدریور و دکتر محمدرضا چمنی (پژوهشکده آب و فاضلاب دانشگاه صنعتی اصفهان)
مهندس هاشم امینی، مهندس مجتبی قبادیان و مهندس سید محسن صالح (شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان)
مهندس علی اصغر قانع و مهندس مجید قنادی (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)

کمیته برگزاری کنگره

دبیر: دکتر منوچهر حیدریور
دبیر علمی: دکتر محمد رضا چمنی

روند عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

از علاقه‌مندان به حوزه‌های مرتبط با علوم و صنعت آب و فاضلاب دعوت می‌شود تا برای شروع فرایند 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.

تذکر مهم:

با توجه به برگزاری مجمع عمومی و انتخابات انجمن در سال ۱۳۹۷، براساس ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تنها اعضای حقیقی که حق عضویت خود را پرداخت نموده باشند حق رأی خواهند داشت.

حق عضویت اعضای حقوقی

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

* 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 یک سال عضویت حقوقی انجمن

حق عضویت اعضای حقیقی

نوع	مبلغ (ریال)
حق عضویت با تاخیر سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶	۵۵۰۰۰۰
حق عضویت سال ۱۳۹۷	۵۰۰۰۰۰
حق عضویت با تخفیف سال ۱۳۹۸	۴۵۰۰۰۰
حق عضویت با تخفیف ۳ ساله ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹	۴۰۰۰۰۰
هزینه صدور و ارسال کارت عضویت	۲۰۰۰۰۰

شماره حساب: ۱۳۵۷۲۰۶۲۳

شماره شا: IR۹۳.۱۸.....۱۳۵۷۲.۶۲۳

شماره کارت محازي: 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

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

- فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، که محل شکل‌ها و جدول‌ها را در متن مشخص کرده است اما شکل‌ها و جدول‌ها در انتهای متن ارائه 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 نویسندگان.

- فایل کپی رایت که 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).

🌀 **نرم‌افزار حروفچینی:** نرم‌افزار ۲۰۱۳ Microsoft Word

🌀 **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 به طور 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 ...).

🌀 **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:** بایستی دقیقاً معادل چکیده فارسی باشد.

واژه‌های کلیدی فارسی و انگلیسی: باید یکسان و شامل حداقل

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 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.

- نویسندگان در قسمت ارسال فایل‌ها با ارسال یک فایل word که به امضای همه نویسندگان رسیده است، حق چاپ مقاله را به مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب واگذار می‌نمایند. در غیر این صورت مقاله در روند داوری قرار نخواهد گرفت.
- فایل‌هایی که نویسنده در مرحله اولیه ارسال می‌کنند شامل فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، فایل پی‌دی‌اف بدون نام نویسندگان، فایل مشخصات کامل نویسندگان و فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری مربوطه است.

🌀 دستورالعمل نگارش و تنظیم مقالات

مجله علمی- ترویجی 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.

🌀 **نویسنده مسئول مقاله به هنگام ثبت مقاله، فایل‌های زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می‌نماید:**

چهار و حداکثر شش واژه مجزا باشد که موضوع تحقیق، بیشتر پیرامون آنهاست.

🌀 متن مقاله : متن کامل مقاله در دو فایل جداگانه شامل یک فایل 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، با این تفاوت که محل ارائه تمامی شکل‌ها و جدول‌ها در انتهای فایل word است و فقط محل ارجاع آنها در متن اصلی جانمایی می‌شود. در فایل pdf، مقاله به صورت کامل و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه شود. همان طور 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 همچنین 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 زیرنویس در صفحه مربوط درج می‌شوند. زیرنویس‌ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص می‌شود.

🌀 جدول‌ها و شکل‌ها: در صفحات جداگانه در انتهای فایل word مقاله با کیفیت مناسب چاپ ارائه می‌شوند. همه جدول‌ها و شکل‌ها شماره‌گذاری شده و عنوان جدول در بالای آن و عنوان شکل در زیر آن نوشته می‌شود. در عنوان جدول و نمودارها باید سه ویژگی «چه، کجا و کی» برای محتوای آن مشخص شود. مثلاً نوشته شود: نوسان‌های دبی آب خام در تصفیه‌خانه بابا شیخ علی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵. در ضمن اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگری اخذ شده است، به مرجع مورد نظر در آخر عنوان جدول یا شکل اشاره می‌شود و مشخصات مأخذ در بخش مراجع درج می‌شود. همچنین ارسال فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری به همراه کاربرگ داده‌های نمودار نیز ضروری است. در فایل pdf مقاله، تمامی

شکل‌ها و جدول‌ها در محل خودشان در متن مقاله جانمایی می‌شوند.

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

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

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

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

🌀 مقاله فارسی:

تابش، م.، بهبودیان، ص.، و بیگی، س.، (۱۳۹۳)، "پیش بینی بلندمدت تقاضای آب شرب (مطالعه موردی: شهر نیشابور)"، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۰(۳)، ۱۴-۲۵.
عنبری، م.، (۱۳۹۲)، "تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب با استفاده از شبکه‌های بیزین"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

❁ مقاله غیرفارسی:

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

❁ مقاله منتشر نشده:

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

❁ کتاب:

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

❁ بخشی از کتاب:

Meltzer, P.S., Kallioniemi, A., and Trent, J.M., (2002), "Chromosome alterations in human solid tumors", In: B. Vogelstein and K.W. Kinzler (eds.), The genetic basis of human cancer, pp. 93-113, McGraw-Hill, New York.

❁ 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 Organ, 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.

❁ پایان نامه:

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

❁ سایت اینترنتی:

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



شرکت آب و فاضلاب استان تهران



ISSN 2588-3941

Journal of Water & Wastewater Science and Engineering

Volume 2, No. 4, Winter 2018

Preface	2
Technical Papers	
Comparison between Nanotechnology and Other Methods for Removal Cypermethrin Pesticide in Contaminated Water Bahareh karimi and Asghar Karami	3
Chemical Oxygen Demand (COD) Estimation in Petrochemical Industry Wastewater Effluent via Robusted Regression Milad Abuzari, Parham Pahlavani and Gholamreza Nabi Bidhendi	14
Evaluation of Floating Diesel Fuel Removal from Water by Using Ferrate(VI) Oxidation Method Amirreza Talaiekhazani, Tahereh Ghorbani, Mahsa Ami and Marzieh Bagheri	24
Replacing "Water Hygiene" Management Model with "Water Quality Engineering" Model, A Strategy for More Efficient Management of Potable Water Supply and Distribution Majid Ghannadi	31
A Review on Chemical Coagulation Process for Removal of Heavy Metals from Water Farhad Salimi	41
Investigation and Analysis of Thesis Related to Water and Wastewater (Case Study: University of Tehran) Massoud Tabesh, Elham Ghaemi, Anahita Pourmohammadi	54
Investigating the Feasibility of Discharging the Sludge of the Water Treatment Plant into Sewage Network and its Effect on the Wastewater Treatment Process (Case study of Discharging the Sludge of the No. 2 Water Treatment Plant to Bakeri Transmission Line and Tehran West Wastewater Treatment Plant) Hamed Rasouli Sadabad and Zohreh Ekhtiarzadeh	61
General Section	
Interview	64
Best Technology	71
Book Presentation	74
Best Thesis	76
Idea Recall	77
News	78