



ISSN 2588-3941

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال سوم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال سوم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

انجمن آب و فاضلاب ایران

پیشگفتار

مقالات علمی

- ۱ بررسی فرآیند تلفیقی اکسیداسیون فنتون و جذب در حذف فنل از آب
احسان محمدرضائی، روشنگر رضائی کلاتری و محمدرضا لطفی
- ۴ مروری بر تصفیه پساب‌های حاوی دی متیل سولفوکسید با استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته
مریم بهروزه، محسن عباسی و شهریار عصفوری
- ۱۳ بررسی کیفیت رودخانه زرینه‌رود با استفاده از شاخص استاندارد کیفیت منابع آب سطحی ایران
سعیدخلیفه و علی خوش نظر
- ۲۲ رتبه‌بندی کارایی انواع هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی
خسرو علی نژاد و رحیم دباغ
- ۳۵ ارزیابی عملکرد اقتصادی با رویکرد شیوه خوشه‌بندی و مدل ویکور (مطالعه موردی: هلدینگ صنعت آب و فاضلاب شهری)
غلامرضا ابراهیم آبادی، لیلا چاچی و محمد داودآبادی
- ۴۷ مدیریت محلی خدمات آب و فاضلاب، انتظارات و رویکردها
مجید قنادی
- ۵۸ الزامات بازرسی شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب
بشیر کریمی
- ۷۰

مطالب عمومی

- ۷۵ میزگرد
گزارش کارگاه تخصصی
- ۹۳ پایان‌نامه برتر
معرفی کتاب
- ۹۵ گزارش فعالیت‌های انجمن
- ۹۶
- ۹۷

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

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

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 تکدستان: دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپوراهواز

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

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 بازتشدید دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

مهندس مجید قنادی: کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط و مشاور معاون برنامه ریزی 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



مهندس علی اصغر قانع: معاونت برنامه ریزی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
دکتر احمد سیاحی: مدیرکل دفتر تحقیقات، توسعه فناوری و ارتباط با صنعت، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
مهندس عباس حاج حریری: معاون اسبق نظارت بر بهره برداری، شرکت آب و فاضلاب استان تهران

شورای سیاستگذاری
صنعت آب و فاضلاب

ناهمید اختری

نیاز مهدی اصفهانی

انجمن آب و فاضلاب ایران

۱۰۰۰ نسخه

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

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

2588-395X

info@jwwse.ir

کارشناس اجرایی:

طراح و صفحه آرا:

ناشر:

شمارگان:

آدرس:

تلفن:

نمابر:

Online ISSN

E-Mail

پیشگفتار

۱

مقالات علمی

- ۴ بررسی فرآیند تلفیقی اکسیداسیون فنتون و جذب در حذف فنل از آب
احسان محمدرضائی، روشنگ رضائی کلانتری و محمدرضا لطفی
- ۱۳ مروری بر تصفیه پساب‌های حاوی دی‌متیل سولفوکسید با استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته
مریم بهروزه، محسن عباسی و شهریار عصفوری
- ۲۲ بررسی کیفیت رودخانه زرينه‌رود با استفاده از شاخص استاندارد کیفیت منابع آب سطحی ایران
سعید خلیفه و علی خوش‌نظر
- ۳۵ رتبه‌بندی کارایی انواع هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی
خسرو علی‌نژاد و رحیم دباغ
- ۴۷ ارزیابی عملکرد اقتصادی با رویکرد شیوه خوشه‌بندی و مدل ویکور (مطالعه موردی: هلدینگ صنعت آب و فاضلاب شهری)
غلامرضا ابراهیم آبادی، لیلا چاجی و محمد داودآبادی
- ۵۸ مدیریت محلی خدمات آب و فاضلاب، انتظارات و رویکردها
مجید قنادی
- ۷۰ الزامات بازرسی شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب
بشیر کریمی

مطالب عمومی

- ۷۵ میزگرد
- ۹۳ گزارش کارگاه تخصصی
- ۹۵ پایان نامه برتر
- ۹۶ معرفی کتاب
- ۹۷ گزارش فعالیت‌های انجمن

نقش بی‌بدیل اقتصاد چرخشی در توسعه پایدار صنعت آب و فاضلاب



دکتر سید حسین سجادی فر

راهبردهای اقتصاد چرخشی ملی محقق می‌شود. توسعه پایدار، گزینه‌ای غیرقابل اجتناب جوامع انسانی است. بنابراین تغییر مهم این است که حفاظت از محیط‌زیست به شیوه‌های سنتی و توسعه اقتصادی باید به‌خوبی با یکدیگر ترکیب شوند تا منتج به رابطه‌ای برد-برد میان حفاظت محیط‌زیست و توسعه اقتصادی شود. توسعه اقتصاد چرخشی یک شیوه مهم برای استقرار راهبردهای توسعه پایدار، برای دستیابی به اقتصادی هماهنگ، توسعه اجتماعی و منابع محیط‌زیستی است که گامی مهم برای تعدیل ساختار اقتصادی محسوب می‌شود.

توجه به اقتصاد چرخشی در صنعت آب و فاضلاب به دلیل مشخصه‌های ارتباط تنگاتنگ فرایند عملیات با محیط‌زیست (چرخه کوچک آب)، محدودیت‌های منابع آبی پایدار، رشد جمعیت، ارتقای سطح عمومی بهداشت، کاهش کیفیت منابع آبی و محیط‌زیستی می‌تواند بسیار مورد توجه باشد. این موضوع از سه دیدگاه مدیریت مصرف آب، استفاده مجدد از پساب و لجن فاضلاب (ضایعات ارزشمند) و نقش مخرب فاضلاب‌ها در تخریب و آلودگی محیط‌زیست در راستای توسعه پایدار قابل ملاحظه است.

در راستای حرکت به سوی توسعه پایدار، نقش و اهمیت فاضلاب‌ها از دیدگاه بهداشت عمومی، حفظ محیط‌زیست و مصارف مجدد مورد توجه است. طی یک قرن گذشته با رشد جمعیت و توسعه شهرها، رشد صنعتی و کشاورزی، آلودگی منابع آبی، موضوع فاضلاب اهمیت بیشتری پیدا کرده است. عدم دفع صحیح فاضلاب‌ها سبب آلودگی محیط‌زیست، آلودگی منابع آبی و افزایش هزینه فرصت از دست رفته است. از سویی دیگر، ورود مواد میکروبی، آلی و فلزی به طبیعت یا زنجیره ارزش غذایی انسان‌ها به دلیل عدم تصفیه کامل فاضلاب، یک تهدید محسوب می‌شود. با این توضیحات توجه به مدیریت فاضلاب در مسیر توسعه پایدار به لحاظ محیط زیستی، اقتصادی (فرصت‌های از دست رفته اقتصادی و استفاده مجدد) و کارآمدی بسیار حایز اهمیت است. فلات ایران در ناحیه‌ای خشک و نیمه خشک واقع شده و پایین بودن سطح بارش از میانگین جهانی، توزیع نامتعادل بارش، کمبود منابع آب و خشکسالی‌های مکرر از مشخصه‌های منحصربه‌فرد آن است. یکی از شیوه‌های نوین مقابله با کمبود آب، استفاده از پساب فاضلاب تصفیه شده است. از مسایل مرتبط با پساب فاضلاب ترکیبات شیمیایی متفاوتی مانند نیترات، فسفات و نمک‌ها (مواد شیمیایی) است که از ریسک بالایی برخوردارند. برای نمونه، آبیاری کشاورزی با پساب فاضلاب هرچند ممکن است از یک سو سبب تقویت خاک و رشد محصولات شود، ولی نشت عمقی به خصوص نیترات بر کیفیت آب‌های زیرزمینی تاثیرگذار است.

اقتصاد چرخشی یکی از مباحث جدید اقتصاد است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. فلسفه وجودی اقتصاد چرخشی علاوه بر استفاده بهینه از منابع محدود، کاهش ضایعات و استفاده مجدد از آن‌ها در فرایند تولید یا ساخت محصولات جانبی است. در واقع بر پایه ادبیات اقتصاد خطی در فرایند تولید، هدف اصلی بنگاه‌ها دستیابی به حداکثر سود است. اما در اقتصاد چرخشی علاوه بر هدف فوق، مدیریت ضایعات و رفاه اجتماعی بین نسلی نیز مورد توجه است. اقتصاد چرخشی منجر به افزایش ارزش افزوده و حاشیه سود، صرفه جویی هزینه‌ها، افزایش رقابت‌پذیری، کاهش آلودگی محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی به‌ویژه منابع آب، ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و... می‌شود. امروزه اقتصاد خطی که در آن فرض می‌شود مقادیر نامشخص و نامحدودی از منابع طبیعی وجود دارند و محیط‌زیست ظرفیت نامحدودی برای جذب ضایعات، زباله‌ها و آلودگی‌های محیط‌زیستی را دارد، به‌طور کامل مردود شده است. این رویکرد و همچنین مولفه‌هایی مانند رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی، کاهش منابع طبیعی، آلودگی محیط زیست و گرمایش کره زمین، بحران‌های مالی جهانی، رقابت، رشد اقتصادی برخی کشورها و به‌دنبال آن عواقب منفی محیط‌زیستی، سبب توجه به اقتصاد چرخشی (اقتصاد مدور) شده است. توجه به رویکرد اقتصاد چرخشی در کشورهای توسعه یافته، مصرف انرژی (به‌خصوص سوخت‌های فسیلی)، مواد خام طبیعی و به‌ویژه مصرف آب را به‌شدت کاهش داده است. همچنین افزایش نوسان جهانی قیمت مواد خام، خطرات زنجیره تامین، بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی، توجه رهبران تجاری و سیاستگذاران را به ضرورت بازنگری در مصرف منابع آبی و انرژی از طریق شیوه‌های متنوع در بستر اقتصاد چرخشی را به‌خود جلب کرده است. شناخت توسعه پایدار کشور در گرو رشد اقتصادی هماهنگ و یکپارچه حفاظت از محیط‌زیست، توجه به مدرن‌سازی اکولوژیک، رشد سبز و کاهش تولید دی‌اکسیدکربن از طریق

حمایت عمومی، تبدیل به دارایی اقتصادی مطمئن، دور از ذهن نخواهد بود. برنامه‌ریزی برای استفاده مجدد از آب، رشد فزاینده‌ای در مباحث مدیریت منابع آب تجدیدپذیر، اقتصاد چرخشی و طراحی شهری دارد. استفاده از فاضلاب به‌عنوان جزء اصلی تلاش‌های محلی و ملی در راستای سازگاری با تغییرات جوی، ارتقای امنیت غذایی، توسعه منابع آب قابل شرب و بهینه‌سازی استفاده از منابع خواهد بود.

**استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهریار، مشاور
معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی شرکت مهندسی
آب و فاضلاب کشور و عضو هیئت تحریریه**

طی چند سال گذشته، در برخی از مناطق کم‌آب، استفاده از آب‌های نامتعارف از جمله پساب‌های فاضلاب رایج شده است. تولید حجم قابل توجهی از فاضلاب‌های شهری به‌دلیل توسعه شهرها و ارتقای بهداشت عمومی و افزایش جمعیت همراه با رقابت بیشتر آب در صنعت و کشاورزی، سبب استفاده از پساب فاضلاب در مصارف گوناگون شده است. استفاده از پساب‌های فاضلاب از دو جنبه زراعی (تامین مواد آلی خاک) و محیط‌زیستی (کیفیت منابع آب، خاک، میکروارگانیسم‌ها) حایز اهمیت است. به‌رغم مزایای فراوان آبیاری با پساب، همواره احتمال ریسک انتقال عمیق مواد شیمیایی (به‌خصوص نیترات) و سایر مواد موجود در فاضلاب، اثرات مخربی بر آب‌های زیرزمینی و در نهایت سلامت احاد جامعه در زنجیره غذایی دارد.

ایران به دلیل قرارگرفتن در موقعیت جغرافیایی در زمره کشورهای با محدودیت منابع آب قلمداد می‌شود. از سویی دیگر به لحاظ وجود زمین‌های مستعد کشاورزی، دمای مناسب، شرایط سازگاری کشت بسیاری از محصولات کشاورزی، ترکیب این چند مولفه می‌تواند تاثیر پررنگی برای استفاده از پساب فاضلاب در آبیاری محصولات کشاورزی و سایر مصارف داشته باشد.

به‌دلیل محدودیت منابع آب کشاورزی در کشور، الزامات توسعه کشاورزی، توسعه سامانه‌های فاضلاب در بسیاری از شهرهای کشور (رشد ۱۰۹۶ درصدی در ۱۳۹۴ نسبت به سال پایه ۱۳۷۳) و الزامات قانونی (بند «الف» ماده ۱۴۲ قانون پنجم توسعه، الحاق شده به ماده ۲۰ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی و محاسباتی کشور) در سال‌های اخیر استفاده از پساب فاضلاب به‌عنوان یک منبع آبی مورد توجه قرار گرفته است. چالش تامین غذا، آب و عناصر مغذی در کشور برای آینده از چالش‌های امروز بزرگتر خواهد بود. تقاضاهای روزافزون و گوناگون مناطق شهری، فشار عظیمی بر زمین، آب و منابع انرژی وارد خواهد کرد، این در حالی است که بازیافت آب و استفاده مجدد راه حلی برای جبران کمبود آب محسوب می‌شود. امروزه با وجود فناوری‌های پیشرفته، فاضلاب را به انرژی، کود و سایر مواد مفید تبدیل می‌کنند. با سرمایه‌گذاری‌های بیشتر در بازیافت و استفاده مجدد از پساب‌ها، احتمال بازگشت هزینه در بخش بازیافت فاضلاب را می‌توان افزایش داد. گام موثر در این زمینه، وارد کردن تفکر کسب و کار نوین اقتصاد چرخشی و بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در حوزه‌ای است که همیشه متکی به بودجه‌های عمومی دولت‌ها یا کمک‌های مالی بین‌المللی بوده است. با ادامه تحقیقات و پژوهش‌های متعدد، سیاست‌گذاری‌های موثر، استفاده از ظرفیت‌های حمایتی برای معرفی استفاده مجدد و بازچرخانی فاضلاب، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، توسعه موفقیت‌آمیز کسب و کار و در نهایت

Investigation of Hybrid Process of Fenton Oxidation and Adsorption in Phenol Removal from Water

Ehsan Mohammadrezaei^{1*}, Roshanak Rezaei Kalantari² and Mohammad Reza Lotfi³

1- M.Sc., Environment Engineering - Water and Wastewater, Azad University, West Tehran Branch, Tehran, Iran.

2- Professor, Faculty of Environmental Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3- M.Sc., Civil-Environment Engineering, Collage of Environment, Karaj, Iran.

* Corresponding Author: eh.rezaei@yahoo.com

Received: 14/6/2017

Revised: 13/6/2018

Accepted: 19/6/2018

Abstract

Phenol is one of the aromatic hydrocarbons with high toxicity and adverse health effects on living beings. It can be found in wastewater from industries such as chemical and petrochemical industries and oil refineries. The aim of this study is to evaluate the c hybrid process of Fenton oxidation and adsorption on removal of phenol from water. In this paper an experimental study in laboratory scale is implemented. Variables such as: concentration of Fe^{2+} , H_2O_2 , pH, activated carbon and time are tested in order to impact on the rate of removal of phenol in water. Finally, optimal conditions for the removal of phenol through the hybrid process of adsorption test and oxidation Fenton test is introduced. Results show that 95, 94 and 96 percent of Phenol is removed, respectively with initial concentration of 50, 150 and 250 mg/L by combination of adsorption test and Fenton test, in $\text{pH} = 3$, $\text{Fe}^{2+} = 10 \text{ mg/L}$, $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/L}$, activated carbon = 2.5 g/L and time = 90 min. It can be concluded that hybrid process of adsorption and oxidation of Fenton can be used as a suitable method to reduce of Phenol from water.

Keywords: Activated Carbon, Adsorption, Fenton Oxidation, Phenol.

بررسی فرآیند تلفیقی اکسیداسیون فنتون و جذب در حذف فنل از آب

احسان محمدرضایی^{۱*}، روشناک رضائی کلانتری^۲ و محمدرضا لطفی^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

۲- استاد دانشکده مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

* نویسنده مسئول، ایمیل: eh.rezaei@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۴

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۹

چکیده

فنل یکی از هیدروکربن‌های آروماتیک با سمیت بالا و اثرات سوء بر سلامتی موجودات زنده است که در پساب صنایعی مانند ساخت مواد شیمیایی، پالایشگاه‌های نفت، پتروشیمی و ... وجود دارد. هدف اصلی این مطالعه بررسی فرآیند تلفیقی اکسیداسیون فنتون و جذب در حذف فنل از آب می‌باشد. این تحقیق یک مطالعه تجربی بوده که در مقیاس آزمایشگاهی و از طریق آزمایش جذب و اکسیداسیون فنتون انجام شده است. در این تحقیق با تغییر متغیرهایی همچون: غلظت H_2O_2 ، Fe^{2+} ، pH، جذب کربن فعال و زمان، تاثیر آنها بر میزان حذف آلاینده فنل از آب سنجیده و در نهایت شرایط بهینه حذف فنل از طریق آزمایش تلفیقی جذب و اکسیداسیون فنتون معرفی می‌شود. براساس یافته‌های این پژوهش، فنل با غلظت اولیه ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر در مواجهه با آزمایش تلفیقی جذب و فنتون در شرایط $\text{pH} = 3$ ، $\text{Fe}^{2+} = 10 \text{ mg/L}$ ، $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/L}$ ، کربن فعال = ۲/۵ g/L و $\text{time} = 90 \text{ min}$ ، به ترتیب به میزان ۹۵، ۹۴ و ۹۶ درصد حذف شد. در نتیجه فرآیند تلفیقی جذب و اکسیداسیون فنتون می‌تواند به عنوان یک راهکار مناسب برای کاهش آلاینده فنل از آب مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: فنل، جذب، کربن فعال، اکسیداسیون، فنتون.

برای تخلیه فنل به این شرح است: حداکثر غلظت مجاز تخلیه فنل به آب‌های سطحی، مصارف کشاورزی و آبیاری ۱ mg/l و برای تخلیه به چاه جذب ناچیز است (دفتر حقوقی مجلس، ۱۳۷۹).

در خصوص حذف فنل از محیط‌های آبی تحقیقاتی متعددی با روش‌های مختلف انجام شده است. برخی محققین به بررسی میزان حذف فنل با استفاده از خاکستر پوسته پسته در محیط آبی پرداخته و نشان دادند که حذف فنل به میزان ۹۸ درصد نیز در شرایط آزمایشی به دست آمده است (بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۲) و یا با روش اکسیداسیون فنتون فنل با غلظت ۱۰۰ mg/l در شرایط بهینه آزمایش که در آن pH=۳-۴، زمان برابر ۳۰ دقیقه، بوده است تا مرز ۹۶ درصد حذف شده است (ملکوتیان و همکاران، ۱۳۹۰).

در بررسی‌های دیگر فرآیند شبه فنتون در حذف ۴-کلرو فنل از محیط‌های آبی نیز مورد آزمایش قرار گرفته است و یافته‌ها نشان می‌دهد درصد حذف به حدود ۹۴ درصد در شرایط pH=۴ و زمان برابر ۵ دقیقه رسیده است (شیخ محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی فرآیند اکسیداسیون فوتوشیمیایی پیشرفته برای حذف فنل از محیط‌های آبی نیز موضوع تحقیق سایر پژوهشگرها بوده و یافته‌های آن‌ها نشان داده در شرایط بهینه آزمایش، درصد حذف به حدود ۹۷ درصد رسیده است (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۸). در بخش حذف فیزیکی فنل نیز تحقیقات دیگری صورت گرفته و از آن جمله، بررسی حذف فنل با استفاده از خاکستر هسته خرما در محیط آبی است که نتایج نشان داده با اضافه کردن مقدار جاذب از ۲ تا ۱۱ گرم بازده حذف فنل از ۹۸/۹۱ به ۹۸/۹۹ درصد افزایش می‌یابد (رخش خورشید و همکاران، ۱۳۹۱). جذب فنل توسط زیتون آسیاب شده (زایدات زیتون) در فاضلاب‌های صنعتی تحقیق دیگری است و حداکثر میزان جذب فنل ۸۵٪ گزارش شده است (Abdelkreem, 2013). در تحقیقی دیگر حذف فنل از فاضلاب‌های صنعتی با کمک روش جذب توسط خاک اره مورد بررسی قرار گرفته و در شرایط زمان برابر ۱۲۰ دقیقه، میزان جاذب ۰/۸ گرم، فنل با غلظت اولیه ۱۳۰ میلی گرم بر لیتر در حدود ۹۲ درصد حذف شده است (Habib, 2013). شرایط اضافه نمودن کربن فعال به فرآیند فنتون در حذف رنگ توسط Wang et al. (2014) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اضافه کردن کاتالیست به فرآیند فنتون در تجزیه آلاینده فنل در آب نیز مورد بررسی قرار گرفته است (Maekawa et al.,

مسئله آب و کمبود فزاینده آن یکی از مهم‌ترین مسائل دنیای امروز به شمار می‌رود. آب به عنوان اصلی‌ترین عامل توسعه پایدار و مهم‌ترین عنصر تأمین نیاز بشری شناخته شده و انسان از دیرباز تاکنون به اهمیت این مایع حیاتی پی برده است. افزایش رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی، دسترسی هرچه بیشتر به علوم و فنون، توسعه مراکز صنعتی و تجاری و غیره سبب تولید انواع و اقسام مواد زایدی شده که منجر به آلودگی محیط زیست و به دنبال آن آلودگی آب‌ها و تهدید سلامت انسان‌ها شده است. در این میان طبیعتاً یکی از مشکلاتی که موجبات نگرانی را فراهم می‌آورد، مسئله حفاظت محیط‌زیست در برابر آلودگی‌های ایجاد شده در ابعاد گسترده آن است.

فنل یکی از هیدروکربن‌های آروماتیک با سمیت بالا و اثرات سوء بر سلامتی موجودات زنده است که در پساب صنایعی مانند ساخت مواد شیمیایی، پالایشگاه‌های نفت، پتروشیمی و ... وجود دارد. فنل یکی از ترکیبات ساده آلی بوده که از اتصال یک گروه هیدروکسیل و یک حلقه بنزنی تشکیل می‌شود. فنل با فرمول (C_6H_5OH) با نام‌های هیدروکسی بنزن (hydroxyl benzene) و کربولیک اسید (carbolic acid) نیز شناخته می‌شود. فنل خالص جامدی سفید رنگ با دمای ذوب $42^{\circ}C$ یا $108^{\circ}F$ است. فنل به طور معمول قابل انحلال در آب است و خاصیت اسیدی ضعیفی دارد ($pKa=9/9$). فنل به عنوان یک گندزدا استفاده می‌شود. فنل با غلظت بالا می‌تواند باعث سوختگی پوست شود. ترکیباتی که در آن بیش از یک گروه هیدروکسیل متصل به حلقه بنزن باشد را ترکیبات پلی هیدریک فنل (poly hydric phenols) می‌نامند. فنل یکی از ترکیبات مهم آلی مورد استفاده در صنعت است. فنل در بسیاری از صنایع به عنوان ماده اولیه کاربرد دارد. برخی از موادی که از این ماده تولید می‌شوند عبارتند از: نایلون، شوینده‌ها، افزودنی‌های بنزین، آسپرین، پلی‌اورتان، رنگ‌ها، علف‌کش‌ها، نرم‌کننده‌ها، ضد اکسنده‌ها، روغن‌های روان‌کننده، قارچ‌کش‌ها.

از آن‌جا که فنل ماده‌ای سمی بوده و در عین حال کاهش و حذف بیولوژیکی آن بسیار مشکل است، بنابراین حدود سخت‌گیرانه‌ای برای تخلیه مواد فنل‌دار به محیط‌زیست در نظر گرفته شده است. سازمان بهداشت جهانی (WHO) غلظت بیشینه ۰/۰۰۱ mg/l در آب آشامیدنی را در نظر گرفته است (WHO, 2003). استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران

این تحقیق آزمایش‌های مرتبط با آزمایش جذب سطحی توسط کربن فعال بوده که رویکرد اصلی آن نیز بررسی کارایی این جاذب در حذف فنل از آب است. گام دوم، آزمایش‌ها مرتبط با آزمایش اکسیداسیون فنتون بوده که رویکرد اصلی آن بررسی کارایی اکسیداسیون فنتون در حذف فنل از آب است. در نهایت گام سوم، آزمایش‌های تلفیقی اکسیداسیون فنتون و جذب کربن فعال را شامل می‌شود. مواد اصلی مورد استفاده در این تحقیق به شرح جدول ۱ است.

روش اصلی انجام آزمایش‌ها به این گونه شکل گرفت که ابتدا حد بهینه pH و پس از آن Time برای انجام آزمایش جذب و فنتون از طریق انجام چند آزمایش اولیه (Pretest) به دست آمده و در ادامه با مفروض دانستن آن حدود، با تغییر سایر متغیرها (غلظت فنل و غلظت ماده جاذب و یا اکسیدکننده) میزان حذف فنل بررسی شده است. حدود غلظت متغیرها در این تحقیق که براساس بررسی مطالعات صورت گرفته پیشین بوده است به شرح جدول ۲ انتخاب شده‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق یک مطالعه تجربی بوده که در مقیاس آزمایشگاهی و از طریق آزمایش جذب و اکسیداسیون فنتون انجام شد. در این تحقیق با تغییر متغیرهای همچون: غلظت H_2O_2 ، Fe^{2+} ، pH، جاذب کربن فعال و زمان، تاثیر آن‌ها بر میزان حذف آلاینده فنل از آب سنجیده و در نهایت شرایط بهینه حذف فنل از طریق آزمایش تلفیقی جذب و اکسیداسیون فنتون معرفی شده است. این تحقیق براساس انجام دو گروه آزمایش مستقل و همچنین انجام یک گروه آزمایش تلفیقی (از نتایج دو گروه آزمایش قبلی) انجام شده است. به این ترتیب گام اول

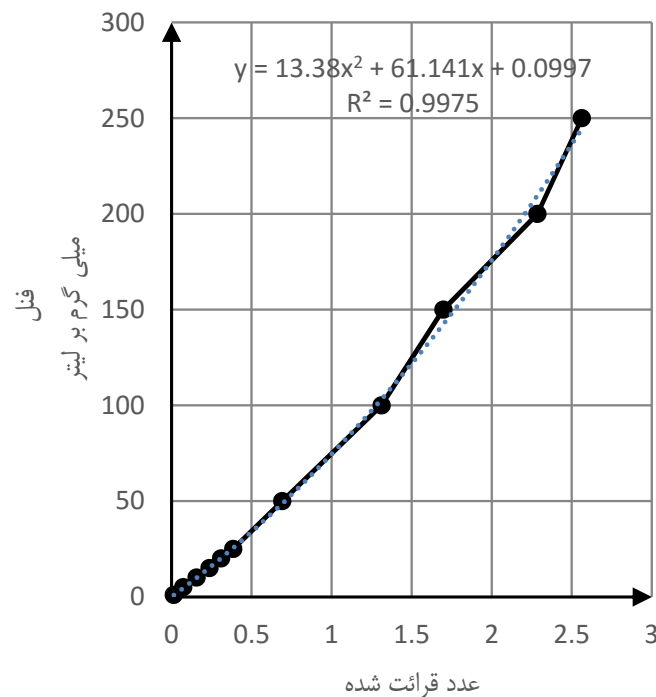
جدول ۱- مواد اصلی مورد استفاده در تحقیق

شرح	فرمول شیمیایی	شرکت تولیدکننده
فنل	C_6H_5OH	Loba Chemie - هند
کربن فعال	C	Daejung - کره
آب اکسیژنه	H_2O_2	قطران شیمی - ایران
آهن	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	شیمیران - ایران
۴-آمینوآنتی پیرین	$C_5H_4N-NH_2$	Panreac - اسپانیا

جدول ۲- غلظت متغیرهای مورد استفاده در تحقیق

غلظت آهن (mg/l)	غلظت آب اکسیژنه (mg/l)	غلظت کربن فعال (g/l)	غلظت فنل (mg/l)
۵	۱۰۰	۲/۵	۵۰
۱۰	۱۵۰	۵	۱۵۰
۱۵	۲۰۰	۷/۵	۲۵۰

در تمام آزمایش‌ها برای ساخت محلول فنل با غلظت‌های مختلف، ابتدا یک محلول از آب مقطر و فنل با غلظت mg/l ۱۰۰۰ ساخته شده و سپس غلظت مورد نظر با رقیق کردن محلول اولیه ساخته شده است. روش کار نیز به این گونه بوده است که در آزمایش‌های جذب، پس از ساخت محلول فنل با غلظت مدنظر در آزمایش مقداری از آن را داخل یک بشر کوچک ریخته و میزان مورد نظر جاذب نیز پس از وزن کردن به محلول اضافه شده و pH محلول اندازه‌گیری شده و به کمک اسید کلریدریک رقیق شده و یا در صورت نیاز، مقدار بسیار کمی هیدروکسید سدیم رقیق شده، pH محلول تنظیم شده است (در حد pH بهینه). سپس نمونه بر روی دستگاه هم‌زن (Shaker) قرار گرفته و بلافاصله زمان، ثبت شده و پس از گذشت زمان مورد نظر، بخشی از نمونه برای جداسازی فاز جامد (جاذب) از فاز مایع (محلول فنل) برداشته شده و داخل «ویال» دستگاه سانتیفریوژ ریخته می‌شود. با استفاده از دستگاه سانتیفریوژ، محتویات ویال جداسازی شده و سپس بخشی از محلول صاف شده برداشت و به کمک کاغذ صافی مجدداً صاف شده و داخل سل دستگاه اسپکتروفوتومتر برای قرائت قرار داده می‌شود. دستگاه اسپکتروفوتومتر قابلیت اندازه‌گیری میزان فنل مطابق روش ارائه شده در استاندارد متد (5530 D. Directed Photometric Method) به کمک معرف



شکل ۱- منحنی کالیبراسیون قرائت فنل در دستگاه اسپکتروفوتومتر استفاده شده در تحقیق

۳- یافته‌ها

نتایج آزمایش‌های جذب توسط کربن فعال گرانوله برای حذف فنل در شرایط pH و Time بهینه (به ترتیب ۳ و ۹۰ دقیقه) و برای فنل با غلظت ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر در مواجهه با کربن فعال با غلظت‌های ۲/۵، ۵ و ۷/۵ گرم بر لیتر در شکل ۲ ارائه شده است.

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود راندمان حذف فنل در تمامی غلظت‌ها با افزایش میزان جاذب افزایش یافته است. به نحوی که برای فنل با غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر میزان حذف در مواجهه با ۲/۵ و ۵ و ۷/۵ گرم کربن فعال گرانوله به ترتیب ۷۳ و ۸۸ و ۹۰ درصد بوده است. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد در مواجهه با یک غلظت ثابت جاذب، هرچه میزان غلظت فنل موجود در محلول بیشتر بوده، راندمان حذف نیز افزایش پیدا خواهد کرد. به عنوان مثال در مواجهه جاذب با غلظت ۷/۵ گرم بر لیتر و فنل با غلظت‌های ۵۰ و ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر، درصد حذف به ترتیب برابر ۷۸ و ۸۰ و ۹۰ خواهد بود. علاوه بر آن یافته‌ها نشان می‌دهد از آنجا که آزمایش جذب طی یک فرآیند فیزیکی اتفاق می‌افتد

رنگی ۴- آمینو آنتی پیرین را دارد که در این تحقیق برای سنجش میزان فنل مطابق دستورالعمل مندرج در استاندارد متد - ویرایش ۲۰ از این روش استفاده شده است (Standard Methods, 1999).

لازم به توضیح است به منظور استنتاج میزان فنل باقیمانده در نمونه آزمایش از روی عدد قرائت شده دستگاه اسپکتروفوتومتر ابتدا منحنی کالیبراسیون مربوط به دستگاه اسپکتروفوتومتر (برای حذف فنل) از طریق اندازه‌گیری چند نمونه فنل با غلظت مشخص ترسیم شده و سپس به کمک این منحنی از اعداد قرائت شده بر روی دستگاه میزان فنل استنتاج شده است. در شکل ۱ منحنی کالیبراسیون مورد اشاره به همراه معادله منحنی و عدد رگرسیون این منحنی نشان داده شده است.

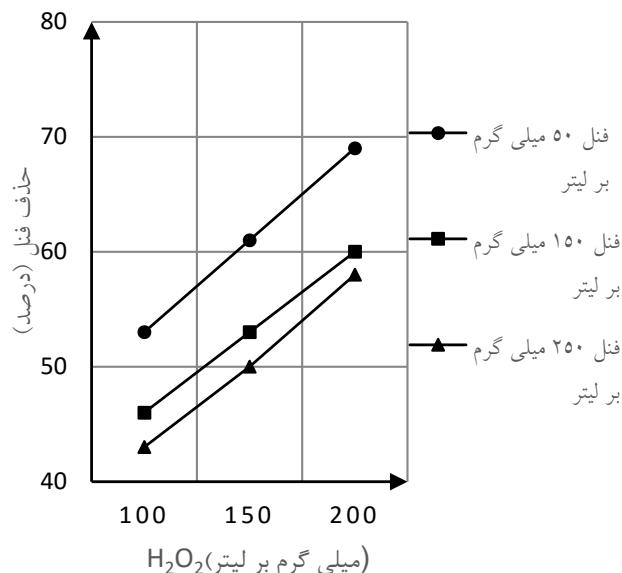
روش کار در آزمایش‌های فنتون نیز به این گونه بوده که پس از ساخت محلول فنل و آب مقطر با غلظت مدنظر، pH محلول اندازه‌گیری تنظیم شده و سپس محلول حاوی Fe و پس از آن محلول H_2O_2 به ظرف آزمایش اضافه شده است. حال در این مرحله ارلن بر روی دستگاه Shaker قرار داده شده و زمان ثبت می‌شود. پس از گذشت زمان مورد نظر، نمونه‌گیری برای سنجش توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر انجام شده است.



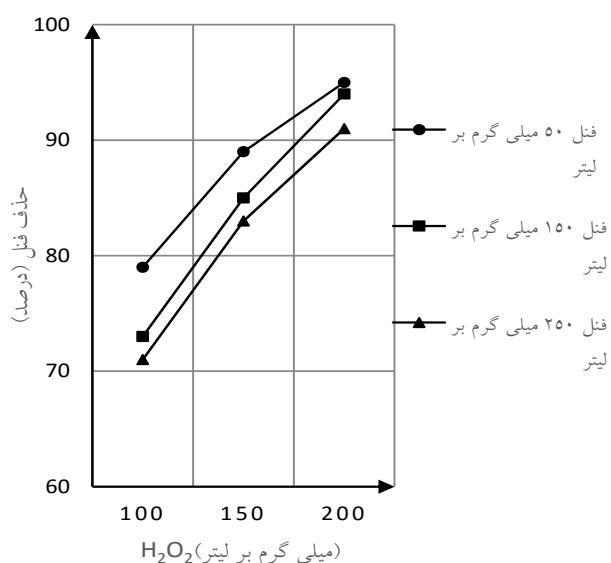
شکل ۲- راندمان حذف فنل به روش جذب توسط کربن فعال
Time=90 min, pH=3

بررسی شکل‌های ۳ تا ۵ نشان می‌دهد افزایش میزان پراکسید هیدروژن از ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر در تمامی شرایط آزمایش منجر به افزایش راندمان حذف به صورت خطی شده است به نحوی که به عنوان مثال در شکل ۵ افزایش میزان پراکسید هیدروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر میزان حذف فنل را برای فنل با غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر و در

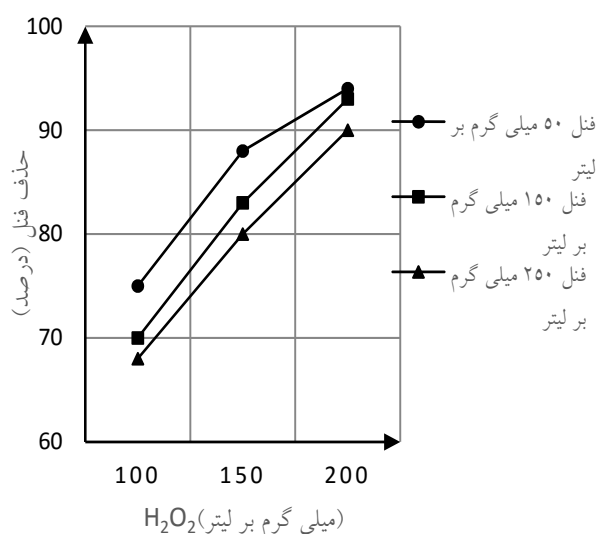
و حاصل برخورد مولکول‌های جاذب با ماده آلاینده واقع در محیط آزمایش است. از این رو افزایش میزان جاذب و یا افزایش میزان آلاینده در محیط آزمایش عملاً شانس برخورد فیزیکی بین این دو را افزایش داده و میزان جذب را بالاتر خواهد برد. در شکل‌های ۳ تا ۵ میزان حذف فنل به کمک اکسیداسیون فنتون در شرایط افزایش میزان H_2O_2 ارائه شده است.



شکل ۳- راندمان حذف فنل به روش اکسیداسیون فنتون - در شرایط Fe=5 میلی گرم در لیتر
Time=15 min, pH=3



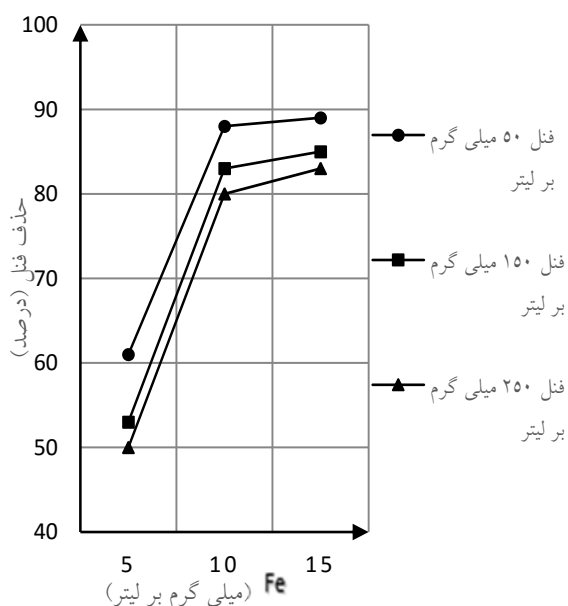
شکل ۵- راندمان حذف فنل به روش اکسیداسیون فنتون - در شرایط $Fe=15$ میلی گرم در لیتر
Time=15 min و pH=3



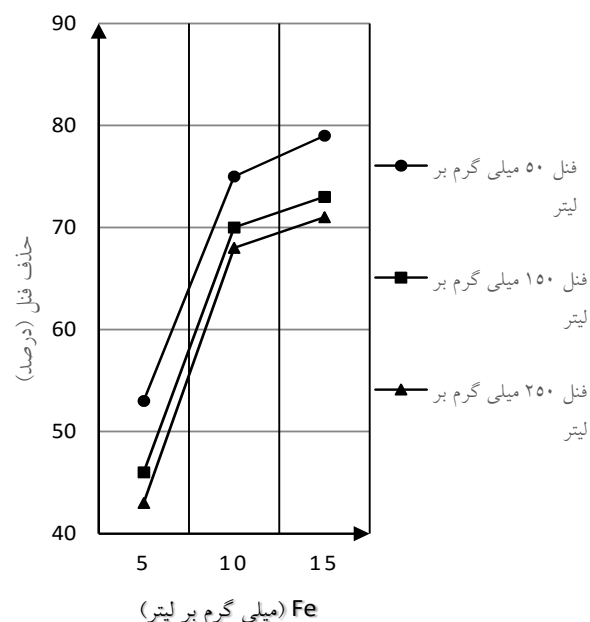
شکل ۴- راندمان حذف فنل به روش اکسیداسیون فنتون - در شرایط $Fe=10$ میلی گرم در لیتر
Time=15 min و pH=3

همان گونه که مشاهده می شود افزایش میزان Fe از ۵ تا ۱۰ میلی گرم بر لیتر در تمامی نمودارهای ارائه شده در شکل های ۶ تا ۸ باعث افزایش شدید راندمان حذف فنل شده، ولی شیب این افزایش راندمان حذف در بخش بعدی افزایش میزان Fe

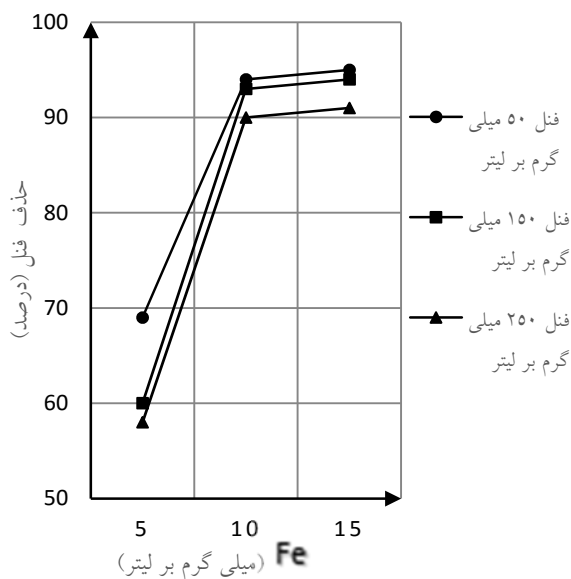
شرایط $pH=3$ و $Time=15$ min و $Fe=15$ mg/l از ۷۱ درصد به ۹۱ درصد رسانده است. در شکل های ۶ تا ۸ میزان حذف فنل به کمک اکسیداسیون فنتون در شرایط افزایش میزان Fe ارائه شده است.



شکل ۷- راندمان حذف فنل به روش اکسیداسیون فنتون - در شرایط $H_2O_2=150$ میلی گرم در لیتر
Time=15 min و pH=3



شکل ۶- راندمان حذف فنل به روش اکسیداسیون فنتون - در شرایط $H_2O_2=100$ میلی گرم در لیتر
Time=15 min و pH=3

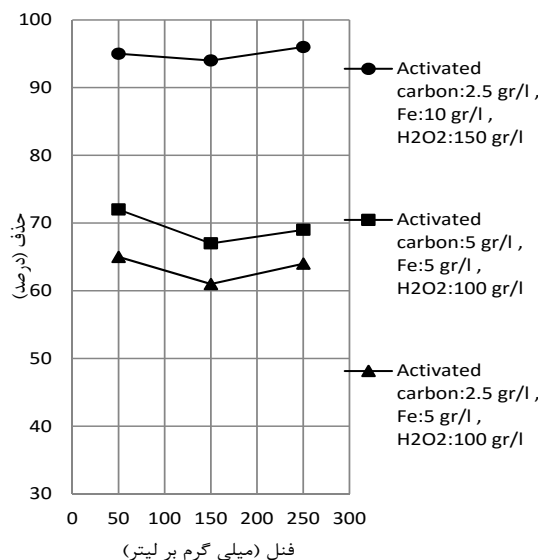


شکل ۸- راندمان حذف فنل به روش اکسیداسیون فنتون - در شرایط $H_2O_2=200$ میلی گرم در لیتر
Time=15 min و pH=3

در شکل ۹ میزان حذف فنل به کمک فرآیند ترکیبی جذب کربن فعال و اکسیداسیون فنتون ارائه شده است. لازم به ذکر است در روش ترکیبی، انتخاب جاذب و اکسیدکننده‌ها با رویکرد استفاده حداقلی از مواد (به دلیل صرفه اقتصادی) بوده است.

بررسی شکل ۹ نشان می‌دهد در آزمایش ترکیبی و با رویکرد استفاده حداقلی از مواد مصرفی، در صورتی که میزان جاذب کربن فعال گرانه ۵/۲ گرم بر لیتر و میزان H_2O_2 و Fe

۱۰ تا ۱۵ میلی گرم بر لیتر کاهش یافته است. به عنوان مثال، در شکل ۸ افزایش میزان Fe از ۵ به ۱۰ میلی گرم بر لیتر میزان حذف فنل را برای فنل با غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر و در شرایط pH=3 و Time=15 min و $H_2O_2=15$ mg/l از ۵۸ درصد به ۹۰ درصد رسانده است. در حالی که افزایش بیشتر میزان Fe در این آزمایش از ۱۰ به ۱۵ میلی گرم بر لیتر، راندمان حذف را تنها ۱ درصد افزایش داده و به ۹۱ درصد رسانده است.



شکل ۹- راندمان حذف فنل به روش ترکیبی جذب کربن فعال و اکسیداسیون فنتون
Time=15 min, pH=3

جذب با جاذب $5/2 \text{ g/l}$ معادل 73% درصد و در آزمایش تنهای فنتون ($\text{Fe} = 10 \text{ mg/l}$ و $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/l}$) برای فنلی با همین غلظت معادل 80% درصد بود که آزمایش ترکیبی در این غلظت راندمان سیستم حذف را تا 96% درصد افزایش داده است. در نتیجه فرآیند تلفیقی جذب و اکسیداسیون فنتون می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب برای کاهش آلاینده فنل از آب مورد استفاده قرار گیرد.

۶- مراجع

- بذرافشان، ا.، حیدری نژاد، ف.، و کرد مصطفی پور، ف.، (۱۳۹۲)، "حذف فنل از محلول‌های آبی با استفاده از خاکستر پوسته پسته به‌عنوان یک جاذب ارزان قیمت"، *مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار*، ۲۰(۲)، ۱۴۱-۱۵۳.
- جمشیدی، ن.، ترابی‌ان، ع.، عظیمی، ع.، نبی بیدهدی، غ.، جعفرزاده، م.، (۱۳۸۸)، "اکسیداسیون فوتوشیمیایی پیشرفته برای حذف فنل از محیط‌های آبی"، *مجله آب و فاضلاب*، ۴، ۲۹-۲۴.
- دفتر حقوقی و امور مجلس، (۱۳۷۹)، *مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست*، انتشارات سازمان محیط زیست، جلد اول، فصل اول، بخش پنجم، تهران، ایران.
- رخش خورشید، ع.، اکبری، ح.، بذرافشان، ا.، و حسین‌بر، م.، (۱۳۹۱)، "بررسی میزان حذف فنل با استفاده از خاکستر هسته خرما در محیط آبی"، *مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار*، ۲۰(۲)، ۳۳-۳۸.
- شیخ محمدی، ا.، منشوری، م.، یزدان‌بخش، ا.، و سردار، م.، (۱۳۹۲)، "بررسی کارایی فرآیند شبه فنتون در حذف ۴-کلرو فنل از محیط‌های آبی"، *مجله طلوع بهداشت*، ۱۲(۱)، ۶۷-۷۷.
- ملکوتیان، م.، و اسدی، م.، (۱۳۹۰)، "کارایی فرآیند اکسیداسیون فنتون در حذف فنل از محلول‌های آبی"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۲(۳)، ۴۶-۵۲.

به‌ترتیب ۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، راندمان حذف فنل با غلظت‌های اولیه ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب برابر ۶۵، ۶۱ و ۶۴ درصد بوده است و در شرایطی که میزان جاذب افزایش یافته و به مقدار ۵ گرم بر لیتر رسیده است، راندمان حذف برای غلظت‌های مختلف فنل کمی افزایش یافته و به ۷۲، ۶۷ و ۶۹ درصد خواهد رسید. لیکن در این آزمایش و در صورتی که در آزمایش ترکیبی میزان اکسیدکننده افزایش پیدا کرده و به $\text{Fe} = 10 \text{ mg/l}$ و $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/l}$ رسانده شود، راندمان حذف فنل به‌شدت افزایش یافته و برای غلظت‌های مختلف فنل به ۹۵، ۹۴ و ۹۶ درصد خواهد رسید. در واقع آزمایش ترکیبی جذب و اکسیداسیون فنتون برای حذف فنل که به نوعی بهره‌گیری از آزمایش فیزیکی جذب و آزمایش شیمیایی اکسیداسیون بوده است، بیشتر تحت تاثیر میزان اکسیدکننده بوده و افزایش آن راندمان حذف را نیز افزایش داده است.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده افزایش قابل ملاحظه در راندمان حذف فنل در روش ترکیبی با شرایط میزان بیان شده برای اکسیدکننده و جاذب را نشان می‌دهد، به‌نحوی که راندمان حذف در همه غلظت‌های فنل بیش از ۹۴ درصد و به‌طور خاص برای غلظت 50 mg/l فنل برابر ۹۵ درصد و برای غلظت 150 mg/l فنل برابر ۹۴ درصد و برای غلظت 250 mg/l فنل برابر ۹۶ درصد بود. در صورتی که مطابق نتایج ارائه شده در بخش‌های گذشته، میزان حذف برای فنلی با غلظت 50 mg/l در آزمایش تنهای جذب با جاذب $5/2 \text{ g/l}$ معادل ۴۵ درصد و در آزمایش تنهای فنتون ($\text{Fe} = 10 \text{ mg/l}$ و $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/l}$) برای فنلی با همین غلظت معادل ۸۸ درصد بوده است. در واقع آزمایش ترکیبی توانسته در این غلظت از فنل کارایی سیستم حذف را تا مرز ۹۵ درصد افزایش دهد.

این موضوع برای فنل با غلظت 150 mg/l نیز اتفاق افتاده به‌نحوی که در آزمایش تنهای جذب با جاذب $5/2 \text{ g/l}$ معادل ۵۳ درصد و در آزمایش تنهای فنتون ($\text{Fe} = 10 \text{ mg/l}$ و $\text{H}_2\text{O}_2 = 150 \text{ mg/l}$) برای فنلی با همین غلظت، معادل ۸۳ درصد بود. در واقع آزمایش ترکیبی در این غلظت نیز کارایی سیستم حذف را تا مرز ۹۴ درصد افزایش داد. در نهایت برای فنل با غلظت 250 mg/l نیز نتایج نشان داد که در آزمایش تنهای

- Abdelkreem, M., (2013), "Adsorption of Phenol from industrial wastewater using olive mill waste", Higher Technological Institute, 10th of Ramadan City, Egypt.
- Adriana, S., Ricardo, G., Manuel, I., Maldonado, R., Joan, M., and Peralta, H., (2014), "Optimization of the operating parameters using RSM for the Fenton oxidation process and adsorption on vegetal carbon of MO solutions", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, 848-857.
- Hadjltaief, H.B., Da Costa, P., Beaunier, P., Gálvez,

- M.E., and Ben Zina, M., (2014), "Fe-clay-plate as a heterogeneous catalyst in photo-Fenton oxidation of phenol as probe molecule for water treatment", *Journal of Applied Clay Science*, 91-92, 46-54.
- Ferrarese, E., Andreottola, G., and Opera, I.A., (2007), "Remediation of PAH-contaminated sediments by chemical oxidation", *Hazardous Materials*, 152, 128-139.
- Habib, I., (2013), "Removal of Phenol from industrial wastewater using sawdust", *International Journal of Engineering and Science*, 3, 25-31.
- Maekawa, J., Mae, K., and Nakagawa, H., (2014), "Fenton-Cu 2+ system for Phenol mineralization", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2, 1275-1280.
- Standard Methods, (1999), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th Edition, American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA) and the Water Environment Federation (WEF).
- Wang, L., Yao, Y., Zhang, Z., Sun, L., Lu, W., Chen, W., and Chen, H., (2014), "Activated carbon fibers as an excellent partner of Fenton catalyst for dyes decolonization by combination of adsorption and oxidation", *Chemical Engineering Journal*, 251, 348-354.
- Wen, S., Kuo, L., and Wu, N., (2009), "Fenton degradation of 4-chlorophenol contaminated water promoted by solar irradiation", *Solar Energy*, 84, 59-65.
- World Health Organization (WHO), (2003), "International standards for drinking water", Geneva.

Using Advanced Oxidation Processes for Treatment of Wastewaters Containing Dimethyl Sulfoxide: A Review

Maryam Behroozeh¹, Mohsen Abbasi^{2*} and Shahriar Osfour³

1- MSc. Student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Oil, Gas and Petrochemical Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Oil, Gas and Petrochemical Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

3- Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Oil, Gas and Petrochemical Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

* Corresponding Author, Email: m.abbasi@pgu.ac.ir

Received: 8/8/2017

Revised: 2/7/2018

Accepted: 2/7/2018

Abstract

The use of dimethyl sulfoxide (DMSO) as a solvent for organic and inorganic compounds in various industries such as pharmaceutical, electronic and acrylic fiber manufacturing process has been increased in recent years. According to the growth of these industries in recent decades, treatment of DMSO wastewaters has become a serious concern. Although DMSO itself has low toxicity, the biological treatment of wastewater containing DMSO, is known to be difficult. According to limitations of biological treatment due to production of toxic compounds, advanced oxidation processes (AOPs) is considered as a most efficient method and the best one for purifying organic compounds which are resistant to conventional physical and chemical processes. In this study, some important AOPs such as extended and hybrid Fenton processes (photo- Fenton, electro- Fenton and photo-electro Fenton), ozone-based processes (O_3 , O_3/H_2O_2 , O_3/UV), UV/H_2O_2 and TiO_2/UV have been studied in the treatment of wastewaters containing DMSO. The efficiencies of these processes were also evaluated and discussed. Overall, it can be concluded that hybrid Fenton processes and ozone-based processes are more effective for removal of DMSO from wastewater.

Keywords: Advanced Oxidation Processes, DMSO, Hydrogen Peroxide, Ozone, Wastewater.

مروری بر تصفیه پساب‌های حاوی دی‌متیل سولفوکسید با استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته

مریم بهروزه^۱، محسن عباسی^{۲*} و شهریار عصفوری^۳
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشکده نفت، گاز و پتروشیمی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
۲- استادیار مهندسی شیمی، دانشکده نفت، گاز و پتروشیمی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
۳- دانشیار مهندسی شیمی، دانشکده نفت، گاز و پتروشیمی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
* نویسنده مسئول، ایمیل: m.abbasi@pgu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۱

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از دی‌متیل سولفوکسید (DMSO) به‌عنوان حلال ترکیبات آلی و غیرآلی در صنایع مختلفی مانند داروسازی، الکترونیک و فرایندهای تولید الیاف آکریک رو به افزایش است. با توجه به رشد صنایع ذکر شده در دهه‌های اخیر، تصفیه پساب‌های DMSO یک نگرانی جدی محسوب می‌شود. اگرچه سمیت DMSO پایین است، اما تصفیه بیولوژیکی پساب‌های حاوی DMSO به‌علت تولید ترکیبات سمی، مشکل است. با توجه به محدودیت‌های تصفیه بیولوژیکی، فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) به‌عنوان بهترین و کارآمدترین روش برای تصفیه ترکیبات آلی مقاوم در برابر روش‌های فیزیکی و شیمیایی معمولی در نظر گرفته می‌شوند. در این مطالعه برخی از فرایندهای مهم AOPs مانند فرایندهای توسعه یافته و هیبریدی فنتون (فتوفنتون، الکتروفنتون و فتوالکتروفنتون)، فرایندهایی بر پایه ازن (O_3/UV ، O_3/H_2O_2 ، $O_3/OH^\cdot$)، UV/H_2O_2 و TiO_2/UV در تصفیه پساب‌های DMSO مورد مطالعه قرار می‌گیرد. علاوه بر این، کارایی این فرایندها مورد بحث و ارزیابی قرار گرفته است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که فرایندهای هیبریدی فنتون و فرایندهایی بر پایه ازن در حذف DMSO از پساب مؤثرتر هستند.

کلمات کلیدی: پساب، DMSO، فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، ازن، هیدروژن پراکسید.

بنابراین پساب DMSO نمی‌تواند با سایر پساب‌های آلی تصفیه شود. به‌طور معمول پساب‌های حاوی DMSO جمع‌آوری شده و به‌طور جداگانه به‌عنوان پساب صنعتی به‌کار گرفته می‌شود. از جمله فرایندهای مؤثر در زمینه تصفیه پساب DMSO، فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته^۲ (AOPs) است (Koito et al., 1998).

۲- مفهوم فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته

مفهوم فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) اولین بار توسط Glaze et al. (1987) ارائه شد (Huang et al., 1993). در حقیقت آن‌ها، اکسیداسیون پیشرفته را به‌عنوان فرایند تصفیه آب، در دما و فشار نزدیک به محیط شامل تولید رادیکال هیدروکسیل ($\cdot\text{OH}$) دانست که به اندازه کافی در پاک‌سازی و پالایش آب مؤثر است (Munter, 2001). رادیکال آزاد هیدروکسیل به‌عنوان یک اکسنده شیمیایی و غیرانتخاب‌گر است که خیلی سریع با ترکیبات آلی سمی موجود در محیط (مانند آب و خاک) ترکیب شده و آن‌ها را از بین می‌برد (Mohajerani et al., 2009). در جدول ۱ قدرت اکسندگی رادیکال هیدروکسیل ($\cdot\text{OH}$) نسبت به کلر و اکسندهای مختلف آورده شده است (Glaze et al., 1987; Krzemińska et al., 2015).

دی‌متیل سولفوکسید^۱ (DMSO) به‌عنوان حلال ترکیبات آلی و غیرآلی در صنایع مختلفی مانند داروسازی، تهیه غشاهای پلیمری، صنایع رنگ‌سازی، الیاف آکریلیک و صنعت الکترونیک به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lei et al., 2010). دی‌متیل سولفوکسید حلال آلی بسیار قطبی و فاقد پروتون است که دارای نقطه جوش بالا و قابلیت انحلال زیاد در آب است. همچنین دی‌متیل سولفوکسید در بسیاری از ترکیبات غیراشباع آلی، ترکیبات معطره و کلردار، الکل‌ها و استرها قابلیت انحلال دارد (Chen et al., 2016). اگرچه DMSO دارای سمیت پایین است، اما طبق استانداردهای آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا^۲ (US EPA)، میزان تخلیه DMSO به آب‌های سطحی باید کم‌تر از $0.5/\text{mg.L}^{-1}$ باشد (Lei et al., 2010). بنابراین تشخیص فرایند مناسب جهت تصفیه پساب‌های صنعتی حاوی DMSO بسیار دشوار است. به‌عنوان مثال فرایندهای تصفیه بیولوژیکی هوازی، بازدهی مؤثری ندارند و فرایندهای تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی ترکیبات سمی و فراری با بوی نامطبوعی از قبیل دی‌متیل سولفید ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$)، متیل مرکاپتان (CH_3SH) و سولفید هیدروژن (H_2S) تولید می‌کنند که عملاً فرایند تصفیه پساب را بسیار مشکل و یا غیرممکن می‌سازد (Park et al., 2001).

جدول ۱- مقایسه قدرت رادیکال هیدروکسیل نسبت به سایر اکسندها (Krzemińska et al., 2015)

اکسنده	پتانسیل اکسیداسیون الکتروشیمیایی (V)	قدرت اکسندگی نسبت به کلر (V)
فلوئور	۳/۰۳	۲/۲۲
رادیکال هیدروکسیل	۲/۸۰	۲/۰۵
ازن	۲/۰۷	۱/۵۲
هیدروژن پراکسید	۱/۷۷	۱/۳۰
رادیکال پرهیدروکسیل	۱/۷۰	۱/۲۵
پرمنگنات	۱/۶۸	۱/۲۴
هیپوکلرواسید	۱/۴۹	۱/۰۹
کلر	۱/۳۶	۱

طبق جدول ۱ فلوئور قوی‌ترین اکسند موجود در این لیست محسوب می‌شود. با این حال، فلوئور یک هالوژن است که ممکن است در طول فرایندهای اکسیداسیون، ترکیبات هالوژنه تولید کند که برای سلامتی انسان مضر هستند (Huang et al., 1993). از جمله ویژگی‌های رادیکال هیدروکسیل می‌توان به واکنش‌پذیری سریع، قدرت اکسیداسیون بالا، ماندگاری کم در محیط واکنش ($t \leq 10^3 s$)، خاصیت غیرانتخابی، الکترون دوست بودن و تولید آسان آن اشاره کرد (Buthiyappan et al., 2016). از طرفی ثابت سرعت واکنش‌های رادیکال هیدروکسیل در محدوده $10^{11} - 10^8 M^{-1}.S^{-1}$ است که در جدول ۲ نشان داده شده است (Munter, 2001).

جدول ۲- ثابت‌های سرعت واکنش ($k, M^{-1}.S^{-1}$) رادیکال هیدروکسیل (Munter, 2001)

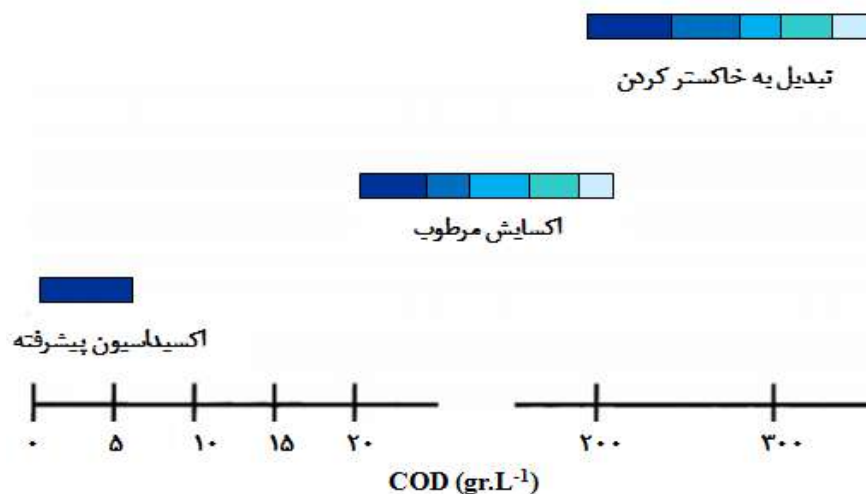
ماده آلی	سرعت واکنش رادیکال هیدروکسیل
الکن‌های کلردار	$10^{11} - 10^9$
فنل‌ها	$10^{10} - 10^9$
ماده آلی حاوی نیتروژن	$10^{10} - 10^8$
آروماتیک‌ها	$10^{11} - 10^8$
کتون‌ها	$10^{10} - 10^9$
الکل‌ها	$10^9 - 10^8$

فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته در مواردی مناسب هستند که مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی^۴ (COD) کم‌تر از $gr.L^{-1}$ ۵ باشد. در غیر این صورت مصرف مواد شیمیایی خیلی زیاد می‌شود و روش مقرون به صرفه نیست. برای تصفیه پساب‌هایی با مقدار COD بالاتر، می‌توان از روش تبدیل به خاکستر کردن یا اکسایش مرطوب استفاده کرد. محدوده و نوع روش قابل کاربرد در شکل ۱ نشان داده شده است (Andreozzi et al., 1999).

۳- تقسیم‌بندی انواع فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته

اولین بار Huang et al. (1993) سیستم‌های مورد استفاده در AOPs را با توجه به تعداد فازهای درگیر در محیط واکنش به دو گروه اصلی و عمده فرایندهای همگن و ناهمگن تقسیم‌بندی کردند. بعدها محققان، این طبقه‌بندی را برحسب استفاده و یا عدم استفاده از تابش UV اصلاح کردند. جدول ۳ تقسیم‌بندی انواع سیستم‌های AOPs را با توجه به پیشرفت‌های حاصل نشان می‌دهد (Mota et al., 2009).

بنابراین سیستم‌های AOPs شامل فرایندهای مختلفی است که در ادامه در مورد برخی از فرایندهای مورد استفاده آن در تصفیه پساب‌های حاوی DMSO بحث خواهد شد. به طور کلی پارامترهای مؤثر در این سیستم‌ها شامل میزان ترکیبات آلی ورودی، میزان کاتالیست، دما، pH محلول، غلظت بهینه اکسیدان‌ها و زمان ماند در راکتور است.



شکل ۱- محدوده COD برای تعیین روش مناسب تصفیه پساب (Andreozzi et al., 1999)

جدول ۳- تقسیم‌بندی انواع سیستم‌های AOPs (Mota et al., 2009)

بدون تابش شیمیایی	با تابش شیمیایی
فرایندهای همگن	
- فرایند ازناسیون در محیط قلیایی (O_3/OH^-) - فرایند پروکسون (O_3/H_2O_2) - فنتون (Fe^{2+}/H_2O_2)، الکتروفنتون و سونوفنتون - اکسیداسیون هوای مرطوب^۵ (WAO)	- فتولیز آب با تابش فرابنفش خلاء UV/H_2O_2 UV/O_3 $UV/H_2O_2/O_3$ - فتوفنتون
فرایندهای ناهمگن	
- اکسیداسیون هوای مرطوب کاتالیستی^۶ (CWAO) - فنتون و ازناسیون کاتالیستی ناهمگن	فرایند فتوکاتالیستی ناهمگن (TiO_2/UV)

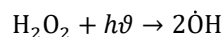
۱ از DMSO را در فرایند ترکیبی UV/H_2O_2 مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که تخریب DMSO در طول فرایند H_2O_2/UV به دو مسیر عمده طبقه‌بندی می‌شود. مرحله اول شامل تشکیل واسطه‌های گوگردی است، بنابراین DMSO از طریق تشکیل متان سولفینیت ($CH_3SO_2^-$) و متان سولفونات ($CH_3SO_3^-$)، در نهایت به سولفات (SO_4^{2-}) تجزیه می‌شود. مرحله دوم، شامل تشکیل واسطه‌های غیرگوگردی مانند فرمالدهید (CH_2O) و فرمات (HCO_2^-) است. در پایان، مقدار کل کربن آلی^۷ (TOC) پساب حاوی DMSO پس از چهار ساعت، ۱/۷۷ درصد گزارش شد.

۵- فرایندهایی بر پایه ازن

ازن به‌عنوان یک مولکول الکترون‌دوست و اکسنده‌ای بسیار انتخاب‌پذیر در نظر گرفته می‌شود و ثابت‌های سرعت واکنش مولکولی آن با گروه‌های مختلف ترکیبات آلی دارای طیف گسترده‌ای از $10^4 - 10^9 \text{ s}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$ است. ازناسیون آلاینده‌های آلی دربرگیرنده دو نوع از واکنش‌های اکسیداسیون است که عبارتند از: واکنش اکسیداسیون مستقیم ترکیبات آلی توسط مولکول ازن در محیط اسیدی و واکنش اکسیداسیون غیرمستقیم ترکیبات آلی به‌وسیله رادیکال هیدروکسیل که ناشی از تجزیه ازن در محیط قلیایی یا خنثی است. واکنش‌های ازن مولکولی جزء فرایندهای اکسیداسیون کلاسیک محسوب می‌شوند، در حالی که واکنش ترکیبات آلی به‌وسیله رادیکال هیدروکسیل حاصل از تجزیه ازن جزء فرایندهای AOPs است (Pi et al., 2007). بنابراین فرایند ازناسیون از جمله فرایندهای مؤثر AOPs در تصفیه پساب است که با توجه به گستردگی

۴- فرایند UV/H_2O_2

تحقیقات در زمینه استفاده از فرایند اکسیداسیون UV/H_2O_2 برای تصفیه آب آشامیدنی در سال ۱۹۹۰ شروع شد. برای فعال‌سازی فرایند اکسیداسیون UV/H_2O_2 ، راکتور حاوی هیدروژن پراکسید در معرض میزان معینی از پرتوی فرابنفش nm (۲۸۰-۳۰۰) قرار می‌گیرد. کاربرد این فرایند در تصفیه آلاینده‌ها از منابع آبی از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه است، زیرا تجهیزات کم‌تری در آن‌ها به‌کار گرفته می‌شود و قابل استفاده در مقیاس کامل هستند. یکی از معایب این فرایند، عدم استفاده از نور خورشید به‌عنوان منبع پرتوی فرابنفش است، زیرا انرژی فرابنفش موردنیاز در طیف امواج نور خورشید وجود ندارد. واکنش تولید رادیکال هیدروکسیل در فرایند UV/H_2O_2 در معادله (۱) نشان داده شده است. در این واکنش، $h\nu$ نمایانگر پرتوی فرابنفش می‌باشد (Catalkaya and Kargi, 2007).



در این زمینه (Koito et al., 1998)، پساب حاوی DMSO را با استفاده از فرایند UV/H_2O_2 مورد آزمایش و بررسی قرار دادند. سرانجام آن‌ها به این نتیجه رسیدند که DMSO به‌سرعت به دی‌متیل سولفید (DMS) تجزیه شده و با ادامه تصفیه، DMS تولیدی به‌تدریج به H_2SO_4 تجزیه می‌شود و هیچ‌گونه ماده مضر تولید نمی‌شود. همچنین (Lee et al., 2004)، مکانیسم و سرعت تجزیه پساب سنتزی حاوی mM

و معدنی سازی (TOC) آن به ترتیب شامل فرایندهای مختلف $O_3/H_2O_2 > O_3 > O_3/UV \approx O_3 > O_3/H_2O_2 > UV/H_2O_2$ و UV/H_2O_2 است. نتایج حاصل از این تحقیق در جدول ۵ ارائه شده است.

۶- فرایند فنتون^{۱۰}

فرایند فنتون یکی از مؤثرترین فرایندهای AOPs محسوب می شود و به طور گسترده در تصفیه آب و خاک آلوده مورد استفاده قرار می گیرد. فرایند فنتون تاریک یا کلاسیک شامل استفاده از یک یا چند عامل اکسیدکننده (معمولاً هیدروژن پراکسید یا اکسیژن) و یک کاتالیز (نمک یا اکسید فلزی، معمولاً آهن) است (Matira et al., 2015). در واقع معرف فنتون محلولی از هیدروژن پراکسید و یون های آهن (Fe^{2+} یا Fe^{3+}) است که در حدود صد سال پیش برای اولین بار

و کارآمد بودن، دارای محدودیت هایی بوده و به تنهایی در تخریب بسیاری از آلاینده های آلی مؤثر نیستند. بنابراین محققان دریافته اند که با ترکیب کردن ازن با دیگر اکسندرها نظیر تابش فرابنفش (UV/O_3) و هیدروژن پراکسید (H_2O_2/O_3) می توان بر محدودیت های فرایند ازناسیون غلبه کرد (Rao and Chu, 2010). در جدول ۴ مزایا، معایب و واکنش های تولید رادیکال هیدروکسیل این فرایندها در زمینه تصفیه پساب درج شده است (Wang and Xu, 2012).

در این زمینه Wu et al. (2007) اکسیداسیون یک پساب سنتزی حاوی $12/8$ mM $DMSO$ را در دو pH متفاوت ۳ و ۱۰ با استفاده از فرایند ازناسیون معمولی و فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (UV/H_2O_2 , O_3/H_2O_2 , O_3/UV) مورد بحث و بررسی قرار دادند. آن ها سرانجام به این نتیجه رسیدند که تمام فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر ازن کارآمدتر از فرایند UV/H_2O_2 هستند و بازدهی تجزیه $DMSO$

جدول ۴- مزایا، معایب و واکنش کلی تولید رادیکال هیدروکسیل فرایندهایی بر پایه ازن (Wang and Xu, 2012)

نوع فرایند	مزایا	معایب	واکنش کلی
$O_3/OH^\cdot$	عدم تولید لجن، تجزیه ازن باقی مانده به اکسیژن، نیاز به فضای کم برای راه اندازی	مصرف بالای انرژی، عدم واکنش با همه آلاینده های آلی به دلیل خاصیت انتخابی ازن، نیاز به انهدام گاز ازن خروجی، تولید محصولات جانبی مانند آلدهیدها	مدل SBH^A ($pH=7$) $2O_3 + OH^- \rightarrow \dot{O}_2^- + 2O_2 + \dot{O}H$ مدل TFG^B ($> pH_v$) $3O_3 + OH^- \rightarrow \dot{O}_3^- + 3O_2 + \dot{O}H$
UV/O_3	عدم استفاده از ماده شیمیایی، کارآمدتر از فرایند ازناسیون به دلیل تولید رادیکال هیدروکسیل بیش تر	نیاز به انهدام گاز ازن خروجی، کاهش بازدهی فرایند در صورت حضور کدورت و مواد کلونیدی در محلول، مصرف انرژی الکتریکی بیش تر	$O_3 + H_2O + h\nu \rightarrow 2\dot{O}H + O_2$
O_3/H_2O_2	کارآمدتر از فرایند ازناسیون به دلیل تولید رادیکال هیدروکسیل بیش تر، مؤثر در اکسیداسیون ترکیبات هالوژن دار	نیاز به انهدام گاز ازن خروجی، تأثیر کم در اکسید کردن آهن و منگنز نسبت به فرایند ازناسیون، نیاز به تصفیه هیدروژن پراکسید اضافی	$H_2O_2 + 2O_3 \rightarrow 2\dot{O}H + 3O_2$

جدول ۵- مقایسه بین معدنی سازی و تخریب $DMSO$ در فرایندهای مختلف AOPs (Wu et al., 2007)

نوع فرایند	pH بهینه	معدنی سازی (TOC) در ۶۰ دقیقه (%)	تخریب $DMSO$ در ۶۰ دقیقه (%)
$O_3/OH^\cdot$	۱۰	۱	۱۰۰
UV/O_3	۱۰	۴/۸	۱۰۰
O_3/H_2O_2	۱۰	۳/۸	۸۶/۴
UV/H_2O_2	۳	-	۱۷/۲

توسط یک مهندس شیمی به نام هنری جان هورستمن فنتون در سال ۱۸۹۴ کشف شد (Fenton, 1894). با این حال، واکنش پذیری شیمیایی آهن به شدت به pH گونه های Fe^{2+} و Fe^{3+} و هیدروکسیدهای آهن بستگی دارد. فرایند فنتون، تنها در محدوده pH از ۲ تا ۴ کارآمد است و بیشترین تأثیر را در محدوده $pH = ۲/۸$ دارد (Cheng et al., 2016). اگر واکنش فنتون همگن توسط محلول Fe^{3+}/H_2O_2 آغاز شود، سرعت واکنش کندتر از Fe^{2+}/H_2O_2 خواهد بود، زیرا ابتدا باید Fe^{3+} قبل از تولید رادیکال های هیدروکسیل به Fe^{2+} کاهش یابد. در مطالعات انجام شده معمولاً چنین واکنشی را فرایند شبه فنتون^{۱۱} می نامند. فرایندهای فنتون اصلاح شده شامل فرایندهای فتوفنتون، الکتروفنتون، سونوفنتون و ترکیبی از این فرایندها مانند سونوفتوفنتون، سونوالکتروفنتون و فتوالکتروفنتون است. در جدول ۶ مزایا، معایب و واکنش های تولید رادیکال هیدروکسیل این فرایندها در زمینه تصفیه پساب درج شده است (Bokare and Choi, 2014). در این جدول، علامت (((نماد امواج اولتراسوند است.

تاکنون در زمینه تصفیه پساب های حاوی DMSO مطالعات متعددی براساس فرایندهای فنتون و فرایندهای اصلاح شده آن صورت گرفته که به برخی از آن ها در جدول ۷ اشاره شده است. براساس نتایج حاصل می توان نتیجه گرفت که فرایندهای اصلاح شده فنتون نقش به سزایی در تصفیه و معدنی سازی پساب های حاوی DMSO دارند.

۷- فرایند TiO_2/UV

فرایند فتوکاتالیستی یکی از فرایندهای ناهمگن AOPs محسوب می شود. فتوکاتالیستی ناهمگن می تواند به منظور افزایش سرعت واکنش نوری در حضور کاتالیست جامد صورت گیرد. در این فرایند از مواد نیمه هادی مانند ZnO ، CdS ، TiO_2 ، WO_3 ، $ZnSe$ ، CuO ، $CuSe$ ، Fe_2O_3 ، CdS برای تولید حفره ها و رادیکال های هیدروکسیل به منظور تخریب آلاینده های آلی مقاوم استفاده می شود. فتوکاتالیست های

جدول ۶- مزایا، معایب و واکنش کلی تولید رادیکال هیدروکسیل فرایندهای مختلف فنتون (Bokare and Choi, 2014)

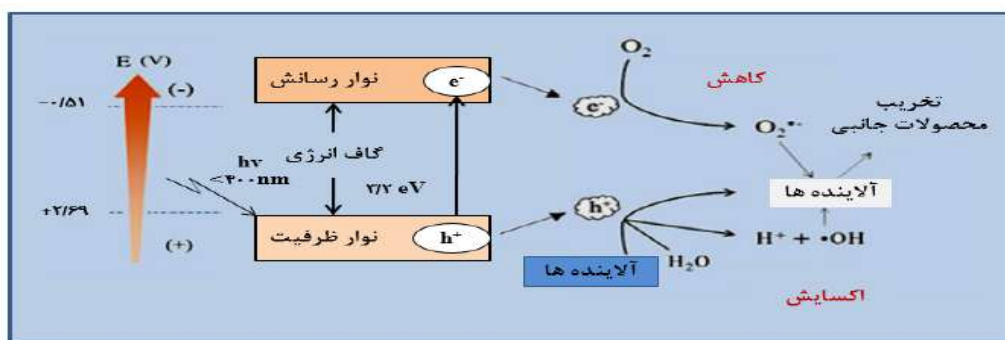
نوع فرایند	مزایا	معایب	واکنش کلی
فنتون	هزینه تجاری کم به دلیل عرضه فراوان آهن، دارای کمترین زمان ماند، بدون ایجاد خطرات زیست محیطی (سمی) نبودن کاتالیست آهن و سازگاری هیدروژن پراکسید با محیط زیست)	تولید مقدار انبوه لجن هیدروکسید فریک و حذف آن، pH پایین مورد نیاز برای جلوگیری از ترسیب یون آهن فرو، جمع آوری و بازیابی یون آهن	$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + \dot{OH}$
فتوفنتون	تخریب بهتر آلاینده های آلی در مقایسه با واکنش فنتون کلاسیک، کاهش لجن تولیدی	کاهش جذب نور UV با افزایش کدورت حاصل از یون های آهن، کاهش طول عمر لامپ به دلیل رسوب ایجاد شده بر آن، pH پایین مورد نیاز برای جلوگیری از ترسیب یون آهن فرو	$Fe^{3+} + H_2O_2 \leftrightarrow FeOOH^{2+} + H^+$ $FeOOH^{2+} + h\nu \rightarrow Fe^{2+} + HO_2$ $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + \dot{OH}$
الکتروفنتون	عدم مصرف مواد شیمیایی یا مصرف کم آن ها، تولید لجن بسیار کم، توانایی تخریب آلاینده های مقاوم مانند ترکیبات آلی پلی آروماتیک، کنترل مناسب میزان یون آهن با کنترل شدت جریان	pH پایین مورد نیاز برای جلوگیری از ترسیب یون آهن فرو، مصرف بالای انرژی الکتریکی	$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$ $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$ $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $Fe^{2+} + e^- \rightarrow Fe^{3+}$ $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + \dot{OH}$
سونوفنتون	امنیت بالا و پاک بودن روش، عدم ایجاد آلودگی ثانویه و راندمان مطلوب به خصوص برای ترکیبات آلی	مصرف بالای انرژی، عدم استفاده در مقیاس های بزرگ	$H_2O_2 +))) \rightarrow 2\dot{OH}$ $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + \dot{OH} + OH^-$

جدول ۷- تصفیه پساب‌های سنتزی و واقعی حاوی DMSO با استفاده از فرایندهای مختلف فنتون

فرایند تصفیه	شرایط عملیاتی بهینه	بازدهی تصفیه	مرجع
فنتون	[DMSO] = ۱۰/۲۶ mM [Fe ²⁺] = ۱۷/۹۱ mM [H ₂ O ₂] = ۲۹/۴۱ mM pH = ۲	۹۶ درصد حذف DMSO بعد از دو ساعت ۲۶ درصد کاهش TOC بعد از دو ساعت	Park et al. (2001)
مقایسه بین فرایندهای مختلف فنتون مانند فتوفنتون، الکتروفنتون و فتوالکتروفنتون	[DMSO] = ۵ mM [Fe ²⁺] = ۲/۱۴ mM [H ₂ O ₂] = ۲۷ mM ۱/۵ A. m ⁻² = چگالی جریان pH = ۲ سه لامپ UVA (۴۸W)	میزان حذف DMSO برای فرایندهای مختلف بعد از دو ساعت: فنتون: ۶۲ درصد فتوفنتون: ۷۱ درصد الکتروفنتون با یک کاتد: ۷۲ درصد الکتروفنتون با دو کاتد: ۹۰ درصد فتوالکتروفنتون: ۱۰۰ درصد	De Luna et al. (2013)
فنتون بستر سیال	[DMSO] = ۵ mM [Fe ²⁺] = ۵ mM [H ₂ O ₂] = ۶۰ mM pH = ۳	۹۸ درصد حذف DMSO بعد از دو ساعت	Bellotindos et al. (2014)
الکتروفنتون (تصفیه پساب واقعی با COD = ۶۴۸۱/۷۲ mg.L ⁻¹)	[Fe ²⁺] = ۵/۱۲۵ mM [H ₂ O ₂] = ۳۲۵ mM ۱/۵ A. m ⁻² = چگالی جریان pH = ۱/۹۵	۶۸ درصد کاهش COD بعد از دو ساعت ۷۹ درصد کاهش TOC بعد از دو ساعت	Colades et al. (2015)
الکتروفنتون (تصفیه پساب واقعی با COD = ۳۸۰۰ mg.L ⁻¹)	[Fe ²⁺] = ۳/۵ mM [H ₂ O ₂] = ۲۸۵ mM ۱/۵ A. m ⁻² = چگالی جریان pH = ۴	۱۰۰ درصد کاهش COD بعد از دو ساعت	Chen et al. (2017)

شکل ۲ یک طرح کلی از حذف آلاینده‌های موجود در پساب توسط این فرایند نشان داده شده است (Cheng et al., 2016). در زمینه کاربرد این فرایند در تصفیه پساب، Abellán et al. (2009)، پساب حاوی DMSO را با استفاده از دو کاتالیست متفاوت Degussa P25 و Hombikat UV100 مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از آزمایش نشان دادند که در شرایط اولیه ۰/۲۵ mM از DMSO و ۱ gr.L⁻¹ از کاتالیست‌های Degussa P25 و Hombikat UV100، بیش‌ترین کاهش TOC به ترتیب، ۸۸ و ۴۵ درصد است. سرانجام به این نتیجه رسیدند که کاتالیست Degussa P25 نسبت به Hombikat UV100 عملکرد بهتری در تخریب DMSO و کاهش TOC دارد.

نیمه‌های ترکیباتی هستند که در اثر تابش نور، واکنش‌های شیمیایی در سطح آن‌ها تسریع می‌شود (Hashimoto et al., 2005). در میان این فتوکاتالیست‌ها، TiO₂ به علت فعالیت بالا، قیمت پایین، در دسترس بودن، سمی نبودن، کاربرد بیشتری دارد (Thiruvengkatachari et al., 2008). در روش دی‌اکسید تیتانیم/پرتو فرابنفش (TiO₂/UV)، پرتو فرابنفش توسط نیمه‌های TiO₂ جذب و از این طریق رادیکال‌های هیدروکسیل تولید می‌شوند. در حین پرتو دهی UV با بیش از انرژی گاف نیمه‌های TiO₂، الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانش منتقل می‌شود و یک حفره در نوار رسانش ایجاد می‌شود. به عبارتی نوارهای الکترون و پروتون آزاد می‌شوند. نوارهای پروتون و واکنش با آب یا آنیون هیدروکسید سبب تولید رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شوند، همچنین نوارهای الکترون از طریق جذب سطحی سبب تولید آنیون‌های سوپراکسید می‌شوند. در



شکل ۲- طرح کلی حذف آلاینده‌های موجود در پساب توسط فرایند فتوکاتالیستی TiO_2/UV (Cheng et al., 2016)

۸- نتیجه‌گیری

۹- پی‌نوشت‌ها

- 1- Dimethyl Sulfoxide
- 2- United States Environmental Protection Agency
- 3- Advanced oxidation processes (AOP or AOPs)
- 4- Chemical Oxygen Demand
- 5- Wet Air Oxidation
- 6- Catalytic Wet Air Oxidation
- 7- Total Organic Carbon
- 8- Staehelin, Bader and Hoigné
- 9- Tomiyasu, Fukutomi and Gordon
- 10- Henry John Horstman Fenton
- 11- Fenton like

فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) در تصفیه پساب‌های DMSO نسبت به سایر فرایندهای تصفیه (تصفیه بیولوژیکی) نقش بسیار مؤثری دارند. در بین روش‌های مختلف اکسیداسیون پیشرفته برای تصفیه پساب‌های DMSO، فرایندهای هیبریدی فنتون و فرایندهایی بر پایه ازن بسیار مؤثرتر واقع شده‌اند. هدف اصلی در تمامی این فرایندها کاهش TOC، افزایش تخریب DMSO و بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر است. معمولاً پارامترهای مؤثر در این فرایندها شامل غلظت آلاینده مورد نظر، غلظت اکسندها، نوع و میزان کاتالیست، دما، pH محلول، قدرت لامپ UV، زمان پرتودهی و همچنین مدت زمان ماند آلاینده در راکتور است. این فرایندها نسبت به فرایندهای بیولوژیکی و فیزیکی، قادر به معدنی‌سازی کامل آلاینده‌ها به آب، دی‌اکسیدکربن و یا ترکیبات زیست‌تخریب‌پذیر هستند و حداقل محصول جانبی را به‌دنبال دارند. اما علی‌رغم مزایای ذکر شده، یکی از معایب این فرایندها هزینه عملیاتی بالا و استفاده از اکسندهای گران‌قیمت است. از طرفی در این فرایندها امکان مصرف رادیکال‌های هیدروکسیل توسط پوشاننده‌های رادیکال نظیر گروه‌های آلکیل، ترکیبات هیومیک‌دار، کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها وجود دارد. بنابراین مهم‌ترین هدف در اجرای این نوع فرایندها، کاهش هزینه‌های عملیاتی، انرژی مورد نیاز و افزایش بازدهی حذف و یا تخریب آلاینده هدف است. در صورت استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته به‌عنوان پیش‌تصفیه پساب‌های ورودی به فرایندهای بیولوژیکی می‌توان به‌طور قابل توجهی هزینه‌های عملیاتی را کاهش داد.

۱۰- مراجع

- Abellán, M., Dillert, R., Gimenez, J., and Bahnemann, D., (2009), "Evaluation of two types of TiO_2 -based catalysts by photodegradation of DMSO in aqueous suspension", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 202(2-3), 164-171.
- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., and Marotta, R., (1999), "Advanced Oxidation Processes (AOP) for water purification and recovery", *Catalysis Today*, 53(1), 51-59.
- Bellotindos, L.M., Lu, M.H., Methatham, T., and Lu, M.C., (2014), "Factors affecting degradation of dimethyl sulfoxide (DMSO) by fluidized-bed Fenton process", *Environmental Science and Pollution Research*, 21(24), 14158-14165.
- Bokare, A.D., and Choi, W., (2014), "Review of iron-free Fenton-like systems for activating H_2O_2 in advanced oxidation processes", *Journal of Hazardous Materials*, 275(6), 121-135.
- Buthiyappan, A., Aziz, A., Raman, A., Daud, W., and Ashri, W.M., (2016). "Recent advances and prospects of catalytic advanced oxidation process in

- Lee, Y., Lee, C., and Yoon, J., (2004), "Kinetics and mechanisms of DMSO (dimethylsulfoxide) degradation by UV/H₂O₂ process" *Water Research*, 38(10), 2579-2588.
- Lei, C.N., Whang, L.M., and Chen, P.C., (2010), "Biological treatment of thin-film transistor liquid crystal display (TFT-LCD) wastewater using aerobic and anoxic/oxic sequencing batch reactors", *Chemosphere*, 81(1), 57-64.
- Matira, E.M., Chen, T.C., Lu, M.C., and Dalida, M.L.P., (2015), "Degradation of dimethyl sulfoxide through fluidized-bed Fenton process", *Journal of Hazardous Materials*, 300(6), 218-226.
- Mohajerani, M., Mehrvar, M., and Ein-Mozaffari, F., (2009), "An overview of the integration of advanced oxidation technologies and other processes for water and wastewater treatment", *International Journal of Engineering*, 3(2), 120-146.
- Mota, A., Albuquerque, L., Beltrame, L.C., Chiavone-Filho, O., Machulek Jr, A., and Nascimento, C., (2009), "Advanced oxidation processes and their application in the petroleum industry: A review", *Brazilian Journal of Petroleum and Gas*, 2(3), 122-142.
- Munter, R., (2001), "Advanced oxidation processes—current status and prospects", *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Chemistry*, 50(2), 59-80.
- Park, S.J., Yoon, T.I., Bae, J.H., Seo, H.J., and Park, H.J., (2001), "Biological treatment of wastewater containing dimethyl sulphoxide from the semiconductor industry", *Process Biochemistry*, 36(6), 579-589.
- Pi, Y., Zhang, L., and Wang, J., (2007), "The formation and influence of hydrogen peroxide during ozonation of para-chlorophenol", *Journal of Hazardous Materials*, 141(3), 707-712.
- Rao, Y., and Chu, W., (2010), "Degradation of linuron by UV, ozonation, and UV/O₃ processes effect of anions and reaction mechanism", *Journal of Hazardous Materials*, 180(1-3), 514-523.
- Thiruvengkatachari, R., Vigneswaran, S., and Moon, I.S., (2008), "A review on UV/TiO₂ photocatalytic oxidation process", *Korean Journal of Chemical Engineering*, 25(1), 64-72.
- Wang, J.L., and Xu, L.J., (2012), "Advanced oxidation processes for wastewater treatment: formation of hydroxyl radical and application", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(3), 251-325.
- Wu, J.J., Muruganandham, M., and Chen, S., (2007), "Degradation of DMSO by ozone-based advanced oxidation processes", *Journal of Hazardous Materials*, 149(1), 218-225.
- treating textile effluents", *Reviews in Chemical Engineering*, 32(1), 1-47.
- Catakaya, E.C., and Kargi, F., (2007), "Color, TOC and AOX removals from pulp mill effluent by advanced oxidation processes: A comparative study", *Journal of Hazardous Materials*, 139(2), 244-253.
- Chen, T.C., Chen, T.E., Lu, M.C., and Bellotindos, L.M., (2017), "Removal of COD from TFT-LCD wastewater by electro-Fenton technology using a tubular reactor", *Journal of Environmental Engineering*, 143(7), 04017018.
- Chen, T.-C., Matira, E., Lu, M.C., and Dalida, M., (2016), "Degradation of dimethyl sulfoxide through fluidized-bed Fenton process: Kinetic analysis", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(4), 1017-1028.
- Cheng, M., Zeng, G., Huang, D., Lai, C., Xu, P., Zhang, C., and Liu, Y., (2016), "Hydroxyl radicals based advanced oxidation processes (AOPs) for remediation of soils contaminated with organic compounds: A review", *Chemical Engineering Journal*, 284(9), 582-598.
- Colades, J.I., De Luna, M.D.G., Su, C.C., and Lu, M.C., (2015), "Treatment of thin film transistor-liquid crystal display (TFT-LCD) wastewater by the electro-Fenton process", *Separation and Purification Technology*, 145(2), 104-112.
- De Luna, M.D.G., Colades, J.I., Su, C.C., and Lu, M.C., (2013), "Comparison of dimethyl sulfoxide degradation by different Fenton processes", *Chemical Engineering Journal*, 232(10), 418-424.
- Fenton, H. (1894). "LXXIII-Oxidation of tartaric acid in presence of iron", *Journal of the Chemical Society, Transactions*, 65(1), 899-910.
- Glaze, W.H., Kang, J.W., and Chapin, D.H., (1987), "The chemistry of water treatment involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation", *Journal of the International Ozone Association*, 9(4), 335-352.
- Hashimoto, K., Irie, H., and Fujishima, A., (2005), "TiO₂ photocatalysis: A historical overview and future prospects", *Japanese Journal of Applied Physics*, 44(12R), 8269.
- Huang, C., Dong, C., and Tang, Z., (1993), "Advanced chemical oxidation: Its present role and potential future in hazardous waste treatment", *Waste Management*, 13(5-7), 361-377.
- Koito, T., Tekawa, M., and Toyoda, A., (1998), "A novel treatment technique for DMSO wastewater", *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 11(1), 3-8.
- Krzemińska, D., Neczaj, E., and Borowski, G., (2015), "Advanced oxidation processes for food industrial wastewater decontamination", *Journal of Ecological Engineering*, 16(2), 61-71.

Evaluation of Water Quality in Zarrineh-rood River Using the Standard Quality Index of Iran's Surface Water Resources

Saeed Khalifeh^{1*} and Ali Khoshnazar²

1- Department of Civil Engineering, University of Shahid Chamran, Kerman, Iran.

2- Master of Science in Environmental Engineering, Aras College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

* Corresponding Author: khalife_saeed@yahoo.com

Received: 22/4/2018

Revised: 13/7/2018

Accepted: 14/7/2018

بررسی کیفیت رودخانه زرینه‌رود با استفاده از شاخص استاندارد کیفیت منابع آب سطحی ایران

سعید خلیفه^{۱*} و علی خوش‌نظر^۲

۱- مربی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه چمران کرمان، کرمان، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش محیط زیست، پردیس بین‌المللی ارس، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: khalife_saeed@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۳

Abstract

Zarrineh-rood River is one of the most important and longest rivers within Orumiye water basin. According to the major drinking use from the river and since the river is receiving different pollutants (natural and artificial) throughout the year, so the water quality control is of great importance. In this research a newly-developed water quality index, the IRAN Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters Index (IRWQI_{sc} index) is used which deals with 11 parameters and presents the result in seven ranges (very bad, bad, moderately bad, medium, moderately good, good and very good). For this study, data from 16 stations in four seasons of the year is used. Results show that no station in none seasons is in range of very good and very bad, and only station 16 in spring is bad. Other results are reported to be in ranges of moderately bad, medium, moderately good and good. As approved advantages to other indices, this index is highlighting the effects of EC and is employing weighted parameters related to domestic wastewater.

Keywords: Zarrineh-rood River, Water Quality Index, Pollutant, Domestic Wastewater.

چکیده

رودخانه زرینه‌رود از جمله مهم‌ترین و طولی‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است که از کوه‌های چهل چشمه کردستان سرچشمه می‌گیرد و در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزد. از جمله استفاده‌های عمده آن، استفاده برای شرب است که به دلیل آلوده شدن رودخانه در فصول مختلف با آلاینده‌های گوناگون طبیعی و انسان‌ساخت، پایش کیفی آب آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش از شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQI_{sc})، که اخیراً توسط سازمان حفاظت محیط زیست مورد پذیرش واقع شده و مبتنی بر اندازه‌گیری ۱۱ پارامتر از پارامترهای کیفی آب است و مقادیر شاخص را در هفت دسته شامل؛ خیلی بد، بد، نسبتاً بد، متوسط، نسبتاً خوب، خوب و بسیار خوب توصیف می‌کند، به منظور بررسی کیفی رودخانه زرینه‌رود در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی و در چهار فصل سال استفاده و در آخر با دیگر شاخص‌های کیفی مقایسه شده است. براساس یافته‌ها، هیچ ایستگاهی در هیچ دوره‌ای در دامنه خیلی بد و بسیار خوب قرار نمی‌گیرد و تنها در فصل بهار ایستگاه شانزده در دامنه بد واقع می‌شود. از جمله مزایای تایید شده این شاخص در این مطالعه تاثیر پارامتر EC در آن و همچنین بهبود ضرایب مربوط به وزن‌دهی به پارامترهای مرتبط با فاضلاب خانگی در محاسبات آن، نسبت به شاخص‌های دیگر است.

واژه‌های کلیدی: زرینه‌رود، شاخص کیفی آب، آلاینده، فاضلاب خانگی.

رودخانه‌ها برای تأمین آب شرب، آبیاری کشاورزی، تولید برق، حمل‌ونقل رودخانه‌ای، تهیه‌ی غذا و حمل‌آلودگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اهمیت آب در تمام جنبه‌های زندگی انسان، گیاهان و جانوران واضح و غیرقابل انکار است. افزایش تقاضای آب و تنوع و تعدد آلاینده‌ها همگان با رشد جمعیت، تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، شیرابه محل‌های دفع زباله و روان‌آب سطحی باعث گسترش آلودگی و محدود شدن منابع آب در دسترس شده است (حسینیان و همکاران، ۱۳۸۵). افزایش کمبود آب در کشورهای در حال توسعه، ارزیابی کیفیت آب را در سال‌های اخیر مبحثی مناسب ساخته است (Anguly, 1998). کیفیت آب سطحی و زیرزمینی بر حسب پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی شناسایی می‌شود. مشکل ویژه پایش کیفی آب تعداد زیاد متغیرهای اندازه‌گیری شده آن است (Boyacioglu, 2006).

کیفیت آب در هر محل منعکس‌کننده اثر عوامل مختلف مانند زمین‌شناسی، شرایط اقلیمی و منابع آلاینده انسانی می‌باشد و پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده‌های پیچیده‌ای می‌شود که حاوی اطلاعات غنی درباره رفتار منابع آب هستند و نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند. در این میان طبقه‌بندی، شبیه‌سازی و تحلیل آماری داده‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی کیفیت آب هستند. این شاخص‌ها ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند که در آن‌ها داده‌های چند پارامتر کیفیت آب در یک فرمول ریاضی که با یک عدد، میزان سلامتی آب را نشان می‌دهد، شرکت داده می‌شوند. این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است، دسته‌بندی می‌شود.

شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان می‌دهند. به کمک شاخص‌های کیفی می‌توان مناطقی را که از نظر آلودگی بیشتر مورد تهدید هستند، مشخص و منابع آب را مدیریت کرد. به‌طور کلی شاخص‌های کیفیت منابع آب به دو گروه تقسیم می‌شوند، شاخص‌های آلودگی که با افزایش آلودگی، عدد شاخص آن‌ها افزایش می‌یابد مانند BCWQI و شاخص‌هایی کیفی که با افزایش آلودگی، عدد شاخص آن‌ها کاهش می‌یابد و با نام شاخص‌های کیفی شناخته می‌شوند. از جمله مهم‌ترین شاخص‌های کیفی منابع آب می‌توان به NSFQI^۱، OWQI^۲، WQI^۳ و IRWQI^۴ اشاره کرد (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴).

شاخص کیفیت آب موسسه بهداشت ملی یا NSFQI در سال ۱۹۷۰ با حمایت موسسه ملی بهداشت آمریکا، توسط Brown et al. (1970) ارائه شد. آن‌ها در ابتدا حدود ۳۵ پارامتر آلودگی را مطرح کرده و سپس بر اساس نظر افراد متخصص حدود ۹ پارامتر را برای ایجاد شاخص اصلی انتخاب کردند (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴). شاخص کیفی اورگان و یا OWQI در ایالت اورگان و در ابتدا توسط یک گروه بررسی‌کننده مسائل کیفی زیست‌محیطی در سال ۱۹۷۹ برای ارزیابی شرایط و روند کیفی آب ایجاد شد. این شاخص جزء شاخص‌های مصارف آب طبقه‌بندی شده است. سادگی و در دسترس بودن پارامترهای کیفی مورد نیاز و تعیین زیر شاخص‌ها با استفاده از شکل‌ها یا روابط تحلیلی از مزایای این روش است. شاخص ساده مدیریتی کیفیت آب و یا WQI توسط محیط‌زیست بریتیش کلمبیای کانادا در سال ۱۹۹۰ طراحی شده و یکی از شاخص‌های مهم و مفید برای ارزیابی آب‌های سطحی برای حفاظت از زندگی آبزیان و مصرف‌کننده‌ای آب است. این شاخص با توجه به پارامترهای فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی مورد نیاز، پهنه آبی را از نظر کیفی برای آشامیدن، کشاورزی، آبزیان، تفریح و سرگرمی و استفاده احشام بررسی می‌کند. لازم به ذکر است که در این شاخص محدودیت پارامتر وجود ندارد و هرچه تعداد پارامترها بیشتر باشد دقت ارزیابی بیشتر خواهد بود. شاخص کیفیت منابع آب ایران و یا IRWQI شاخصی جدید است در سال‌های اخیر توسط محققین سازمان حفاظت محیط زیست ایران ارائه شده است. این شاخص با بررسی یازده پارامتر وضعیت کیفی آب را در هفت دسته توصیف می‌کند (The Iranian Department of Environment, 2011).

در این راستا تحقیقاتی توسط محققین بر روی کیفیت آب صورت گرفته است. حیدری‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) کیفیت آب رودخانه‌ی کارون (بازه ملائانی تا کوت امیر) را با استفاده از شاخص کیفیت آب (NSFWQI) مورد بررسی قرار دارند و مقدار هر شاخص را برای ماه‌های مختلف در سال‌های ۸۶ و ۸۷ محاسبه کردند. نتایج حاصله نشان داد که کیفیت آب کارون در این بازه، در رده بد بوده و کارون در این بازه مورد تهدید جدی است. رازدار و قویدل (۱۳۸۸) کیفیت آب تالاب انزلی را با استفاده از NSFQI و داده‌های ۱۰ ایستگاه به‌مدت یک سال مورد ارزیابی قرارداد. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده کیفیت متوسط آب تالاب در سال ۱۳۸۶ بود. پوراصغر و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی که بر روی شش رودخانه در استان مازندران انجام دادند، مقادیر NSFQI برای کلیه ایستگاه‌ها محاسبه شده و کلیه ایستگاه‌ها در طبقه چهارم یعنی نامناسب قرار گرفته‌اند. پایین‌دست و میان‌دست رودخانه سیاه

همچنین مقایسه با سایر شاخص‌ها، می‌توان گام موثری در این زمینه برداشت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش بررسی (منطقه مورد مطالعه)

حوضه آبریز رودخانه زرینه‌رود در مختصات جغرافیایی $35^{\circ}40'$ تا $28^{\circ}37'$ طول شرقی و $45^{\circ}45'$ تا $47^{\circ}23'$ عرض شمالی واقع شده است. این رودخانه واقع در کشور ایران است (شکل ۱). جهت شیب عمومی این رودخانه از جنوب شرق به سمت شمال غربی است و حداکثر ارتفاع این حوضه 3300 متر از سطح دریا است. رودخانه مذکور که به رودخانه چم‌چغاتو مشهور است از جمله مهم‌ترین و طولی‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. شاخه‌های اولیه این رودخانه از کوه‌های پربرف چهل‌چشمه کردستان در مجاورت شاخه‌های اولیه قزل‌اوزن سرچشمه گرفته و تقریباً موازی سیمینه‌رود جریان می‌یابد و در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزد. رودخانه زرینه‌رود تقریباً 275 کیلومتر طول دارد و مساحت آن نیز تقریباً 1292718 کیلومتر مربع است (The Iranian Department of Environmen, 2007).

۲-۲- معرفی شاخص

روش‌های مختلفی برای سنجش کیفی آب‌های سطحی در دنیا مورد مطالعه قرار گرفته است، که در میان آن‌ها شاخص‌های کیفی آب یکی از روش‌های پرکاربرد و ساده در سطح دنیا است. در روش شاخص کیفی آب تعداد زیاد اطلاعات کیفی آب به‌صورت یک عدد منفرد درآمده که با مقیاس درجه‌بندی هر روش می‌تواند مشخص کند که وضعیت کیفیت آب در کدام طبقه‌بندی انجام شده قرار داشته و وضعیت آن نسبت به مکان و زمان دیگر چگونه تغییر کرده است. گروهی از شاخص‌های کیفی آب مانند NSF در تمام مکان‌ها و زمان‌ها به تعداد محدود و مشخصی داده و پارامتر متکی هستند، این درحالی‌است که گروه دیگری از شاخص‌های کیفی آب این محدودیت و وابستگی را ندارند، مانند شاخص کیفی آب CCME، که یک ابزار علمی ارتباطی است که اطلاعات چندمتغیری کیفی آب را با مرجع کیفی آب تعیین شده به‌وسیله کاربر پایش می‌کند. شاخص $IRWQI_{sc}$ از دسته اول است. در تحقیق پیش رو شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران

رود وضعیت بسیار بدتری نسبت به سایر رودخانه‌ها داشته که به‌دلیل تخلیه پساب از کارخانه‌های متعدد و بیمارستان و رواناب‌های شهری به رودخانه است. وضعیت رودخانه تجن نسبت به سایر رودخانه‌ها نسبتاً مناسب‌تر بوده که به‌دلیل کمتر بودن روستاها و شهرهای مسکونی اطراف رودخانه است.

جمشیدزاده و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از روش CWQI کیفیت آب رودخانه کرج را ارزیابی کردند. در این مطالعه نمونه‌های جمع‌آوری شده از سال ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در چند ایستگاه خاص مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای کیفی نظیر pH، دما، کدورت و جامدات معلق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به‌دلیل ورود مستقیم فاضلاب‌های تولیدی، کیفیت آب در بعضی ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین در پژوهش‌های دیگری که بر روی رودخانه‌های کارون (هوشمند و همکاران، ۱۳۸۶)، اترک (مفتاح، ۱۳۸۹)، گرگر (نوروزی و همکاران ۱۳۹۱) و زهره (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷) انجام گرفت، محققین به بررسی کیفیت آب این رودخانه‌ها با استفاده از $OWQI$ ، $NSFWQI$ و $CWQI$ پرداختند.

در پژوهش حاضر به‌منظور بررسی مکانی و زمانی تغییرات کیفی آب، تعداد ۱۶ ایستگاه از رودخانه زرینه‌رود که طی مدت ۴ فصل مختلف برداشت شده بودند انتخاب شد و مطالعات کیفی بر روی آن‌ها بر اساس شاخص بومی با نام $IRWQI_{sc}$ که توسط سازمان محیط زیست ایران جایگزین شاخص کیفی آب NSF شده است، مورد بررسی قرار گرفت. از مزایای شاخص مورد مطالعه می‌توان به مواردی اشاره نمود از جمله؛ استفاده از پارامتر EC در آن، چراکه این پارامتر در طبقه‌بندی‌های کشاورزی آب نیز به‌کار می‌رود (مانند ویلکوکس که در آن معین خطر شوری است)، که موجب کارآتر شدن شاخص می‌شود. همچنین ضرایب مناسب هر یک از پارامترها در محاسبه شاخص با توجه به شرایط بومی ایران نیز از دیگر مزایای این شاخص است. دسته‌بندی‌های بیشتر (هفت‌گانه) برای کیفیت‌های مختلف آب و در نتیجه ایجاد تمایزهای چشمگیرتر در نمونه‌های مختلف نیز از جمله مزایای این شاخص به حساب می‌آید. باتوجه به اهمیت رودخانه زرینه‌رود که از جمله مهم‌ترین و طولی‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است، استفاده از این رودخانه برای مصارف شرب به‌دلیل توجه به وضع کیفی آب رودخانه از نظر میزان آلاینده‌گی در فصول مختلف، پایش کیفی و استفاده از شاخص بومی و

($IRWQI_{SC}$) در رودخانه زرينه‌رود مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته‌اند.

۳-۲- شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$)

شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) توسط سازمان حفاظت محیط زیست جمهوری اسلامی ایران مورد پذیرش قرار گرفته است. در این شاخص ۱۱ پارامتر مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند که این پارامترها به‌همراه واحد اندازه‌گیری و وزن هریک در جدول ۱ ارائه شده است.

سپس این مقادیر براساس واحدهای مختص به هرکدام و با استفاده از منحنی ویژه هر پارامتر به مقادیر صفر تا صد تبدیل می‌شوند و زیرشاخص هر پارامتر به‌دست می‌آید. در نهایت این شاخص با معادله (۱) قابل محاسبه است:

$$RWQISC = (\prod_{i=1}^n I_i w_i)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

که: w_i وزن پارامتر i ام، n : تعداد پارامترهایی که ممکن است از تمام ۱۱ پارامتر کمتر باشند و I_i : مقدار زیرشاخص پارامتر i ام؛ هستند. سپس برای توصیف کیفیت آب با توجه به مقدار شاخص از جدول ۲ استفاده می‌شود.

۴-۲- معرفی دوره نمونه‌برداری و ایستگاه‌ها

در این تحقیق در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی واقع بر رودخانه زرينه‌رود در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان (چهار دوره) پارامترهای مورد نیاز اندازه‌گیری و گزارش شده‌اند. شکل ۲ و جدول ۳ محل قرارگیری ۱۶ ایستگاه مذکور و مشخصات جغرافیایی هر یک را نشان می‌دهند.

۳- یافته‌ها

نتایج پارامترهای اندازه‌گیری شده آب مورد بررسی در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار دوره بهار، تابستان، پاییز و زمستان در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه در چهار فصل سال (جدول ۳) و با توجه به نمودارهای ویژه زیر شاخص‌های مربوط به هر پارامتر، شاخص $IRWQI_{SC}$ در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار فصل مختلف با توجه به معادله مربوط به



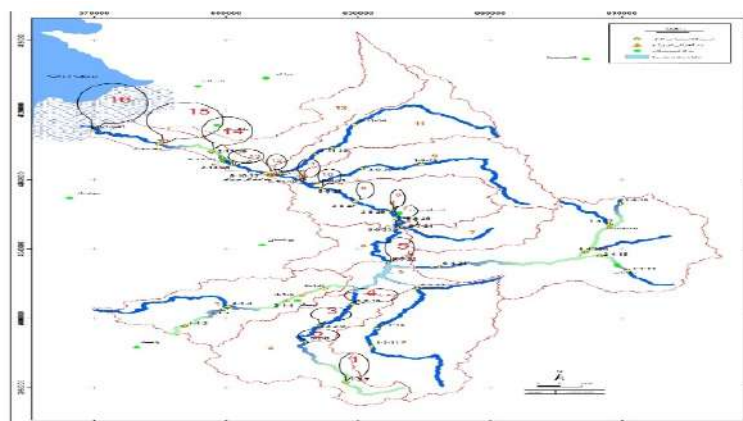
شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده در شاخص $IRWQI_{SC}$

پارامتر	وزن
FC	۰/۱۴
BOD	۰/۱۱۷
NO ₃	۰/۱۰۸
DO	۰/۰۹۷
EC	۰/۰۹۶
COD	۰/۰۹۳
NH ₄	۰/۰۹
PO ₄	۰/۰۸۷
Opacity	۰/۰۶۲
TDS	۰/۰۵۹
pH	۰/۰۵۱

جدول ۲- طبقه‌بندی کیفی آب براساس شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$)

میزان کیفیت	مقدار
بسیار بد	کمتر از ۱۵
بد	۲۹/۹-۱۵
نسبتاً بد	۴۴/۹-۳۰
متوسط	۵۵-۴۵
نسبتاً خوب	۷۰-۵۵/۱
خوب	۸۵-۷۰/۱
بسیار خوب	بیشتر از ۸۵



شکل ۲- محل استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری واقع بر رودخانه زربینه رود

جدول ۳- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری واقع بر رودخانه زربینه رود

موقعیت منطقه‌ای	ارتفاع	کد ایستگاه	مختصات جغرافیایی
بعد از روستای بسطام	۱۷۳۰	۱	$N : 35^{\circ} 48' 02''$ $E : 46^{\circ} 24' 20''$
روستای طاله جر، کنار کارخانه بلوک‌زنی	۱۵۴۰	۲	$N : 36^{\circ} 00' 53.3''$ $E : 46^{\circ} 18' 38.1''$
نرسیده به روستای قشلاق پل	۱۴۷۵	۳	$N : 36^{\circ} 05' 59.7''$ $E : 46^{\circ} 20' 50.5''$
ورودی رودخانه جغتوچای دریاچه سد بوکان	۱۴۳۵	۴	$N : 36^{\circ} 12' 31.5''$ $E : 46^{\circ} 25' 53.4''$
سد بوکان	۱۳۹۵	۵	$N : 36^{\circ} 25' 30.7''$ $E : 46^{\circ} 31' 42.5''$
روستای قزکریبی	۱۳۶۵	۶	$N : 36^{\circ} 36' 23.1''$ $E : 46^{\circ} 33' 07.4''$
بعد از شهر شاهین دژ	۱۳۵۵	۷	$N : 36^{\circ} 38' 52.6''$ $E : 46^{\circ} 33' 14.2''$
بعد از شهرک صنعتی	۱۳۵۲	۸	$N : 36^{\circ} 41' 32.9''$ $E : 46^{\circ} 33' 52.6''$
روستای نوروزآباد	۱۳۴۶	۹	$N : 36^{\circ} 44' 34.2''$ $E : 46^{\circ} 26' 59.2''$
۳۶ کیلومتر مانده به شاهین‌دژ	۱۳۴۶	۱۰	$N : 36^{\circ} 48' 49.5''$ $E : 46^{\circ} 21' 44.7''$
روستای آیدیشه	۱۳۳۰	۱۱	$N : 36^{\circ} 51' 35.5''$ $E : 46^{\circ} 18' 59.4''$
روستای نوروزلو	۱۳۲۱	۱۲	$N : 36^{\circ} 53' 27.4''$ $E : 46^{\circ} 13' 54.4''$
روستای تقی‌آباد	۱۲۸۸	۱۳	$N : 36^{\circ} 56' 15.2''$ $E : 46^{\circ} 08' 15.5''$
ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی	۱۳۰۰	۱۴	$N : 37^{\circ} 00' 27.8''$ $E : 46^{\circ} 05' 11.4''$
روستای نظام‌آباد-ایستگاه هیدرومتری	۱۳۰۱	۱۵	$N : 36^{\circ} 23' 59.7''$ $E : 47^{\circ} 06' 13.6''$
روستای قلعه‌بزرگ	۱۲۹۱	۱۶	$N : 37^{\circ} 07' 05.9''$ $E : 45^{\circ} 47' 08''$

جدول ۴- مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترها در ۱۶ ایستگاه و در چهار دوره

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
DO	۷۷	۷۲	۷۴	۸۷	۶۶	۸۱	۶۰	۷۱
(sat/%)								
FC	۷۵	۲۱	۲۳	۴۳	۰	۳۳	۴۱	۳۵۰
pH	۸,۲۳	۸,۲۵	۸,۲۳	۵,۵۱	۷,۵۵	۸,۳۱	۷,۵۷	۷,۶۸
BOD	۱۳,۸	۲,۹	۴,۳	۹,۲	۲	۳	۳	۳
TEMP.	۲۲	۲۲,۸	۲۳	۲۳,۷	۱۳	۱۷,۶	۱۴,۹	۱۸
T.PHOS.	NA	NA	NA	NA	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱
NIT.	۲,۵	۶,۸	۳,۵	۲,۷	۳,۱	۳	۳,۴	۳,۵
TUR	۹,۶	۷,۹۸	۶,۲	۳,۹۸	۲,۳۵	۲,۷۸	۲,۹۴	۳,۸۱
COD	۲۶	۸	۱۶	۳۲	۲۰	۱۴	۱۲	۱۲
EC	۷۵۶	۵۷۲	۴۷۵	۹۴۷	۳۲۳	۲۸۷	۳۵۹	۳۶۵
AMM.	۰,۸۶	۰,۷۳	۰,۶۱	۰,۷۳	NA	NA	NA	NA
فصل	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان
DO	۳۹	۴۵	۵۲	۴۷	۶۴	۶۱	۸۳	۷۶
(sat/%)								
FC	۹۳	۴۳	۴۳	۵۳	۲	۲۲	۱۱۰	۱۳۰
pH	۶,۷۸	۶,۷۵	۶,۸۶	۶,۹	۶,۷	۶,۷۴	۶,۸۳	۶,۸
BOD	۹,۲	۵,۲	۵,۶	۳,۳	۲	۳	۲	۲
TEMP.	۳,۸	۴,۴	۹,۳	۸	۱۲,۸	۱۸	۲۵,۱	۲۳,۳
T.PHOS.	۰,۰۵	۰,۰۴	۰,۱۱	۰,۰۵	۰,۱۱	۰,۱	۰	۰,۰۱
NIT.	۴,۱	۲,۵	۲,۳	۱,۹	۱,۲	۱,۴	۱	۱,۴
TUR	۹,۱۱	۷,۲۵	۹,۴۱	۴,۳۵	۲,۰۴	۲,۷	۳,۶۱	۱۰,۹
COD	۴۸	۲۴	۵۱	۱۸,۵	۱۴	۱۸	۱۳	۱۲
EC	۴۹۶	۳۰۲	۲۶۳	۲۳۷	۲۸۶	۳۴۴	۲۸۵	۳۰۶
AMM.	۰,۵۱۲	۰,۵۸۶	۰,۱۹۵	۰,۳۴۲	NA	NA	NA	NA
فصل	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز
DO	۶۵	۵۳	۸۰	۸۶	۷۹	۵۸	۵۳	۵۰
(sat/%)								
FC	۲۸۰	۲۴۰	۱۷۰	۲۴۰	۱,۸	۲۳	۲۰۰	۱۳۰۰
pH	۷,۲	۷,۱	۷,۲	۷,۳	۶,۹	۷,۲	۷,۲	۷,۱
BOD	۳,۵	۲,۸	۲,۱	۳,۲	۳	۵	۵	۷
TEMP.	۳,۸	۹,۱	۱۱,۶	۱۲,۳	۱۲,۱	۱۳,۵	۱۱,۱	۱۰,۸
T.PHOS.	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	NA
NIT.	۲,۲۱	۲	۱,۹۹	۲,۲۱	۰,۵	۱,۳	۱,۱	۱,۹
TUR	۲,۸۳	۵,۳۷	۲,۵۷	۵,۳۷	۸,۶۸	۹۲,۵	۱۳۱	۱۷۰
COD	۲۲,۵	۱۸,۹	۱۰	۲۹,۵	۸	۱۴	۱۶	۲۱
EC	۳۱۷	۳۷۸	۳۵۹	۳۶۲	۲۹۵	۳۱۷	۳۵۴	۴۱۶
AMM.	۰,۸	۰,۵۴	۰,۵۴	۰,۹۵	NA	NA	NA	NA
فصل	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان
DO	۶۹	۶۶	۶۸	۷۴	۸۷	۸۳	۷۹	۸۱
(sat/%)								
FC	۳۰۰	۳۰۰	۲۲۰	۲۴۰	NA	۴,۵	۴,۵	۵۴۰۰

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
pH	۷,۱۷	۷,۱۵	۷,۶۴	۷,۴۳	۷,۳	۷,۱۷	۸,۳۲	۸,۳۹
BOD	۵	۳,۴	۲,۹۵	۴,۸۶	۳	۵	۳	۴
TEMP.	۴,۶	۳,۲	۵,۳	۸	۵	۷,۷	۷	۶,۳
T.PHOS.	۰,۰۲۵	۰,۰۸	۰,۰۲۵	۰,۰۷	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵
NIT.	۱,۹۹	۲,۲۲	۳,۶۴	۲,۵۳	۰,۵	۱,۷	۱,۶	۱,۸
TUR	۹,۵۱	۱۴,۵	۱۱,۳	۲۹,۱	۲,۳۳	۷,۱	۱۰	۱۴
COD	۲۴,۲	۱۹,۶	۲۳,۶	۳۵	۱۱	۱۸	۱۰	۱۵
EC	۲۹۰	۲۶۸	۲۷۹	۳۰۲	۳۱۵	۳۶۵	۳۸۶	۳۹۶
AMM.	۰,۸۲	۰,۷۱	۱,۳۴	۰,۶۱	۰,۴۸	۰,۵۸	۰,۶۲	۰,۶۴
HEIGHT	۱۷۳۰	۱۵۴۰	۱۴۷۵	۱۴۳۵	۱۳۹۵	۱۳۶۵	۱۳۵۵	۱۳۵۲

ایستگاه	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
DO (sat/.)	۸۲	۸۰	۷۴	۷۲	۸۵	۵۰	۱۰۲	۶۳
FC	۲۳	۴,۵	۲۳	۷,۸	۲۳	۲۳۰	۳۳	۰
pH	۷,۸۶	۷,۸۳	۷,۶۸	۷,۸۴	۷,۹	۷,۶	۷,۸۵	۷,۷۶
BOD	۲	۵	۸	۷,۲	۲	۴	۲	۲
TEMP.	۲۱,۵	۲۱,۷	۱۹,۳	۲۲,۸	۲۲,۷	۱۹,۷	۲۱,۴	۲۳,۸
T.PHOS.	۰,۱	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۲	۰,۱
NIT.	۳,۲	۳,۶	۳	۰	۴,۳	۳,۶	۲	۲۲,۱
TUR	۵,۲۳	۸,۴۱	۱۰,۵۲	۳۴,۳	۳۰,۳	۲۷,۵	۳۶,۷	۲,۴۸
COD	۱۴	۳۲	۲۰	۳۸	۲۴	۴۶	۲۰	۱۸
EC	۳۶۶	۴۰۴	۴۳۸	۴۵۴	۵۱۷	۵۳۲	۹۸۲	۴۱۴۰۰
AMM.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
فصل	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان
DO (sat/.)	۸۵	۷۱	۹۸	۵۸	۴۵	۵۵	۵۵	۸۹
FC	۲۳	۳۳	۱۴	۱۱	۷۹	۲۳۰	۲۲۰	۱,۸
pH	۶,۹۲	۶,۷	۶,۷۷	۶,۶۹	۶,۷۱	۶,۷۷	۶,۶۷	۸,۳
BOD	۲	۲	۳	۵	۳	۲	۳	۶
TEMP.	۲۳,۸	۲۵,۶	۲۷,۴	۲۳,۹	۲۲,۱	۲۳,۴	۲۶,۱	۳۰
T.PHOS.	۰,۰۱	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۰۳
NIT.	۲,۱	۲,۳	۱,۳	۲,۳	۳	۲,۱	۱,۱	۴,۱
TUR	۳,۴۴	۵,۳۱	۱۵,۸	۵۴,۹	۳۶,۷	۱۷,۹	۲۶,۹	۱۹,۶
COD	۱۲	۱۴	۱۵	۳۲	۱۸	۱۶	۲۶	۴۸
EC	۳۷۶	۴۱۲	۴۳۳	۴۰۰	۴۳۹	۴۲۹	۵۷۶	۶۸۲۰۰
AMM.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
فصل	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز
DO (sat/.)	۴۰	۵۱	۶۲	۵۵	۵۵	۶۸	۵۶	۴۹

ایستگاه	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
FC	۳۳۰	۲۳۰	۱۱۰	۲۰	۱۱۰	۱۳۰۰	۷۹	۴,۵
pH	۷	۷,۱	۷,۱	۷,۱	۷,۱	۷	۷	۷,۲
BOD	۲	۲	۱	۴	۵	۱۷	۱۱	۷
TEMP.	۷,۴	۱۰,۱	۱۲,۱	۹,۷	۱۱,۵	۱۰,۹	۱۱,۷	۱۳,۱
T.PHOS.	NA	۰,۰۲۵	NA	۰,۰۲۵	NA	۰,۰۲۵	۰,۰۷	۰,۰۲۵
NIT.	۱,۳	۱,۷	۱,۳	۲,۳	۵,۲	۲,۷	۰,۷	۰,۸۸
TUR	۱۱۳	۵۲,۵	۵۱,۹	۸۰,۶	۱۲۳	۳۴,۲	۷,۳۶	۱۷,۳
COD	۵	۴	۲	۱۱	۱۷	۴۶	۳۵	۲۲
EC	۳۹۵	۳۸۲	۴۲۹	۴۲۵	۴۵۲	۵۱۰	۵۳۹	۱۴۴۵
AMM.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
فصل	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان
DO (sat/%)	۵۸	۶۳	۷۰	۷۰	۷۷	۳۳	۷۸	۶۹
FC	۷۰۰	۳۳	۷,۸	۰	۴,۵	۲۴۰	۴,۵	۰
pH	۷,۰۸	۷,۳۳	۷,۴۲	۷,۲۶	۷,۱۷	۷,۰۴	۷,۲	۸,۴۲
BOD	۳	۱	۱	۲	۲	۱۹	۶	۱۰
TEMP.	۴,۷	۶	۷,۴	۶,۸	۷,۱	۷,۵	۶,۴	۸,۲
T.PHOS.	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۶	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۳	۰,۰۲۵
NIT.	۱,۵	۲,۳	۳,۸	۴,۳	۵,۶	۲,۳	۱,۶	۱,۸
TUR	۱۱,۴	۱۰	۸,۷۲	۱۶,۴	۲۲,۲	۷,۸۸	۶,۹۳	۲۲,۳
COD	۱۰	۳	۴	۷	۷	۴۶	۲۲	۳۵
EC	۴۱۳	۴۴۳	۴۹۹	۵۱۰	۵۷۴	۷۵۲	۹۲۳	۱۴۶۶
AMM.	۰,۶۲	۰,۶۲	۰,۶۳	۰,۶۲	۰,۷۴	۰,۸۲	۰,۷۵	۰,۶۳
HEIGHT	۱۳۴۶	۱۳۴۶	۱۳۳۰	۱۳۲۱	۱۲۸۸	۱۳۰۰	۱۳۰۱	۱۲۹۱

آب از کیفیتی بهتری برخوردار است. حداقل آن به مقدار ۰/۴ مربوط به ایستگاه روستای قلعه بزرگ در و حداکثر مقدار آن ۳، که نرسیده به روستای قشلاق پل ۱۳۸۱ است. با توجه به این که این شاخص نسبت به سایر شاخص ها ورودی کمتری دارد، دقت کمتری نیز دارد.

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به جدول ۵ که مربوط به مقادیر شاخص کیفی آب ملی در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار فصل سال است می توان گفت که؛ در فصل بهار بیشترین عدد شاخص در ایستگاه روستای نوروزآباد و برابر ۷۱/۱۷ و کمترین مقدار آن نیز برابر

محاسبه این شاخص طبق جدول ۵ محاسبه می گردد. از مهم ترین روش های بررسی کیفیت آب استفاده از شاخص های کیفیت آب است که این شاخص ها بیان گر خصوصیات کلی فیزیکی و شیمیایی آب هستند. جدول ۶ مقایسه شاخص کیفی مورد مطالعه با شاخص های دیگر نظیر NSFQI و WQI را نشان می دهد.

با توجه به جدول ۶ مقادیر NSFQI بر روی ایستگاه های مورد بررسی در بازه زمانی مورد مطالعه در محدوده ۴۳/۱ تا ۸۰/۴ قرار گرفته است که در محدوده متوسط تا خوب دسته بندی می شود. در این جدول میزان WQI قابل مشاهده است. این شاخص بین ۰ تا ۳ است. این شاخص دارای دسته بندی خاصی نبوده و هرچه مقدار عددی آن به ۳ نزدیک تر باشد

جدول ۵- مقادیر شاخص IRWQI_{SC} در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار فصل سال

ایستگاه WQI	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
IRWQI-Spring	۵۰/۵۲	۵۵/۱۲	۶۲/۴۴	۴۶	۶۸/۳۷	۶۹/۳۸	۶۴/۴۵	۶۲/۲۵
معادل توصیفی	متوسط	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب
IRWQI-Summer	۴۷/۰۷	۵۶/۹۱	۵۳/۵۳	۶۴/۹۹	۷۳/۴۴	۶۷/۹۴	۷۵/۹۱	۷۱/۵۶
معادل توصیفی	متوسط	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	خوب	خوب
IRWQI-Autumn	۵۹/۷۴	۶۱/۵۳	۶۹/۲۱	۶۱/۸۳	۷۹/۸۴	۶۴/۱۲	۵۹/۱۹	۴۴/۶۱
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا بد
IRWQI-Winter	۵۹/۸	۵۸/۹	۵۷/۶	۵۶/۳	۷۵/۰	۶۹/۴	۷۲/۴	۵۵/۲
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب
Ave-ALL YEAR	۵۴/۲۸	۵۸/۱۲	۶۰/۶۹	۵۷/۲۸	۷۴/۱۶	۶۷/۷۱	۶۷/۹۹	۵۸/۴۰
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب

ایستگاه WQI	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
IRWQI-Spring	۷۱/۱۷	۶۱/۶۱	۶۰/۶	۶۵/۱۲	۶۳/۳	۵۱/۹۸	۶۷/۵۶	۲۶/۶۵
معادل توصیفی	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	بد
IRWQI-Summer	۷۶/۱۹	۷۰/۸۰	۷۶/۶۲	۵۹/۵۷	۶۰/۱۸	۶۳/۸۳	۵۹/۹۴	۳۶/۸۱
معادل توصیفی	خوب	خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا بد
IRWQI-Autumn	۵۸/۶۶	۶۴/۷۸	۶۷/۰۲	۶۳/۱۴	۴۷/۴۶	۳۹/۶۹	۵۴/۸۵	۵۹/۷۰
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا بد	متوسط	نسبتا خوب
IRWQI-Winter	۶۰/۰	۶۷/۸	۶۶/۱	۶۴/۳	۶۱/۰	۴۱/۰	۵۸/۸	۵۵/۱
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا بد	نسبتا خوب	نسبتا خوب
Ave-ALL YEAR	۶۶/۵۰	۶۶/۲۵	۶۷/۵۸	۶۳/۰۳	۵۷/۹۸	۴۹/۱۲	۶۰/۲۹	۴۴/۵۶
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	نسبتا بد

جدول ۶- توصیف کیفیت آب ایستگاه‌های رودخانه زرينه‌رود بر اساس شاخص‌های WQI و NSFQI

شاخص	دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
NSFWQI	بهار	۵۹,۵۶	۶۹,۰۹	۶۸,۴۴	۵۸,۲۳	۷۴,۲۳	۶۹,۶۴	۶۸,۸۶	۴۳,۲۱
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	متوسط	بد
	تابستان	۶۱,۸۱	۶۸,۹	۶۶,۱	۶۷,۷	۷۳,۳	۶۹,۲	۶۵,۴	۶۲,۲
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	متوسط	متوسط
	پائیز	۵۵,۴	۵۲,۸	۶۲,۴	۵۵,۰۱	۷۴,۴	۶۳,۹	۴۷,۴	۵۱
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	بد	متوسط
	زمستان	۵۱,۴	۵۲,۷	۵۸,۵	۵۲,۵	۸۰,۴	۷۵,۹	۷۵,۳	۶۲,۰۴
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	خوب	خوب	متوسط
WQI	بهار	۱,۷	۱,۸	۲,۳	۳	۲,۷	۲,۹	۲,۸	۱,۵
	تابستان	۱,۲	۱,۹	۲,۲	۲,۴	۲,۷	۲,۱	۱,۸	۱,۱
	پائیز	۱,۹	۲	۱,۱	۲,۱	۲,۵	۱,۹	۱,۵	۱,۲
	زمستان	۱,۸	۲,۲	۱,۶	۱,۸	۲,۶	۲	۲,۰۴	۰,۸۵

بیشترین مقدار میانگین شاخص ملی مربوط به ایستگاه سد بوکان و برابر ۷۴/۱۶ و کمترین مقدار آن نیز مربوط به ایستگاه روستای قلعه بزرگ و برابر ۴۴/۵۶ محاسبه شده است. با توجه به شکل ۱ ایستگاه پنجم که خروجی سد بوکان است بهترین وضعیت میانگین سالانه در شاخص را در میان ایستگاه‌های دیگر دارد. دلیل این امر را می‌توان به تقلیل پارامترهای آلاینده آب رودخانه پس از کاهش سرعت و ته‌نشینی آلاینده‌های آن قبل از خروج از سد نسبت داد. قرار گرفتن ایستگاه روستای قلعه بزرگ در انتهای مسیر رودخانه و آلوده شدن آب رودخانه با دلایل متعدد در مسیر رسیدن به این محل نیز در کاهش کیفیت آب این ایستگاه در شاخص نسبت به سایر ایستگاه‌ها بی‌تاثیر نیست. براساس مقادیر جدول ۵ می‌توان نتیجه گرفت که در شاخص ملی در فصل تابستان در هفت ایستگاه از مجموع ۱۶ ایستگاه در بین چهار فصل مورد بررسی بهترین وضعیت را داشته است. از طرفی در فصل پاییز بدترین وضعیت با مجموع هفت ایستگاه از ۱۶ ایستگاه در بین چهار فصل رخ می‌دهد. عوامل موثر در روند محاسبات شاخص ملی را در مقایسه

۲۶/۶۵ و مربوط به ایستگاه روستای قلعه بزرگ است. در فصل تابستان هم بیشترین مقدار این شاخص در ایستگاه روستای آیدیشه و برابر ۷۶/۶۲ محاسبه شده است، درحالی‌که کمترین مقدار آن برابر ۳۶/۸۱ است که در ایستگاه روستای قلعه بزرگ رخ داده است. فصل پاییز نیز دارای مقدار بیشینه برابر ۷۹/۸۴ در ایستگاه سد بوکان و مقدار کمینه ۳۹/۶۹ در ایستگاه ۱۴ است. وضعیت این شاخص در فصل زمستان نشان‌دهنده این مطلب است که بیشترین مقدار شاخص در ایستگاه سد بوکان و برابر ۷۵ و کمترین مقدار آن در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و برابر ۴۱ است. همچنین کمترین مقدار عددی شاخص ملی مربوط به فصل بهار در ایستگاه روستای قلعه بزرگ و برابر ۲۶/۶۵ بوده است. بیشترین مقدار شاخص ملی برابر ۷۹/۸۴ در فصل پاییز در ایستگاه روستای قزک‌رپی اتفاق می‌افتد. همچنین در صورتی‌که در تمام ایستگاه‌ها از اعداد مربوط به چهار فصل در شاخص ملی به‌طور جداگانه برای هر پارامتر میانگین‌گیری شود، طبق ردیف آخر جدول ۵ نتایج زیر قابل حصول است.

با سایر شاخص‌های متداول پایش کیفی آب می‌توان به موارد ذیل نسبت داد؛ تعداد پارامترهای شاخص ملی برابر ۱۱ عدد بوده و موجب بالا رفتن حساسیت این شاخص خواهد شد. البته الزاما این موضوع منجر به کاهش عددی شاخص ملی نسبت به سایر شاخص‌های متداول نمی‌شود، چرا که ممکن است پارامترهای غیرمشترک دو شاخص و مربوط به ملی وضعیت مطلوبی داشته باشند و منتج به افزایش زیرشاخص پارامتر و نهایتا افزایش شاخص نسبت به سایر شاخص‌های متداول شود. از طرفی نحوه محاسبه زیرشاخص‌های مربوط به پارامترهای شاخص، به‌نحوی که پیک نمودارها، لگاریتمی بودن یا نبودن، درجه تابع نمودار زیرشاخص و ... بر این محاسبات موثر است. همچنین ضرایب متفاوت هر یک از پارامترها در محاسبه نهایی شاخص نیز در این امر اثرگذار است. به‌عنوان مثال ضریب پارامتر pH در شاخص ملی برابر ۰/۵۱ است، در حالی که این ضریب برای پارامتر FC برابر ۰/۱۴ است که در میزان اثرگذاری این پارامترها در محاسبه شاخص موثر است.

از جمله عوامل اثرگذار دیگر، معادله‌های متفاوت محاسبه هر شاخص و تاثیر متفاوت عملگرهای ضرب، توان و جمع است. به‌عنوان مثال از آنجا که روند محاسبه شاخص ملی نسبتا پیچیده بوده، در نتیجه تاثیر زیرشاخص‌ها و حساسیت شاخص به تغییرات آن‌ها بیشتر خواهد بود. مورد آخر، اعمال متفاوت ضرایب پارامترها در محاسبه شاخص‌ها است. به‌عنوان مثال در صورت عدم وجود پارامتری در شاخص ملی به‌صورت خودکار ضرایب اصلاح می‌شوند و در مواقع لازم انعطاف مورد نیاز را به این شاخص می‌دهد، و نیاز به پخش ضریب پارامتر غایب بین سایر پارامترها نیست. همچنین بر اساس انتظارات از یک شاخص کیفی آب در خصوص شاخص ملی می‌توان به نتایجی رسید. نخست این که به‌دلیل نحوه خاص محاسبه زیر شاخص‌ها، نحوه اعمال ضرایب در محاسبه نهایی شاخص‌ها و استفاده از عملگر ضرب در محاسبه نهایی شاخص، حساسیت شاخص ملی در برابر تغییرات مقادیر پارامترها بالا خواهد رفت، به‌نحوی که براساس جدول ۵ هیچ ایستگاهی و در هیچ فصلی در محدوده بسیار خوب واقع نمی‌شود. این امر موید واقع‌نگرانه‌تر بودن این شاخص است و به آسانی داده‌ها در محدوده‌های خوب واقع نمی‌شود. از طرفی از آنجا که بیشترین آلودگی در رودخانه‌های ایران به‌دلیل ورود فاضلاب‌های شهری ایجاد می‌شود باید به پارامترهای مرتبط با فاضلاب شهری اهمیت بیشتری داده شود.

در این رودخانه نیز بیشترین آلودگی از فاضلاب‌های شهری است. این موضوع در ضرایب در نظر گرفته شده در شاخص ملی شامل فیکال کلیفرم با ضریب ۰/۱۴، BOD₅ با ضریب ۰/۱۱۷ و نیترات با ضریب ۰/۱۰۸ در مقایسه با سایر ضرایب ۸ پارامتر دیگر که همگی زیر ۰/۱ هستند، اعمال شده است.

با توجه به جدول ۴ بیشترین مقدار پارامتر FC در فصل زمستان مربوط به ایستگاه هشت و برابر ۵۴۰۰ است، درحالی که بهترین وضعیت را ایستگاه روستای قلعه‌بزرگ با مقدار صفر دارد. این در حالی است که بر اساس همان جدول، مقدار پارامتر EC در ایستگاه ۱۶ بیشترین مقدار در بین تمام ایستگاه‌ها است (برابر ۱۴۶۶)، اما در ایستگاه هشتم مقدار EC برابر ۳۹۶ (تقریبا عددی نزدیک به سایر ایستگاه‌ها) دارد. حال آن‌که مقدار شاخص در این دو ایستگاه بسیار نزدیک به هم محاسبه می‌شود (۵۵/۲ و ۵۵/۱) که موید اثر صحیح ضریب بیشتر پارامتر FC نسبت به سایر پارامترها و همچنین اعمال پارامتر EC در محاسبه این شاخص است.

مورد قابل ذکر دیگر این که در شاخص ملی در مواردی که مقادیر پارامترها از حد خاصی عبور کند، میزان زیرشاخص مربوطه به یک حداقل می‌رسد، مانند پارامتر EC که در ایستگاه ۱۶ در فصل بهار به‌دلیل افزایش بیش از حد مجاز این پارامتر به مقدار ۴۱۴۰۰ رسیده، حال آن‌که سایر پارامترها تقریبا در حد مطلوبی واقع‌اند، موجب شده مقدار شاخص ملی کمتر از سایر ایستگاه‌ها (۲۶/۶۵- بد) گزارش شود. همچنین می‌توان گفت که در محاسبه زیرشاخص‌های مربوط به پارامترهایی همچون EC با عبور از حد معینی مقدار زیرشاخص مربوط به این شاخص در حد ثابت باقی می‌ماند (مقدار یک) و دیگر کاهش نمی‌یابد، مانند وضعیت پارامتر EC در فصل تابستان در ایستگاه ۱۶ که براساس جدول ۳ برابر ۶۸۲۰۰ است، اما عدد شاخص برابر ۳۶/۸۱ (نسبتا بد) محاسبه می‌شود و تاثیری بیشتر از حالت قبل (فصل بهار همین ایستگاه) بر محاسبه شاخص نمی‌گذارد. با توجه به اعمال این شاخص در رودخانه زرينه‌رود و درحالی که نمونه‌ها به شکل منطقی در دامنه‌های توصیفی قرار گیرند، به‌نحوی که مشاهده می‌شود؛ هیچ ایستگاهی در هیچ فصلی در دامنه خیلی بد و بسیار خوب واقع نشده و تنها یک ایستگاه و آن هم یک بار در دامنه بد واقع می‌شود. از مزایای دیگر این شاخص می‌توان به امکان کاربری ساده در کشور و همچنین کاهش هزینه‌های آنالیز نمونه آب، نیروی انسانی و

Babaei Semirami, F., Hassani, A.H., Torabian, A., and Karbassi, A.R., (2011), "Evolution of a new surface water quality index for Karoon catchment in Iran", *Water Science and Technology*, 64(12), 2483-2491.

Baghvand, A., Nasrabadi, T., Nabi Bidhendi, G.H., Vosoogh, A., Karbassi, A., and Mehrdadi, N., (2010), "Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert", *Desalination*, 260, 264-275.

Beamonte Cordoba, E., Casino Martınez, A., and Veres Ferrer, E., (2010), "Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index: The case of the Confederacion Hidrografica del Jucar (Spain)", *Ecological Indicators*, 10, 1049-1054.

Boyacioglu, H., (2006), "Surface water quality assessment using factor analysis", *Journal of Water SA*, 23(3), 389-393.

De Rosemond, S., Duro, D.C., and Dube, M., (2008). "Comparative analysis of regional water quality in Canada using the Water Quality Index", *Environment Monitoring Assessment*, 156(1), 223-240.

Fredrick, W.K., and Tamim, Y., (2007), "Developing a standardized water quality index for evaluating surface water quality", *Journal of the American Water Resources Association*, 43(2), 533-545.

Kumar, A., and Dua, A., (2009), "Water quality index for assessment of water quality of river Ravi at Madhopur (India)", *Global Journal of Environmental Sciences*, 8(1), 49-57.

Massoud, M.A., (2001), "Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index", *Environment Monitoring Assessment*, 184(7), 4151-4160.

Mishra, A., Mukherjee, A., Tripathi, B.D., (2009), "Seasonal and temporal variations in physico-chemical and bacteriological characteristics of river Ganga in Varanasi", *International Journal of Environmental Research*, 3(3), 395-402.

Najafpour, Sh., Alkarkhi, A.F.M., Kadir, M.O.A., and Najafpour, Gh.D., (2008), "Evaluation of spatial and temporal variation in river water quality", *International Journal of Environmental Research*, 2(4), 349-358.

Pezhman, A., (2009), "Determine of water quality index and power of self-ventilation in Haraz River", M.Sc. Thesis, Collage of Environment Engineering, University of Tehran.

Saaty, T.L., (2008), "Decision making with the analytic hierarchy process", *International Journal of Science*, 1(1), 83-98.

Shabbir, R., and Ahmad, S., (2015), "Use of Geographic Information System and Water Quality Index to assess groundwater quality in Rawalpindi and Is-

تهیزات لازم، با توجه به شباهت آن با پایش‌های گذشته که بر اساس NSFQI صورت می‌گرفته و در نتیجه بخش عظیمی از داده‌های مورد نیاز با روش‌های معمول موجود یا قابل حصول اند و از طرفی کاربران نیز به سادگی قادر به انجام محاسبات آن هستند، اشاره کرد.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- National Sanitation Foundation Water Quality Index
- 2- Oregon Water Quality Index
- 3- Canada Water Quality Index
- 4- Iran Water Quality Index

۶- مراجع

پوراصغر، م.، نوربخش، ج.، قنبری، ن.، یدالهی، ع.، و اشرفی‌پور، ع.، (۱۳۸۷)، «بررسی وضعیت کیفی شش رودخانه مازندران با استفاده از شاخص NSFQI»، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

جمشیدزاده، ز.، (۱۳۸۵)، «ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی بر مبنای شاخص CWQI»، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۵-۲.

حسینیان، س.، موبد، پ.، حسینی زارع، ن.، یاسر، ح.، سعادت، ن.، و کمایی، ه.، (۱۳۸۶). «طبقه‌بندی کیفیت رودخانه‌های دز و کارون در بازه گتوند تا خرمشهر و دزفول تا بام دژ با استفاده از شاخص WQI و بررسی آنتروپی‌های جداشده در این مقطع»، مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

حیدری‌نیا، م.، معاضد، ه.، و حسینی زارعی، ن.، (۱۳۸۷)، «طبقه‌بندی کیفیت رودخانه کارون در بازه ملاثانی تا کوت امیر با استفاده از شاخص NSFQI»، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

رازدار، ب.، و قویدل، آ.، (۱۳۸۸)، «بررسی کیفیت آب تالاب انزلی با استفاده از شاخص کیفی WQI»، هفتمین مجموعه مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب، مشهد، ۴۶۷-۴۵۷.

شمسایی، ا.، اورعی زارع، ص.، و سارنگ، ا.، (۱۳۸۴)، «بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه‌ی کارون و دز»، مجله آب و فاضلاب، ۵۵، ۳۹-۴۸.

مفتاح هلقی، م.، (۱۳۸۹)، «پهنه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی، مطالعه موردی: رودخانه اترک»، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۸(۲)، ۱۳۹-۱۴۸.

نوروزی، ع.، جعفرزاده حقیقی فرد، ن. و تتر، ف. (۱۳۹۱). "ارزیابی کیفیت آب رودخانه گرگر بر اساس شاخص‌های آب NSFQI و PRATI"، دومین همایش ملی جریان و آلودگی آب، تهران.

هوشمند، ع.، کابلی، ح.، و دلقندی، م.، (۱۳۸۶)، «مطالعه وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب WQI، OWQI و CWQI»، مطالعه موردی: بازه ملاثانی - اهواز رودخانه کارون»، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب.

lamabad", *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(7), 33-47.

Tanja, S., Genevieve, C., de Alexander, S., and Rickwood, C., (2012), "Global water quality index and hot-deck imputation of missing data", *Ecological Indicators*, 17, 108-119.

The Iranian Department of Environment, (2011), "Iran water quality index for surface water resources-conventional parameters (IRWQISC)", <https://www.doe.ir/Portal/file/?696074/>.

The Iranian Department of Environment, (2007), "Project of reconnaissance, control and reduce of the pollution of Zarrinehrood River", *Bureau of Check of Water and Soil Pollution*.

Ranking the Costs Efficiency of Rural Water and Wastewater Using Fuzzy Analytical Hierarchy Approach

Khosro Alinejad¹ and Rahim Dabbagh^{2*}

1- M.Sc. Student, Faculty of Industrial Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran.

* Corresponding Author, Email: r.dabbagh@yahoo.com

Received: 10/5/2018

Revised: 20/7/2018

Accepted: 21/7/2018

Abstract

Supply of safe water as well as sanitation services are, as economic activities, the main purpose of the water and wastewater Company. To meet these goals there is a need to great financial supply as well as justified planning and optimized use of all facilities and talents available. One of the main challenges in this regard is the cost management which leads to increase in efficiency. This is why monitoring of efficiency in Water and Wastewater companies is vital. In this study group decision-making method is implemented using paired comparisons questionnaire to rank the costs of activities in West Azerbaijan Rural Water and Wastewater Company by fuzzy AHP approach. Then by applying the obtained weights typical model of measuring efficiency is provided. Result show that water costs with weight of 0.1458 and equipment costs with weight of 0.1446 are in priority. Total efficiency factor has a large fluctuation, which in this company with an average of 0.37 units. This is mainly due to reduced efficiencies in energy section and in human resources section. Applying the results of ranking and prioritizing the performance of the various types of company costs leads to more concerns on the necessary and unnecessary costs, without mistreating its core or basic functions.

Keywords: AHP, Efficiency Measurement, Fuzzy, Ranking Costs.

رتبه‌بندی کارایی انواع هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

خسرو علی‌نژاد^۱ و رحیم دباغ^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: r.dabbagh@uut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۰

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

تامین آب سالم یک فعالیت اقتصادی است که هدف اصلی شرکت‌های صنعت آب و فاضلاب، تامین آب و خدمات دفع بهداشتی فاضلاب است که برای رسیدن به این اهداف مستلزم هزینه‌های زیادی بوده و لازمه آن برنامه‌ریزی دقیق و هدفمند برای بهره‌گیری بهینه از تمام امکانات و استعدادها موجود است. یکی از چالش‌های اساسی در این زمینه مدیریت هزینه‌ها و در نتیجه افزایش کارایی است. بنابراین توجه به کارایی و اندازه‌گیری آن در سطح این شرکت‌ها ضرورت پیدا می‌کند. پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی و پیمایشی است. در این تحقیق با روش تصمیم‌گیری گروهی و با استفاده از پرسش‌نامه مقایسات زوجی، رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت آب و فاضلاب روستایی استان آذربایجان غربی با روش AHP فازی انجام شده است. سپس با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده مدلی برای سنجش کارایی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که هزینه‌های آب با وزن (۰/۱۴۵۸) و تجهیزات با (۰/۱۴۴۶) در اولویت قرار گرفته‌اند. کارایی کل عوامل در حال نوسان بوده، به‌طوری‌که متوسط آن برابر با ۰/۳۷ واحد است. از دلایل اصلی این امر کاهش کارایی بخش‌های انرژی و نیروی انسانی است. به‌کارگیری نتایج حاصل از رتبه‌بندی و اولویت‌بندی کارایی انواع هزینه‌های شرکت مورد مطالعه باعث توجه بیشتری به هزینه‌های ضروری و غیرضروری آن می‌شود، بدون آن‌که آسیبی به کارکردهای اصلی آن‌ها برساند.

کلمات کلیدی: سنجش کارایی، رتبه‌بندی هزینه‌ها، AHP، فازی.

و معیارهای مختلف، موجبات این پیچیدگی‌ها را میسر می‌سازد (موسی کاظمی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Buckley, 1985).

صنعت آب و فاضلاب به دلیل تاثیراتی که در بهبود سطح رفاه اجتماعی و تامین آب سالم برای مصرف‌کنندگان دارد بسیار حائز اهمیت است. اما این عمل نیازمند هزینه‌های زیادی خواهد بود که برای حفظ بقا باید به کاهش هزینه‌ها و کنترل کردن آن‌ها توجه خاصی نماید. از طرفی برای تحقق اهداف این شرکت‌ها از جمله: ارائه خدمات به مشتریان و شهروندان، تامین آب آشامیدنی سالم، برطرف کردن خواسته‌های ذی‌نفعان، کاهش هدر رفت آب، باید برنامه‌هایی برای کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی و در نهایت افزایش بهره‌وری داشته باشند. مدیریت هزینه‌ها و در نهایت افزایش کارایی، موضوعاتی هستند که در مورد آن‌ها تحقیقاتی درخور در این شرکت‌ها انجام نشده است. بنابراین در این تحقیق پس از شناسایی عوامل موثر بر کارایی و با توجه به میزان تاثیرگذاری هر کدام از این عوامل، میزان کارایی کل عوامل محاسبه خواهد شد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱- کارایی

کارایی مفهوم درست انجام دادن کار است و به افزایش کمی کالاها «کالاهای قابل لمس» توجه دارد و به عبارت دیگر براساس توانایی به دست آوردن ستانده بیشتر از داده‌های کمتر تعریف می‌شود (Fullard, 2007). همچنین کارایی به صورت استفاده بهینه از منابع (نیروی کار، ماشین آلات، ظرفیت و انرژی) تعریف شده است (Chan, 2003). شاخص‌های کارایی، با الهام از مفاهیم اقتصاد تعریف و به دو دسته جزء و کل عوامل تولید دسته‌بندی می‌شوند. ویژگی این شاخص‌ها به گونه‌ای است که با محاسبه آن‌ها می‌توان بررسی‌های تطبیقی در واحدهای اقتصادی را انجام داد. به منظور اندازه‌گیری کارایی در سازمان‌ها، شاخص‌هایی کارایی با توجه به نوع صنعت و سازمان‌ها تعریف می‌شوند، اما در حالت کلی مناسب‌ترین شاخص کارایی براساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$Efficiency = \frac{Out\ put}{In\ put} \quad (1)$$

۲-۲- مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)

امروزه روش‌ها و تکنیک‌های زیادی در زمینه محاسبه کارایی ارائه شده است که برحسب هدف و شرایط سیستم‌ها، این روش‌ها

فعالیت‌های هر سازمانی تحت تاثیر مجموعه‌ای از شرایط و عوامل قرار دارد که شناخت، بررسی و اندازه‌گیری آن‌ها برای تحقق اهداف و بهبود کارها لازم و موثر است. سازمان‌ها برای فعالیت‌های خود با محدودیت‌هایی از جمله کمبود امکانات و منابع روبه‌رو هستند. آن‌ها باید از منابع محدود خود به بهترین شکل ممکن استفاده نمایند تا بتوانند میزان خدمات خود را به بهترین شکل و با کیفیت مناسب تولید و برای مشتریان خود ارائه کنند و بتوانند در عرصه رقابت با رقبای خود تحمل‌پذیر باشند. از آنجایی که منابع سازمان‌ها محدود بوده و فراهم آوردن این منابع هزینه‌های زیادی به همراه دارد، لازم است برای بازدهی بیشتر از منابع موجود، حداکثر استفاده را بنمایند. این امر با کارایی^۱ و بهره‌وری^۲ سازمانی تحقق می‌یابد، چرا که هدف اصلی بهره‌وری و کارایی، استفاده بهینه از امکانات و منابع موجود است. تلاش برای بهبود و استفاده بهینه از منابع (نیروی کار، سرمایه، انرژی و ...) با اندازه‌گیری شاخص‌های کارایی و بهره‌وری و ارزیابی آن برای برنامه‌ریزی مدیران موثر است. بهره‌وری، چگونگی میزان کارایی نیروی کار، سرمایه، انرژی و دیگر منابع یک سازمان را اندازه‌گیری می‌کند و حاصل کارایی و اثربخشی^۳ است (صدرایی جواهری و مهبودی، ۱۳۹۵). اثربخشی به عنوان سطح بازده، تعریف شده و کارایی، نسبت بازده یا ستانده به داده‌ها است (APO, 2016). کارایی مفهوم درست انجام دادن کار است و انتخاب راه مناسب فعالیت‌ها و هدف آن، استفاده بهینه سازمان‌ها از منابع خود است (دباغ، ۱۳۹۰).

امروزه روش‌ها و تکنیک‌های زیادی در زمینه محاسبه کارایی ارائه شده است که برحسب هدف و شرایط سیستم‌ها این روش‌ها نیز متفاوت انتخاب می‌شوند. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۴ این امکان را می‌دهد که نتیجه شناسایی کارایی، علمی‌تر شده و فرآیند برنامه‌ریزی و اقدامات اصلاحی در بستری از داده‌های منطقی قرار گیرد. استفاده از نظرات چندین تصمیم گیرنده به جای یک تصمیم‌گیرنده، مسلماً موجب پیچیدگی‌های زیادی در تجزیه و تحلیل یک تصمیم خواهد شد که نه تنها به دلیل دسترسی به توافق جمعی در اولویت‌گزینیه‌ها خواهد بود، بلکه دلایلی دیگر همچون تعارضات ممکن در بین اعضای گروه تصمیم‌گیرندگان و برخورداری بودن احتمالی آن‌ها از اهداف

فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی را مطرح می‌کند (Zadeh, 1994). به این صورت یک عنصر می‌تواند تا درجاتی، نه کاملاً، تقریباً عضو یک مجموعه باشد. با استفاده از دو عدد فازی و قوانین عملیاتی ریاضی بر روی اعداد فازی به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شوند.

۳-۲- پیشینه تحقیق

خشائی و داودآبادی (۱۳۸۸) در تحقیقی رتبه‌بندی بهره‌وری عوامل تولید شرکت‌های آب و فاضلاب کشور را به منظور کاهش هزینه‌ها و با رویکرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام دادند. نتایج نشان داد که روش AHP یک ابزار کارآمد برای ارزیابی بهره‌وری و مدیریت هزینه‌ها است. در تحقیقی دیگر امید و همکاران (۱۳۹۲) ارزیابی بهره‌وری و کارایی آب را با استفاده از روش‌های AHP, ANP, FAHP, FANP انجام دادند. نتایج آن‌ها کاربردی و قدرت‌مند بودن روش‌های AHP و ANP را نشان داد. همچنین بهره‌وری فیزیکی-اقتصادی آب و بهره‌وری کل، به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های ارزیابی بهره‌وری شناسایی شدند. محمدی و نادری (۱۳۹۳) عوامل هزینه‌ای تاثیرگذار در قیمت‌گذاری دانش فنی با روش AHP را شناسایی و وزن‌دهی کردند. هزینه اولیه، هزینه تولید مجدد و هزینه‌های انتقال و جذب در این رتبه‌بندی در اولویت قرار گرفتند. همچنین سحری‌مقیم و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از منطق فازی هزینه‌های ناشی از عدم پیاده‌سازی مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی را شناسایی و رتبه‌بندی کردند. در این پژوهش ابتدا هزینه‌های ناشی از عدم پیاده‌سازی مدیریت ریسک شناسایی شدند. داده‌های این تحقیق با استفاده از پرسش‌نامه با سوالات پنج گزینه‌ای به صورت طیف لیکرت (سلیمی و همکاران، ۱۳۸۷) جمع‌آوری شدند. سپس این هزینه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی رتبه‌بندی شدند.

دهقانی و علی اکبری نوری (۱۳۹۵) نیز با استفاده از روش‌های فازی صنایع تولیدی کشور را براساس شاخص‌های منتخب اقتصادی رتبه‌بندی کردند. براساس نتایج، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی در رتبه اول قرار گرفتند. Fraquelli and Moiso (2005) هزینه‌های کارایی و مقیاس اقتصادی در صنعت آب ایتالیا را بررسی کردند. نتایج نشان داد

نیز متفاوت انتخاب می‌شوند. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره این امکان را می‌دهد که نتیجه شناسایی کارایی علمی‌تر شده و فرایند برنامه‌ریزی و اقدامات اصلاحی در بستری از داده‌های منطقی قرار گیرد. در تصمیم‌گیری چندمعیاره، به جای استفاده از یک روش سنجش معیار بهینگی، از چند معیار استفاده می‌شود و ساختار آن براساس ریاضی بنا شده که شباهت و سازگاری زیادی با تفکر و فرایندهای ذهنی انسان دارد. در این نوع مدل‌ها برای تصمیم‌گیری می‌توان از نظرات کارشناسان و مدیران استفاده کرد. زیرا توضیحات زبانی و لحاظ کردن شرایط واقعی در مدل، نتایج را دقیق‌تر و از کارایی بیشتر برخوردار می‌کند (Buckley, 1985). مهم‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره عبارتند از: SAW^۵، ELECTRE^۶، TOPSIS^۷ و AHP^۸. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و این قابلیت را که معیارهای کمی و کیفی را در تصمیم‌گیری دخالت دهد، دارا است و براساس انتخاب اهداف و گزینه‌ها و مقایسات زوجی نهفته است (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۱؛ اصغرپور، ۱۳۸۷). در واقع روش AHP مانند تفکر انسان بوده و تصمیم‌های سخت و پیچیده را آسان‌تر می‌کند (Wang et al., 2008).

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2),$$

$$M_1 \ominus M_2 = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2)$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2), \quad (۲)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right), \quad \frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{l_1}{u_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{l_2} \right)$$

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پرفسور لطفی‌زاده، به عنوان یک تئوری ریاضی برای مدل کردن ابهام و عدم قطعیت موجود در ادراک و افکار انسان ارائه شده است. ویژگی فازی در بسیاری از حوزه‌های زندگی که در آن‌ها قضاوت، ارزیابی و تصمیم‌گیری افراد اهمیت دارد، وارد می‌شود. یکی از دلایل فازی بودن، زبان طبیعی انسان است. در این زبان طبیعی، معنای کلمات معمولاً با ابهام همراه است. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک باینری تبعیت می‌کند، اما تئوری مجموعه‌های

که برای اقتصادی کردن این صنعت باید مقیاس و اندازه این صنعت بزرگتر از وضعیت فعلی و برای بهینه کردن وضعیت، باید هزینه‌ها مدیریت بیشتری شوند. از طرفی (Srdjevic et al. (2012) با استفاده از روش AHP چهار روش درمان شیمیایی، تبخیر، جدایی با استفاده از پوسته و درمان بیولوژیکی را برای تصفیه فاضلاب کشور صربستان مورد بررسی قرار دادند. (2015) Guerrini et al. کارایی شرکت آب و فاضلاب در بخش فاضلاب کشور دانمارک را با استفاده از روش DEA اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که بازده متغیر به مقیاس برابر با ۰/۴۸ و بازده ثابت به مقیاس برابر با ۰/۳۶ بودند. (2016) Rajasulochan and Preethy نیز تکنیک‌های مختلف بهره‌وری و کارایی در بهبود و کاهش ضایعات آب و فاضلاب در کشور هند را مقایسه کردند. (2016) Molinos-Senante et al. روش DEA را برای شرکت آب و فاضلاب کشور شیلی به‌کار گرفتند و سپس براساس نمرات کارایی، عوامل رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که خروجی‌ها عدم قطعیت بیشتری نسبت به ورودی‌ها دارند. (2017) Büyüközkan and Karabulut کارایی انرژی کشور ترکیه را بررسی کردند که از روش AHP برای تعیین وزن‌ها و از روش VIKOR برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شد. با وجود تمام تلاش‌ها و مطالعات انجام گرفته در سال‌های اخیر، تحقیقاتی در زمینه عوامل موثر بر شاخص کارایی و نحوه تاثیرگذاری آن‌ها بر کارایی انجام نشده است. همچنین رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت موضوعی بسیار با اهمیت است که در راستای ایفای نقش پیش‌برنده در افزایش کارایی نقش موثر و تعیین‌کننده‌ای را ایفا می‌کند. با توجه به محدودیت‌های مالی شرکت‌ها، با تخصیص دادن هزینه‌ها و میزان اهمیت و رتبه‌بندی آن‌ها، می‌توان ابزاری برای کنترل هزینه‌ها ایجاد و توجه بیشتری به هزینه‌های ضروری و غیرضروری شرکت‌ها نمود، بدون آن‌که آسیبی به کارکردهای اصلی و اساسی شرکت برساند. بنابراین با توجه به عوامل فوق، در این تحقیق پس از شناسایی عوامل موثر بر کارایی و رتبه‌بندی آن‌ها، مدلی برای محاسبه کارایی کل ارائه خواهد شد.

۳- روش تحقیق

با توجه به هدف، این تحقیق از نوع کاربردی و از نظر روش، پیمایشی است. به‌علت کثرت‌گرایی، هم از رویکرد کیفی و هم

از رویکرد کمی استفاده شده است. جامعه آماری، شرکت آب و فاضلاب روستایی (آبفار) استان آذربایجان غربی است. برای تعیین ماتریس مقایسات زوجی، هزینه‌های مناسب با موضوع و شرکت‌ها با استفاده از تجمیع نظر خبرگان انجام شد. برای تعیین درجه اهمیت هر یک از گزینه‌ها، پرسش‌نامه‌ای مناسب تهیه و برای تعریف اعداد فازی به‌منظور انجام مقایسات زوجی، از طیف ۵ گزینه‌ای فازی جدول ۱ استفاده شد. همچنین برای تحلیل کارایی و رتبه‌بندی عوامل موثر بر کارایی، روش تصمیم‌گیری چند معیاره و روش AHP فازی انتخاب شد.

۳-۱- فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

فرایند سلسله‌مراتبی فازی یک روش سیستماتیک است که از مفاهیم مجموعه‌های فازی، تصمیم‌گیری چندمعیاره و ساختار تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است (Chang, 1996). میزان اهمیت و تاثیرگذاری فاکتورها یا گزینه‌های مختلف را در قالب پرسش‌نامه مقایسات زوجی توسط افراد خبره یا تصمیم‌گیرندگان مورد مقایسه قرار می‌دهند که گزینه‌های مختلف ماتریس قضاوت‌های انجام شده به صورت فازی و در قالب یک ماتریس به صورت زیر تشکیل می‌شوند (Wang et al., 2008).

$$\tilde{A} = \{\tilde{a}_{ij}\} = \begin{bmatrix} (1.1.1) & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1.1.1) & \dots & (l_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & (1.1.1) \end{bmatrix} \quad (3)$$

به‌طوری که $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ و $a_{ji}^{-1} = (\frac{1}{u_{ji}}, \frac{1}{m_{ji}}, \frac{1}{l_{ji}})$ و $i, j: 1, \dots, n, i \neq j$

حال اگر k خبره وجود داشته باشد ماتریس ادغام نظرات خبرگان از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), \quad l_{ij} = \min\{a_{ijk}\}, \quad m_{ij} = \frac{1}{k} \{\sum_k a_{ijk}\}, \quad u_{ij} = \max\{c_{ijk}\} \quad (4)$$

از نتیجه این ادغام، یک ماتریس فازی حاصل می‌شود که عناصر آن اعداد فازی مثلی به‌ترتیب دارای کمترین مقدار، میانگین و بیشترین مقدار درایه متناظر آن در ماتریس مقایسات زوجی

جدول ۱- اعداد فازی متناظر با ارجحیت ها در مقایسات زوجی (سیف برق و ضیایی نقش بندی، ۱۳۹۱)

اولویت ها	متغیر زبانی	معادل فازی	عکس فازی
۰	ترجیح یکسان	(1,1,1)	(1,1,1)
۱	کمی مرجع	(1,3,2,2)	(1,2,2,3,1)
۲	مرجع	(3,2,2,5,2)	(2,5,1,2,2,3)
۳	خیلی مرجع	(2,5,2,3)	(1,3,2,5,1,2)
۴	کامل مرجع	(5,2,3,7,2)	(2,7,1,3,2,5)

وزن های به دست آمده با روش نرمال سازی ساعتی با تقسیم کردن هر وزن بر مجموع وزن های بردار W ، وزن نهایی گزینه ها حاصل می شوند.

۲-۳- محاسبه میزان ناسازگاری ماتریس های مقایسات زوجی فازی

در بخش قبل روش محاسبه وزن نسبی گزینه های ماتریس مقایسات زوجی ارائه شد، اما آیا ماتریس مقایسات زوجی به دست آمده از فرد خبره، دارای سازگاری قابل قبولی است یا خیر. به عبارت دیگر با کمک شاخص نرخ ناسازگاری می توان پی برد که بین مقایسه های دوبه دو و زوجی در پرسش نامه ها سازگاری وجود دارد یا خیر. الگوریتم محاسبه ی میزان ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی برای اعداد فازی به صورت زیر است (آرمان و همکاران، ۱۳۹۱). وزن نسبی گزینه های ماتریس به دست آمده برای بردار فازی را RW بنامید. سپس اندازه تقریبی بزرگترین مقدار ویژه فازی ماتریس فازی $A(\tilde{\lambda}_{max})$ به صورت زیر تخمین زده می شود. با ضرب بردار RW_i در ماتریس $\tilde{A}$ تخمین مناسبی از $R\tilde{W}_i$ به دست آورید، از تقسیم $R\tilde{W}_i$ بر $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ بر $R\tilde{W}_i$ مربوطه، تخمین هایی از $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ را محاسبه نمایید. سپس میانگین $\tilde{\lambda}_{max(i)}$ را پیدا کرده و آن را $(\tilde{I}.\tilde{I})$ بنامید. حال مقدار شاخص ناسازگاری فازی $^{1\lambda}(\tilde{I}.\tilde{I})$ از رابطه (۸) محاسبه می شود که در آن n بعد ماتریس است.

$$\tilde{I}.\tilde{I} = \frac{\tilde{\lambda}_{max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

در نهایت نیز میزان نرخ ناسازگاری $^{1\lambda}(\tilde{I}.\tilde{I})$ فازی ماتریس A از فرمول زیر به دست می آید.

$$\tilde{I}.\tilde{R} = \frac{\tilde{I}.\tilde{I}}{\tilde{I}.\tilde{I}.\tilde{R}} \quad (9)$$

افراد خبرگان هستند (Khoram et al., 2007). حال برای به دست آوردن وزن ها و اولویت بندی گزینه ها مراحل زیر انجام می شوند:

- جمع کردن درایه های هر سطر ماتریس A با استفاده از قواعد جمع اعداد فازی مثلثی و تشکیل یک ماتریس ستونی فازی:

$$RS_i = \sum a_{ij} = (\sum l_{ij} \cdot \sum m_{ij} \cdot \sum u_{ij}) \quad (5)$$

- جمع کردن درایه های ماتریس ستونی مذکور و به دست آوردن یک عدد فازی مثلثی و معکوس کردن آن، سپس ضرب کردن درایه های ماتریس ستونی برای نرمال سازی ماتریس ستونی.

$$\tilde{S}_i = \frac{RS_i}{\sum_j RS_j} = \left(\frac{\sum l_{ij}}{\sum_k \sum_j u_{ki}} \cdot \frac{\sum m_{ij}}{\sum_k \sum_j m_{ki}} \cdot \frac{\sum u_{ij}}{\sum_k \sum_j l_{ki}} \right) \quad (6)$$

محاسبه درجه امکان بزرگی اعداد فازی $(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j)$ با استفاده از معادله زیر:

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) = \begin{cases} 1 & m_i \geq m_j \\ \frac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) + (m_j - l_j)} & l_j \leq u_i \quad i \neq j \\ 0 & others \end{cases} \quad (7)$$

در نهایت برای محاسبه ی وزن گزینه ها به صورت رابطه (۷) عمل می شود که مقدار این متغیر معادل با کمترین مقدار درجه امکان بزرگ تر بودن اندازه ترکیبی متناظر با هر کدام از گزینه ها نسبت به اندازه ترکیبی متناظر با سایر گزینه ها است (Wang et al., 2008).

$$W = V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j | i \neq j) = \min(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) \quad (7)$$

بنابراین $W = (W_1, W_2, W_3, \dots, W_n)$ حاصل می شود که وزن های گزینه ها بوده و اعداد غیر فازی هستند. برای نرمال سازی

که $I.I.R$ شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی^{۱۹} بوده و مقادیر آن برای ماتریس n بعدی به صورت جدول ۲ است. به عبارتی دیگر در هر ماتریس حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ماتریس تصادفی آن، معیار مناسبی برای قضاوت میزان ناسازگاری است. حال اگر این مقدار کمتر از ۰/۱ باشد ماتریس از سازگاری تقریبی برخوردار است (آرمان و همکاران، ۱۳۹۱).

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

اتخاذ تصمیم‌های درست و راهبردی در انتخاب یک شرکت موفق برای سرمایه‌گذاری، نیازمند شناسایی و داشتن معیارهایی است که این شاخص‌ها بتوانند وجه تمیز مناسبی در این امر داشته باشند. از این رو، باید مدیران شرکت‌ها با شناخت درست از وضعیت شرکت خود و عوامل اثرگذار بر فرایند تصمیم‌گیری اقدام به برنامه‌ریزی کنند. رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت موضوعی بسیار با اهمیت است که در راستای ایفای نقش پیش‌برنده در افزایش کارایی و بهره‌وری نقش موثر و تعیین‌کننده‌ای را ایفا می‌کند. در این تحقیق نتایج قضاوت ۲۰ خبره از کارشناسان و مدیران بخش مالی شرکت آب و فاضلاب روستایی استان آذربایجان غربی برای هفت متغیر (هزینه‌های سرمایه‌ای I، هزینه‌های نیروی انسانی L، هزینه‌های انرژی E، هزینه‌های تجهیزات EQ، هزینه‌های مواد اولیه M، هزینه‌های بخش آب W و هزینه‌های بخش فاضلاب S) برای اولویت‌بندی این هزینه‌ها آورده شده است. در شرکت آبفای مجموع مبالغ

جدول ۲- مقدار شاخص‌های ناسازگاری با ابعاد مختلف

n	۱	۲	۳	۴	۵
$I.I.R$	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲

پرداخت شده برای خرید و تهیه حامل‌های انرژی مصرف شده (برق، گاز و ...) برحسب واحد پولی محاسبه هزینه‌های انرژی تعریف می‌شوند. همچنین هزینه‌های سرمایه نیز هزینه‌های هستند که برای ایجاد سود در آینده صرف می‌شوند و ایجاد درآمد می‌کنند. خرید زمین، ساختمان، دارایی‌های ثابت و درازمدت از نمونه‌های هزینه‌های سرمایه هستند که ارزش موجودی سرمایه به قیمت ثابت و براساس ارزش روز آن منظور شده است. هزینه‌های نیروی کار نیز به مجموع پرداختی‌های نقدی و غیرنقدی به صورت مستمر و غیرمستمر که برای جبران خدمات انجام شده نیروی کار پرداخت می‌شود و شامل حقوق و مزایای مختلف از جمله اضافه‌کاری، حق ماموریت، حق مسکن و ... هستند. ارزش ستانده نیز کالاها و خدماتی است که در یک واحد تولیدی، تولید شده و برای استفاده در خارج از آن واحد در دسترس قرار می‌گیرد که در شرکت آبفای حاصل جمع درآمد فروش آب و درآمد خدمات تعریف می‌شود. همچنین هزینه‌های بخش آب نیز به منظور تامین هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری تاسیسات در شرکت آبفای صرف می‌شود. از کارشناسان خواسته شد که برای افزایش کارایی و درجه اهمیت هزینه‌های شرکت، اهمیت هر کدام از هزینه‌ها را با توجه به نظر خود اولویت‌بندی نمایند که به عنوان نمونه قضاوت یکی از کارشناسان شرکت آبفای در ماتریس A1 آورده شده است. به عنوان مثال، نحوه تکمیل این ماتریس به این صورت است که برای مقایسه هزینه‌های نیروی انسانی با هزینه‌های تجهیزات، این کارشناس با توجه به جدول ۱ اولویت هزینه‌های نیروی انسانی را با گزینه خیلی مرجع (3، 2.5، 2) به هزینه‌های تجهیزات ترجیح داده است. سپس برای مقایسه اولویت هزینه‌های تجهیزات با هزینه‌های نیروی انسانی عکس فازی گزینه خیلی مرجع و به صورت (0.5، 0.4، 0.34) در ماتریس A1 جایگذاری شده است.

	I	L	E	EQ	M	W	S
I	(1,1,1)	(0.34,4,5)	(1.5,2,2.5)	(0.4,0.5,0.67)	(0.28,0.34,0.4)	(0.28,0.34,0.4)	(0.28,0.34,0.4)
L	(2,2.5,3)	(1,1,1)	(2,2.5,3)	(2,2.5,3)	(1,1.5,2)	(1.5,2,2.5)	(1.5,2,2.5)
E	(0.4,0.5,0.67)	(0.34,0.4,0.5)	(1,1,1)	(1,1,1)	(0.4,0.5,0.67)	(0.5,0.67,1)	(1,1,1)
EQ	(1.5,2,2.5)	(0.34,0.4,0.5)	(1,1,1)	(1,1,1)	(0.4,0.5,0.67)	(0.4,0.5,0.67)	(0.4,0.5,0.67)
M	(2.5,3,3.5)	(0.5,0.67,1)	(0.4,0.5,0.67)	(1.5,2,2.5)	(1,1,1)	(1,1.5,2)	(1,1.5,2)
W	(2.5,3,3.5)	(0.4,0.5,0.67)	(0.5,0.67,1)	(1.5,2,2.5)	(0.5,0.67,1)	(1,1,1)	(1,1.5,2)
S	(2.5,3,3.5)	(0.4,0.5,0.67)	(1,1,1)	(1.5,2,2.5)	(0.5,0.67,1)	(0.5,0.67,1)	(1,1,1)

حال با استفاده از رابطه‌های (۳) نظرات تمام خبرگان ($k=20$) با هم ادغام شده است تا ماتریس نهایی A برای محاسبات به‌دست آید.

در ادامه با توجه به رابطه (۸) بردار اهمیت گزینه‌ها مشخص می‌شوند. با توجه به مقادیر به‌دست آمده در مرحله قبل، معادل کمترین مقدار درجه امکان بزرگ‌تر بودن اندازه ترکیبی متناظر

$$A = \begin{pmatrix} I & L & E & EQ & M & W & S \\ (1,1,1) & (0.28,0.83,2.5) & (0.28,1.10,3) & (0.28,0.96,2.5) & (0.28,1.38,3.5) & (0.28,0.89,2.5) & (0.28,1.05,3.5) \\ (0.4,1.47,3.5) & (1,1,1) & (0.28,1.20,3) & (0.28,0.99,3) & (0.28,1.26,3.5) & (0.28,0.87,2.5) & (0.28,1.3,3.5) \\ (0.28,1.14,3.5) & (0.34,0.97,2.5) & (1,1,1) & (0.28,1.14,3) & (0.34,1.09,3) & (0.34,0.98,3) & (0.28,1.13,3.5) \\ (0.34,1.47,3.5) & (0.34,1.42,3.5) & (0.34,1.2,3.5) & (1,1,1) & (0.28,1.22,3.5) & (0.28,1.17,3.5) & (0.28,1.28,3.5) \\ (0.28,1.27,3.5) & (0.28,1.06,3.5) & (0.34,1.41,3) & (0.28,1.19,3.5) & (1,1,1) & (0.34,1.1,3) & (0.34,1.25,3) \\ (0.4,1.6,3.5) & (0.4,1.61,3.5) & (0.4,1.26,3) & (0.28,1.22,3.5) & (0.28,1.21,3) & (1,1,1) & (0.4,1.34,3.5) \\ (0.28,1.42,3.5) & (0.28,1.06,3.5) & (0.28,1.42,3.5) & (0.28,1.12,3.5) & (0.28,0.97,2.5) & (0.28,0.83,2.5) & (1,1,1) \end{pmatrix}$$

با هر کدام از گزینه‌ها نسبت به اندازه ترکیبی متناظر با سایر گزینه‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند (با مقایسه مقادیر به‌دست آمده هر هزینه نسبت به دیگر هزینه‌ها، معادل کمترین مقدار انتخاب می‌شود) بنابراین:

$$\begin{aligned} \min V(S_I \geq S_j | j \neq I) &= 0.957 & \min V(S_L \geq S_j | j \neq L) &= 0.918 \\ \min V(S_E \geq S_j | j \neq E) &= 0.972 & \min V(S_{EQ} \geq S_j | j \neq EQ) &= 0.992 \\ = 0.983 & \min V(S_M \geq S_j | j \neq M) &= 1 & \min V(S_W \geq S_j | j \neq W) \\ \min V(S_S \geq S_j | j \neq S) &= 0.975 & j &= I, L, E, EQ, M, W, S. \end{aligned}$$

که مقادیر به‌دست آمده وزن هزینه‌ها هستند:

$$W = (0.957, 0.98, 0.972, 0.992, 0.983, 1, 0.975)$$

با نرمالیزه کردن این بردار داریم:

$$W = (0.1395, 0.1429, 0.1417, 0.1446, 0.1433, 0.1458, 0.1421)$$

مطابق نتایج حاصل از رتبه‌بندی هزینه‌های شرکت در جدول ۴ با توجه به محدودیت‌های مالی شرکت و با تخصیص دادن هزینه‌ها با توجه به رتبه‌بندی انجام شده، می‌تواند به ابزاری برای کنترل هزینه‌ها تبدیل شود و توجه بیشتری به هزینه‌های ضروری و غیرضروری شرکت شده بدون آن‌که آسیبی به کارکردهای اصلی و اساسی شرکت برساند.

به‌منظور محاسبه اوزان برای هر کدام از گزینه‌ها، اندازه‌های ترکیبی مربوط به هر کدام از گزینه‌ها محاسبه می‌شوند. برای این کار در ابتدا درایه‌های هر سطر ماتریس A را با استفاده از قاعده جمع اعداد فازی مثلثی طبق رابطه (۵) محاسبه کرده تا یک ماتریس فازی ستونی تشکیل شود (ستون x_1). سپس مجموع درایه‌های ماتریس ستونی را با هم جمع زده تا یک عدد فازی به‌دست آید (سطر x_3). این عدد را معکوس نموده (سطر x_4) و آنگاه درایه‌های ماتریس ستونی (x_1) را در معکوس عدد فازی (x_4) ضرب کرده تا وزن نسبی هزینه‌ها به‌دست آید (ستون x_2). نتایج این محاسبات در جدول ۳ ارائه شده است. حال با استفاده از رابطه (۶) اعداد فازی جدول ۳ با یکدیگر مقایسه می‌شوند، بنابراین:

$$\begin{aligned} V = (S_I \geq S_L, S_E, S_{EQ}, S_M, S_W, S_S) &= (0.978, 0.987, 0.966, 0.975, 0.957, 0.983) \\ V = (S_L \geq S_I, S_E, S_{EQ}, S_M, S_W, S_S) &= (1, 0.991, 0.980, 0.988, 0.972, 0.996) \\ V = (S_E \geq S_I, S_L, S_{EQ}, S_M, S_W, S_S) &= (1, 0.991, 0.980, 0.988, 0.972, 0.996) \\ V = (S_{EQ} \geq S_I, S_L, S_E, S_M, S_W, S_S) &= (1, 1, 1, 1, 0.992, 1) \\ V = (S_M \geq S_I, S_L, S_E, S_{EQ}, S_W, S_S) &= (1, 1, 1, 0.991, 0.983, 1) \\ V = (S_W \geq S_I, S_L, S_E, S_{EQ}, S_M, S_S) &= (1, 1, 1, 1, 1, 1) \\ V = (S_S \geq S_I, S_L, S_E, S_{EQ}, S_M, S_W) &= (1, 0.995, 1, 0.983, 0.992, 0.975) \end{aligned}$$

جدول ۳- محاسبه وزن نسبی هزینه‌ها ماتریس A

گزینه‌ها	جمع سطری عناصر ماتریس A (x_1)	وزن نسبی هزینه‌ها (x_2)
S_I هزینه‌های سرمایه‌ای	(2.68, 6.98, 18.5)	(0.0188, 0.1227, 0.9325)
S_L هزینه‌های نیروی انسانی	(2.8, 8.11, 20)	(0.0196, 0.1426, 1.0081)
S_E هزینه‌های انرژی	(2.8, 7.62, 20.5)	(0.0196, 0.1339, 1.0333)
S_{EQ} هزینه‌های تجهیزات	(2.86, 8.79, 22)	(0.0201, 0.1544, 1.1089)
S_M هزینه‌های مواد اولیه	(2.86, 8.30, 20.5)	(0.0201, 0.1458, 1.0333)
S_W هزینه‌های بخش آب	(3.16, 9.26, 21)	(0.0222, 0.1627, 1.0585)
S_S هزینه‌های بخش فاضلاب	(2.68, 7.85, 20)	(0.0188, 0.1379, 1.0081)
مجموع درایه‌های ماتریس ستونی (x_3)		(19.84, 56.914, 142.5)
معکوس مجموع درایه‌های ماتریس ستونی (x_4)		(0.007, 0.0175, 0.0504)

جدول ۴- اولویت‌بندی و وزن نهایی هزینه‌ها با روش فازی

هزینه‌ها	اولویت	وزن نهایی
بخش آب	۱	۰/۱۴۵۸
تجهیزات	۲	۰/۱۴۴۶
مواد اولیه	۳	۰/۱۴۳۳
نیروی انسانی	۴	۰/۱۴۲۹
بخش فاضلاب	۵	۰/۱۴۲۱
انرژی	۶	۰/۱۴۱۷
سرمایه	۷	۰/۱۳۹۵

۴-۱- محاسبه میزان ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی

در این بخش میزان ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی محاسبه می‌شود. برای نمونه با توجه به جدول ۳ که وزن‌های نسبی ماتریس نهایی A محاسبه شده، به‌طور مشابه برای ماتریس A1 جدول ۵ به‌دست می‌آید.

حال با حاصل‌ضرب بردار RW در ماتریس A1 تخمین مناسبی از $\tilde{\lambda}_{\max(i)} \tilde{R}W_i$ به‌دست می‌آید، سپس با تقسیم $\tilde{R}W_i$ بر $\tilde{\lambda}_{\max(i)}$ تخمین‌هایی از $\tilde{\lambda}_{\max(i)}$ به‌دست می‌آید که در جدول ۶ ارائه شده است.

در نتیجه با میانگین‌گیری از مقدار $\tilde{\lambda}_{\max}$ محاسبه می‌شود: $\lambda_{\max} = (5.85, 6.96, 8.61)$. حال با توجه به رابطه‌های (۸) و (۹) که در آن $n=7$ و $ILR=1/32$ ، $-0.192, -0.007, 0.203$ و $\tilde{I}I = (-0.146, -0.005, 0.203)$ ، $\tilde{I}I = (0.268)$.

برای مقایسه مقدار با مقدار ۰/۱ برای مقایسه سازگاری یا غیرسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی، با توجه به رابطه (۱۰) اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل می‌شوند که در آن a یک عدد فازی و X عدد قطعی هستند.

$$\tilde{a} = (l, m, u) \cdot X = L + \frac{u-m}{4} \quad (10)$$

جدول ۵- محاسبه وزن نسبی هزینه‌های ماتریس A1

هزینه‌ها	وزن نسبی هزینه‌ها (RW)
S_I	(0.019, 0.086, 0.296)
Z	(0.052, 0.089, 0.294)
S_E	(0.022, 0.089, 0.294)
S_{EQ}	(0.019, 0.077, 0.26)
S_M	(0.038, 0.164, 0.59)
S_W	(0.035, 0.164, 0.59)
S_S	(0.033, 0.15, 0.54)

جدول ۶- محاسبه‌ی شاخص

هزینه‌ها	$\tilde{\lambda}_{\max(i)} \tilde{R}W_i$	$\tilde{\lambda}_{\max(i)}$
S_I	(0.019, 0.086, 0.296)	(5.53, 6.58, 7.72)
S_L	(0.052, 0.089, 0.294)	(5.97, 7.20, 9.94)
S_E	(0.022, 0.089, 0.294)	(5.96, 7.37, 9.10)
S_{EQ}	(0.019, 0.077, 0.26)	(7.04, 7.16, 8.84)
S_M	(0.038, 0.164, 0.59)	(5.78, 7.15, 8.64)
S_W	(0.035, 0.164, 0.59)	(5.56, 6.73, 8.13)
S_S	(0.033, 0.15, 0.54)	(5.07, 6.52, 7.89)

به همین طریق می‌توان میزان ناسازگاری سایر ماتریس‌های مقایسات زوجی را به‌دست آورد که نتایج آن در جدول ۷ ذکر شده است.

جدول ۷- تعیین سازگار یا ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی

شماره ماتریس	I. R	نتایج	شماره ماتریس	I. R	نتایج
A1	-۰/۰۹۴	سازگار	A11	۰/۰۲۲	سازگار
A2	۰/۰۶۰	سازگار	A12	-۰/۰۶۸	سازگار
A3	۰/۰۴۱	سازگار	A13	۰/۰۳۵	سازگار
A4	۰/۰۷۵	سازگار	A14	۰/۰۸۱	سازگار
A5	۰/۰۴۵	سازگار	A15	-۰/۰۸۳	سازگار
A6	۰/۰۴۳	سازگار	A16	۰/۰۰۸	سازگار
A7	۰/۰۲۹	سازگار	A17	-۰/۰۳۴	سازگار
A8	۰/۰۴۰	سازگار	A18	-۰/۰۲۶	سازگار
A9	۰/۰۶۶	سازگار	A19	-۰/۰۷۴	سازگار
A10	-۰/۰۴۹	سازگار	A20	-۰/۰۹۳	سازگار

با توجه به جدول ۷ تمامی ماتریس‌ها از سازگاری مطلوبی برخوردارند.

۴-۲- کارایی‌های جزئی و کارایی کل عوامل

در بخش قبل وزن‌های هر کدام از هزینه‌ها با روش فازی با توجه به نظرات کارشناسان و مدیران شرکت آب و فاضلاب محاسبه شد. حال با توجه به این اوزان، این ضرایب را می‌توان در مشخص کردن میزان شدت و سهم آنها در شاخص کارایی کل عوامل به کار برد، بنابراین با توجه به عوامل فوق رابطه (۱۱) به دست می‌آید.

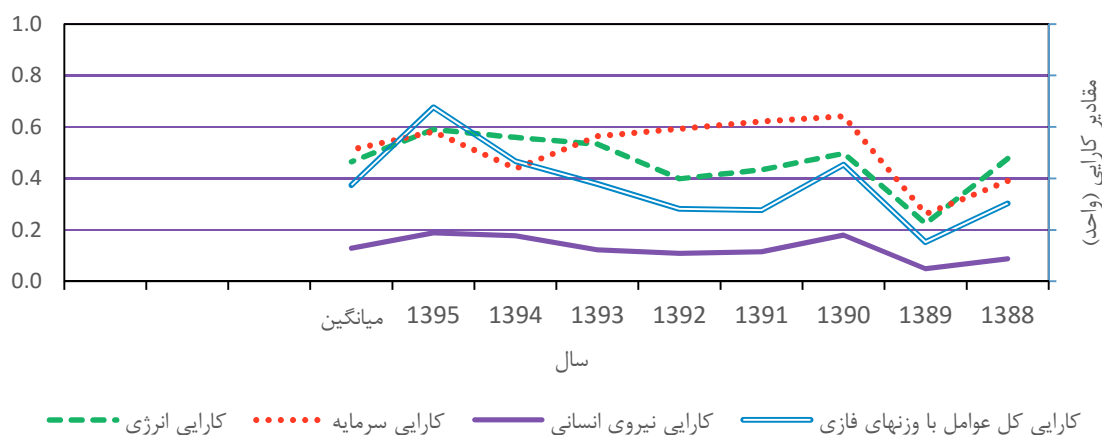
$$TFE = \frac{Q}{(W_I * I) + (W_L * L) + (W_E * E) + (W_{EQ} * EQ) + (W_M * M) + (W_W * W) + (W_S * S)} \quad (11)$$

که TFE : کارایی کل عوامل^۲، Q : ارزش افزوده یا ستانده، I : هزینه‌های سرمایه‌ای، W_I : وزن هزینه‌های سرمایه، L : هزینه‌های نیروی انسانی، W_L : وزن هزینه‌های نیروی انسانی، E : هزینه‌های انرژی، W_E : وزن هزینه‌های انرژی، EQ : هزینه‌های تجهیزات، W_{EQ} : وزن هزینه‌های تجهیزات، M : هزینه‌های مواد اولیه، W_M : وزن هزینه‌های مواد اولیه، W : هزینه‌های بخش آب، W_W : وزن هزینه‌های بخش آب، S : هزینه‌های بخش فاضلاب و W_S : وزن هزینه‌های بخش فاضلاب هستند.

مدل ارائه شده برای محاسبه کارایی کل عوامل با نظرات کارشناسان و مدیران به‌خاطر اهمیت هزینه‌ها (عوامل تولید) شرکت آب و فاضلاب لحاظ شده است و با توجه به یکسان بودن اندازه‌گیری کارایی، مدل ارائه شده به‌عنوان یک فرمول کلی برای محاسبه کارایی در شرکت‌های آب و فاضلاب و دیگر سازمان‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مهم‌ترین ویژگی و برتری این مدل در برابر دیگر شاخص‌های کارایی، وزن همه ورودی‌های شرکت را یکسان و با ضریب یک در نظر نمی‌گیرد، به‌طوری که در بسیاری از سازمان‌ها و شرکت‌ها میزان اهمیت عوامل متفاوت از هم هستند. بنابراین لحاظ کردن وزن‌های یکسان در محاسبه شاخص‌های کارایی ممکن است که نتایج حاصل شده از نظر کیفیت و مطلوبیت واقعی‌تر برخوردار نباشند. بنابراین این مدل قادر خواهد بود با محاسبه کارایی به‌صورت دقیق‌تر به تحلیل وضعیت شرکت برای مدیریت و شناسایی نقاط قوت، ضعف و تدوین برنامه‌های اصلاحی برای بهبود و افزایش فعالیت‌ها به‌خصوص نحوه تاثیر هزینه‌ها بر عملکرد شرکت و استفاده بهینه و موثر شرکت‌ها برای افزایش کارایی و در نتیجه بهره‌وری مورد استفاده قرار گیرد. به منظور تحلیل کارایی و ارزیابی آن در شرکت مورد مطالعه، شاخص‌های کارایی جزئی و میزان کارایی کل عوامل طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵ محاسبه و تحلیل می‌شوند.

جدول ۸- مقادیر کارایی جزئی در شرکت آب‌فاز براساس ستانده طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵

عنوان شاخص	سال شاخص‌های کارایی	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	میانگین
کارایی انرژی	ستانده	۰/۴۷	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۴۶
	هزینه‌های انرژی									
کارایی سرمایه	ستانده	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۵۸	۰/۵۱
	هزینه‌های سرمایه‌ای									
کارایی نیروی انسانی	ستانده	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۳
	هزینه‌های نیروی انسانی									
کارایی کل عوامل	TFE	۰/۳۰۲	۰/۱۵۳	۰/۴۵۴	۰/۲۷۶	۰/۲۸۲	۰/۳۷۸	۰/۴۶۷	۰/۶۵	۰/۳۷



شکل ۱- مقایسه کارایی‌های جزئی و کارایی کل عوامل

شاخص انرژی و نیروی کار از شرایط مطلوب‌تری بهره‌مند بوده و بهبود یافته هستند. البته در مجموع، یافته‌ها نشان داد که برای بهبود کارایی کل شرکت، توجه به افزایش کارایی سرمایه نسبت به سایر عوامل تولید باید در اولویت قرار گیرد.

۵- نتایج و پیشنهادها

فعالیت‌های هر صنعتی شامل مجموعه‌ای از امور است که هریک دارای هزینه‌های مربوط به خود است و هر صنعتی می‌تواند بنابر موقعیت شرایط خویش، روشی برای کاهش هزینه‌ها انتخاب کند و با اجرای آن هزینه‌های خود را کنترل و کاهش دهد. نتیجه این کاهش‌ها می‌تواند افزایش کارایی و در نهایت بهره‌وری شرکت را به همراه داشته باشد. با توجه به آثار مثبت و تاثیرگذار سنجش کارایی در صنعت، ضرورت وجود یک سیستم اندازه‌گیری کارایی و امکان ارزیابی عملکرد شرکت‌ها لازم است. در این خصوص مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، از مطمئن‌ترین روش‌های علمی و مدیریتی هستند که با در نظر گرفتن تمامی جوانب از جمله اولویت‌بندی گزینه‌ها و مقایسه با یکدیگر و رتبه‌بندی آن‌ها، شیوه علمی‌تری در تصمیم‌گیری‌ها ایجاد می‌کنند. در این تحقیق برای محاسبه کارایی ابتدا هزینه‌های موثر بر کارایی شناسایی شده و سپس با استفاده از روش AHP فازی اولویت‌بندی و وزن‌دهی شده‌اند. سپس با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده برای محاسبه کارایی، مدلی ارائه شد که این مدل نسبت به دیگر مدل‌های کارایی از جامعیت و کیفیت بالاتری برخوردار است. در نهایت نیز با

کارایی کل عوامل طی دوره مورد مطالعه نوسانات زیادی (از ۰/۳۰۲ در سال ۱۳۸۸ به ۰/۶۵ واحد در سال ۱۳۹۵) داشته است که شاخص‌های انرژی و نیروی کار در مقایسه با شاخص سرمایه از عاملان نوسانات هستند، اما تاثیر شاخص‌های سرمایه خیلی کمتر از دو شاخص انرژی و نیروی کار در کاهش آن است. نتایج نشان داد که تغییرات کارایی انرژی نوسانات زیادی داشته که از دلایل اصلی آن، تغییرات زیاد در هزینه‌های انرژی به دلیل افزایش قیمت‌های انرژی در طی سال‌ها بوده است. در این شرکت میزان متوسط کارایی انرژی برابر با ۰/۴۶ واحد بوده و به این معنی که کارایی انرژی در شرایط فعلی تاثیر معناداری در کالا و خدمات ارایه شده شرکت داشته، اما تاثیر آن بر روی کارایی کل پایین است. برای بهبود این شاخص، در نظر گرفتن موضوع صرفه‌جویی انرژی در تجهیزات جدید و به‌روز، انتخاب تجهیزات بهینه و کم‌مصرف و مناسب به لحاظ فنی در طرح‌ها و پروژه‌های آتی، بهینه‌سازی وسایل و تجهیزات شرکت در مصرف انرژی برای کاهش هزینه‌ها باید مدنظر قرار گیرند. کارایی نیروی کار نیز با متوسط ۰/۱۳ واحد از سطح مطلوبی برخوردار نبوده و یکی از موارد موثر تغییرات در تعداد کارکنان شرکت بوده که یکی از راه‌حل‌ها به کارگیری کارکنان بر اساس تخصص آن‌ها است. همچنین توجه به عواملی از جمله انگیزش بین کارکنان، ایجاد زمینه‌های مناسب برای ابتکار و خلاقیت کارکنان، به کارگیری نیروهای متناسب با توان و استعداد شغلی، مشارکت گروهی، پرداخت پاداش و تشویقی در قبال انجام کارها، آموزش شغلی مستمر کارکنان می‌توانند این شاخص را بهبود دهند. اما شاخص‌های کارایی سرمایه نسبت به دو

استفاده از داده‌های موجود در طی دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ و مدل ارائه شده، میزان کارایی کل عوامل و کارایی‌های جزئی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که هزینه‌های آب با وزن (۰/۱۴۵۸) و تجهیزات با (۰/۱۴۴۶) در اولویت قرار گرفته‌اند. کارایی کل عوامل در حال نوسان بوده به‌طوری‌که متوسط کارایی آن برابر با ۰/۳۷ واحد است که از دلایل اصلی آن، کاهش کارایی بخش‌های انرژی با متوسط (۰/۴۶) واحد و نیروی انسانی با متوسط (۰/۱۳) واحد است. به‌کارگیری نتایج حاصل از رتبه‌بندی و اولویت‌بندی انواع هزینه‌های شرکت مورد مطالعه با توجه محدودیت‌های مالی شرکت می‌تواند ابزاری برای کنترل و استفاده بهینه از هزینه‌ها تبدیل شود. مدل ارائه شده می‌تواند برای سایر استان‌ها به‌عنوان یک فرمول کلی برای محاسبه کارایی در آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن در برنامه‌های استراتژی و بودجه‌بندی مورد توجه قرار گیرد.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Efficiency
- 2- Productivity
- 3- Effectiveness
- 4- Multiple-Criteria Decision Making
- 5- Simpel Additive Weighting
- 6- Elimination Et Choice Translation Reality
- 7- Technique for Order Prefereences by Similarity to Ideal Solution
- 8- Analytical Hierarchy Process
- 9- Inconsistency Index (I.I)
- 10- Inconsistency Ratio (I.R)
- 11- Inconsistency Index of Random Matrix
- 12- Total Factor Efficiency

۷- مراجع

آرمان، م.ج.، صالحی صدقیانی، ج.، مژدهی، س.، و نظری، ع.، (۱۳۹۱)، «محاسبه میزان ناسازگاری ساختار سلسله‌مراتبی و ماتریس‌های مقایسات زوجی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی»، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۰(۲۷)، ۹۴-۱۱۷.

آذر، ع.، و رجب‌زاده، ع.، (۱۳۸۱)، *تصمیم‌گیری کاربردی با رویکرد MADM*، انتشارات نگاه دانش، تهران، ایران.

اصغریور، م.ج.، (۱۳۸۷)، *تصمیم‌گیری چند معیاره*، انتشارات دانشگاه تهران، ایران.

امیدی، ف.، بابازاده، ح.، و سرایی تبریزی، م.، (۱۳۹۲)، «ارزیابی بهره‌وری آب با رویکرد استفاده از روش‌های ANP، AHP،

FAHP و FANP»، *اولین همایش ملی بهینه‌سازی آب*، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

دباغ، ر.، (۱۳۹۰)، «مقایسه بهره‌وری پژوهشی با بهره‌وری کل در دانشگاه‌های منتخب دولتی ایران»، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۶(۴۷)، ۷۵-۱۰۴.

دهقانی، ع.، و علی اکبری نوری، ف.، (۱۳۹۵)، «رتبه‌بندی صنایع تولیدی کشور بر اساس شاخص‌های منتخب اقتصادی در سال ۱۳۹۲ با تکنیک FANP-ARAS»، *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۱۹(۵)، ۱۰۹-۱۳۰.

خشاکی، م.، و داودآبادی، م.، (۱۳۸۸)، «رتبه‌بندی بهره‌وری عوامل تولید شرکت‌های آب و فاضلاب به منظور کاهش هزینه‌ها با رویکرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره»، *سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداري، دانشگاه صنعت آب و برق، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران*.

سحری مقیم، پ.، تکین، ک.، و لک، ع.، (۱۳۹۵)، «شناسایی و رتبه‌بندی هزینه‌های ناشی از عدم پیاده‌سازی مدیریت ریسک با استفاده از منطق فازی»، *اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران (مهندسی سازه و مدیریت ساخت)*، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ایران.

سلیمی، م.، شهبازمادی، س.، و جهانپار بامدادصوفی، ج.، (۱۳۸۷)، «طراحی و ساخت مقیاس نمرات مجموع لیکرت با رویکرد پژوهشی در مدیریت»، *دانش مدیریت*، ۲۱(۸۰)، ۴۱-۶۰.

سیف برق، م.، و ضیایی نقش‌بندی، چ.، (۱۳۹۱)، «طراحی یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای ارزیابی مشتریان»، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، ۹(۲۴)، ۶۷-۸۴.

صدرايي جواهری و ا.، مهبودی، پ.، (۱۳۹۵)، «بررسی ارتباط میان اندازه‌گیری و رشد بهره‌وری در صنعت داروسازی ایران»، *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی ایران*، ۲۱(۲)، ۵۱-۲۵.

محمدی، م.، و سالک نادری، م.، (۱۳۹۴)، «شناسایی و وزن‌دهی عوامل هزینه‌ای تاثیرگذار در قیمت‌گذاری دانش فنی به روش AHP»، *دو فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی*، ۲۴(۶۸)، ۶۸-۶۸.

موسی کاظمی، ج.، رکنی، م.، و اخروی، ا.ح.، (۱۳۹۱)، «اولویت‌بندی طرح‌های بهبود EFQM با استفاده از AHP گروهی-فازی و ماتریس تلاش-موفقیت، مطالعه موردی: یک صنعت تولیدی»، *مدیریت تولید و عملیات*، ۳(۱)، ۱۳۲-۱۱۷.

Asian Productivity Organization (APO), (2016), Databook, <http://www.apo-tokyo.org/publications/ebooks/apo-productivity-databook-2016/>

Buckley, J.J., (1985), "Fuzzy hierarchical analysis", *Fuzzy sets and Systems*, 17(3), 233-247.

Büyüközkan, G., and Karabulut, Y., (2017), "Energy

- project performance evaluation with sustainability perspective", *Energy*, 119, 549-560.
- Chan, F.T., (2003), "Performance measurement in a supply chain", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21(7), 534-548.
- Chang, D., (1996), "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.
- Fullard, F., (2007), "A model to evaluate the effectiveness of enterprise training programs", *International Entrepreneurship and Management Journal*, 3(3), 263-276.
- Fraquelli, G., and Moiso, V., (2005), "Cost efficiency and scale economies in the Italian water industry", *Higher Education and Research on Mobility Regulation and the Economics of Local Services (HERMES)*, Working Paper, 8, Torino, Italy.
- Guerrini, A., Romano, G., Leardini, C., and Martini, M., (2015), "Measuring the efficiency of wastewater services through data envelopment analysis", *Water Science and Technology*, 71(12), 1845-1851.
- Khoram, M.R., Shariat, M., Azar, A., Moharamnejad, N., and Mahjub, H., (2007), "Prioritizing the strategies and methods of treated wastewater reusing by fuzzy analytic hierarchy process (FAHP): A case study", *International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan)*, 9(13), 2462-24676.
- Molinos-Senante, M., Donoso, G., and Sala-Garrido, R., (2016), "Assessing the efficiency of Chilean water and sewerage companies accounting for uncertainty", *Environmental Science and Policy*, 61, 116-123.
- Rajasulochana, P., and Preethy, V., (2016), "Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water, A comprehensive review", *Resource-Efficient Technologies*, 2(4), 175-184.
- Srdjevic, Z., Samardzic, M., and Srdjevic, B., (2012), "Robustness of AHP in selecting wastewater treatment method for the coloured metal industry: Serbian case study", *Civil Engineering and Environmental Systems*, 29(2), 147-161.
- Wang, Y.M., Luo, Y., and Hua, Z., (2008), "On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications", *European Journal of Operational Research*, 186(2), 735-747.
- Zadeh, L.A., (1965), "Fuzzy sets", *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zadeh, L.A., (1994), "The role of fuzzy logic in modeling", *Identification and Control*, 15(3), 191-203.

Evaluation of Economic Performance through Clustering and Vikor Model Case Study: The Urban Water and Wastewater Industry Holding

Gholam Reza Ebrahimabadi¹, Leila Chachi² and Mohammad Davoodabadi^{3*}

1- Director General, Bureau of General Assemblies and Financial Control, NWWEC, Tehran, Iran.

2- Head of Bureau for General Assemblies, TPWWC, Tehran, Iran.

3- Expert, Finance and Budget, NWWEC, Tehran, Iran.

* Corresponding author, Email: davoodabadi@nww.ir

Received: 27/5/2018

Revised: 14/8/2018

Accepted: 18/8/2018

Abstract

In the context of evaluating performance organizations apply the conventional techniques of analyzing indicators and quantitative and biased parameters. Although these methods provide useful information, but due to exclusion of some indicators, no clear and thorough image of the performance is provided and the results often lack the definite validity. The economic indicators cover different sets of performance. Therefore, application of scientific models to evaluate performance will have a great impact on evaluations as well as on clarifying the targeted policies and decisions. This research was undertaken to identify the economic performance of Water and Wastewater Companies on the basis of economic indicators and scientific models and in the context of divisional and top management decision making in the sector. After selecting the efficient economic indicator and setting their weights by Shannon Entropy Model, the performance of urban Water and Wastewater Companies were classified in 4 independent groups from the point of view of economic indicators by applying the statistical clustering method (hierarchal approach). Then the economic performance of the Water and Wastewater Companies were graded in the clusters with the aim of modeling and specifying plans to improve and enhance them. The results underlined the efficiency of quantitative models in generating definite data with high degree of reliability for strategic management and in particular for making decisions on planning and management control.

Keywords: Economic indicators, Hierarchal Clustering, Multi-index Decision Making, Vikor Model.

ارزیابی عملکرد اقتصادی با رویکرد شیوه خوشه‌بندی و مدل ویکور (مطالعه موردی: هلدینگ صنعت آب و فاضلاب شهری)

غلامرضا ابراهیم‌آبادی^۱، لیلا چاچی^۲ و محمد داودآبادی^{۳*}

۱- مدیر کل دفتر مجامع عمومی و نظارت مالی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

۲- رئیس گروه دفتر مجامع عمومی، شرکت آب و فاضلاب استان تهران، تهران، ایران.

۳- کارشناس مالی و بودجه، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: davoodabadi@nww.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۶

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۷

چکیده

سازمان‌ها در راستای ارزیابی عملکرد، از تکنیک‌های متداول تجزیه و تحلیل شاخص‌ها، پارامترهای کمی و سلیقه‌ای استفاده می‌کنند، اگرچه این نوع شیوه‌ها، اطلاعات مفیدی را فراهم می‌آورند، اما به دلیل لحاظ نکردن تمام شاخص‌ها، تصویر جامعی از عملکرد به دست نخواهد داد و نتیجه‌ها از اعتبار قطعی برخوردار نیست. شاخص‌های اقتصادی، حوزه‌های عملکردی متفاوتی را پوشش می‌دهند، بنابراین استفاده از مدل‌های علمی برای ارزیابی عملکرد به لحاظ در نظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌ها در حوزه‌های مختلف، تاثیر زیادی بر ارزیابی عملکرد، تبیین هدف‌گذاری سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌ها خواهد داشت. این پژوهش در راستای شناسایی عملکرد اقتصادی شرکت‌های آب و فاضلاب بر پایه شاخص‌های اقتصادی و مدل‌های علمی در راستای تصمیم‌گیری‌های مدیریت بخشی و ارشد صنعت است. پس از انتخاب شاخص‌های بهینه اقتصادی و تعیین وزن آن‌ها با مدل آنتروپی شانون، با شیوه آماری خوشه‌بندی (رویکرد سلسله‌ای)، عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب شهری از منظر شاخص‌های اقتصادی به ۴ گروه مستقل طبقه‌بندی می‌شوند. در ادامه با مدل ویکور، عملکرد اقتصادی شرکت‌های آب و فاضلاب در خوشه‌ها با هدف الگوبرداری و تبیین برنامه‌هایی برای بهبود و ارتقای عملکرد اقتصادی و ... رتبه‌بندی می‌شوند. نتایج پژوهش نشان از کارآمدی مدل‌های کمی در راستای تولید اطلاعات قطعی با ضریب اطمینان بالا در راستای مدیریت راهبردی و به‌خصوص تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی و کنترل مدیریت است.

کلمات کلیدی: خوشه‌بندی سلسله‌ای، مدل ویکور، شاخص‌های اقتصادی و تصمیم‌گیری چند شاخصه.

۱-۱- مبانی نظری (ارزیابی عملکرد)

ارزیابی عملکرد، مجموعه اقدام‌هایی برای افزایش سطح استفاده بهینه از امکانات برای دستیابی به هدف‌ها به شیوه‌های علمی توأم با کارآمدی است. ارزیابی عملکرد ضمن تولید معیارهای مقایسه‌ای و سنجش با ارایهی تجربیات، توفیق‌ها و ناکامی‌ها هزینه‌های سعی و خطا را به حداقل می‌رساند و بسترهای لازم را برای شناسایی مشکلات فراهم و راه‌گشای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها است. هدفهای ارزیابی عملکرد شناسایی وضعیت (گذشته، حال و موجود)، روند تحقق فعالیت‌ها، ارزیابی برنامه‌ها، بهبود کیفی تصمیم‌ها، شناسایی کارآمدی استفاده از منابع، برنامه‌ریزی، کنترل و ... می‌باشد. مدل‌های متنوعی برای ارزیابی استفاده می‌شود و هریک از آن‌ها با توجه به اقتضای محیطی و شرایط، از اولویت خاصی برخوردار می‌باشند. مهم‌ترین آن‌ها مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۱، کارت امتیاز متوازن^۲، مدل‌های پارامتریک (اقتصادسنجی)، مدل‌های ناپارامتریک (تحلیل پوششی داده‌ها)^۳ و ... هستند.

۱-۲- ضرورت و اهمیت

صرف‌نظر از اهمیت توجه به ارزیابی عملکرد در خصوص استفاده بهینه از منابع محدود، شناسایی توانایی مدیریت در ایفای وظیفه پاسخگویی، ایجاد ارزش افزوده، رشد اقتصادی و ... شناسایی و ارزیابی عملکرد فعالیت‌های اقتصادی در صنعت آب و فاضلاب با توجه به رسالت سازمانی مطابق شکل ۱ حایز اهمیت است (سجادی‌فر و داودآبادی، ۱۳۹۵).

۱-۳- شاخص‌های اقتصادی

علم اقتصاد ریشه در خواسته‌ها و امکانات جوامع بشری دارد که به دو عامل نامحدود بودن نیازها و خواسته‌های انسانها و محدودیت منابع مربوط است. تئوری‌های اقتصاد، یکی از راه‌های تخصیص بهینه منابع تولیدی کالاها و خدمات (کارآمدی) هستند. شاخص‌های اقتصادی سه گروه مطابق توضیحات زیر قابل بررسی و تحلیل است.

- بهره‌وری: واژه بهره‌وری تحت عنوان نسبت تولید کالا و خدمات یا مجموعه‌ای از ستانده به یک یا چند داده موثر در تولید کالا و خدمات تعریف شده است. بهره‌وری، معیاری برای ارزیابی عملکرد نظام‌ها و تعیین میزان موفقیت در رسیدن به هدف‌ها با توجه به مصرف منابع است.

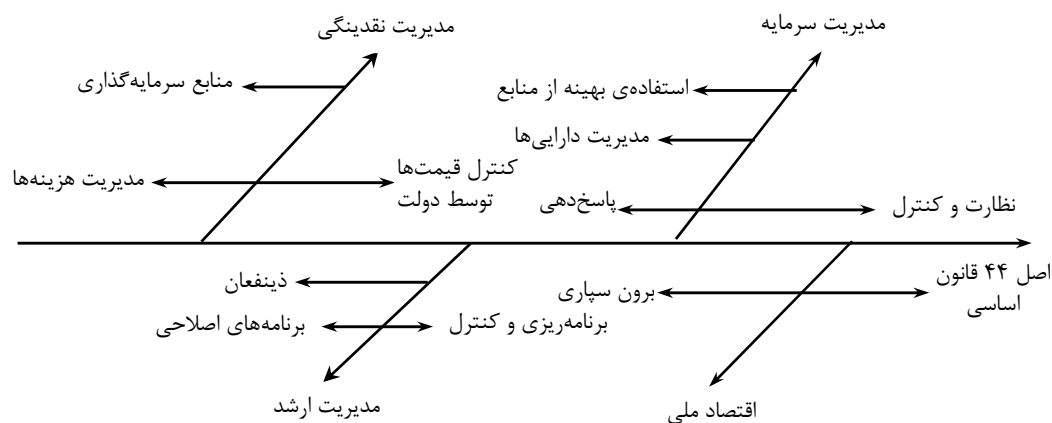
ارزیابی عملکرد، به‌عنوان یک فرآیند مدیریتی، یکی از این ابزارها برای شناسایی وظایف مدیریتی، استفاده بهینه از منابع، افزایش کارآمدی، نظارت و اثربخشی است. ارزیابی عملکرد اقتصادی یکی از مهم‌ترین حوزه‌های عملکردی است، زیرا اطلاعات آن زیربنای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها و تدوین برنامه‌ها و هدف‌گذاری سیاست‌ها است. مجموعه شرکت‌های آب و فاضلاب باید متکی به فرهنگ ملی (پایداری فرهنگی) تولید ثروت کنند (پایداری اقتصادی) و در یک توزیع عادلانه (پایداری اجتماعی) مواهب را بین آحاد جامعه توزیع کنند و حقوق اجتماعی شهروندان را تحقق بخشند و با سرمایه‌گذاری گسترده در شبکه‌های آب و فاضلاب محیط‌زیست پاکیزه‌ای را فراهم آورند (پایداری محیط‌زیست) تا آیندگان با به‌کارگیری امکانات جامعه برای تولید کالا و خدمات آن‌گونه که می‌خواهند زندگی کنند (توسعه پایدار).

بنابراین خدمات آب و فاضلاب یکی از مهمترین ضرورت‌های زندگی جوامع بشری، حقوق شهروندی و مدیریت خدمات شهری است و ارزیابی عملکرد در بهبود فعالیت‌ها و ارایه خدمات بسیار موثر باشد. هدف اصلی پژوهش، ارزیابی عملکرد اقتصادی صنعت آب و فاضلاب با مدل‌های کمی است و نتایج آن می‌تواند شرکت مادر تخصصی را در سطح ارزیابی عملکرد، برنامه‌ریزی بخشی به لحاظ منابع مالی، سرمایه‌گذاری، تخصیص اعتبارات، ایجاد فضای رقابتی سالم برای بهبود، حرکت به سوی بنگاه‌داری اقتصادی، ارتقای عملکرد و ... یاری کند. این پژوهش در راستای دو هدف زیر انجام شده است:

- شرکت‌های آب و فاضلاب شهری از منظر توجه به شاخصهای اقتصادی در راستای رسالت سازمانی (تامین و توزیع آب و خدمات دفع فاضلاب) در چند خوشه مستقل برای ارزیابی و الگوبرداری قرار می‌گیرند و هر خوشه چند عضو دارد.

- هر یک از شرکت‌های آب و فاضلاب از لحاظ تمرکز بر شاخصهای اقتصادی چه رتبه‌های در هر خوشه دارند.

قلمرو مکانی پژوهش شرکت‌های آب و فاضلاب شهری (۳۵ شرکت با شخصیت حقوقی مستقل)، قلمرو زمانی سال ۱۳۹۵ و برای محاسبه و تحلیل داده‌ها از بسته نرم‌افزارهای Matlab 6.1، SPSS 23 و Minitab 17.1 به فراخور نیاز استفاده شده است.



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

آب و فاضلاب از شاخص‌های استاندارد مطابق جدول ۱ استفاده شده است (دفتر امور مجامع و نظارت مالی، ۱۳۹۶-الف و ب).

۲- روش تحقیق

این پژوهش از لحاظ هدف از نوع کاربردی است و از طرح شبه‌تجربی و رویکرد پس‌رویدادی استفاده می‌کند. زمانی از این روش استفاده می‌شود که داده‌ها به گونه‌ای طبیعی وجود داشته باشد یا از واقعیت‌هایی که بدون دخالت مستقیم پژوهشگر رخ داده فراهم شود. این روش برای انجام پژوهش‌هایی استفاده می‌شود که پژوهشگر در جستجوی علت روابط معینی است که در گذشته رخ داده است. هم‌چنین روش تحقیق از منظر جمع‌آوری داده‌ها و مبانی نظری از نوع توصیفی است. الگوی مفهومی پژوهش نظر به هدف پژوهش و ماهیت اطلاعات در شکل ۲ ارائه شده است.

- کارآمدی: کارآمدی یعنی انجام کارها بهتر از آن‌چه که هم‌اکنون در جریان است و بیان‌میدارد بنگاه‌های اقتصادی چه میزان از منابع را در تولید کالاها یا ارائه خدمات مصرف کرده‌اند. بنابراین کارآمدی مقایسه بین منابع مورد انتظاری که برای رسیدن به مقاصد و فعالیت‌های خاص باید مصرف شود و منابع مصرف شده است.

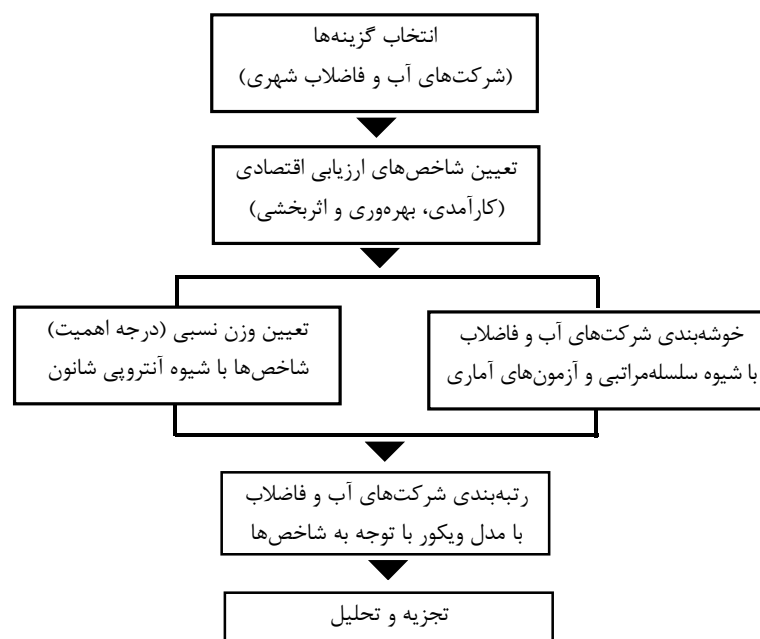
- اثربخشی: دستیابی به اولویت‌ها و هدف‌های چندگانه در چارچوب نظام ارزشی مشترک و فرهنگ سازمانی، به گونه‌ای که کسب هدف‌ها از نظر هزینه و زمان بهینه باشد و اولویت‌ها و رضایت ذینفع‌هایی را برای کسب هدف‌ها فراهم کند.

برای ارزیابی عملکرد اقتصادی، شاخص‌های متعددی در سطح کلان و کسب و کار (خرد) وجود دارد که استفاده از آن‌ها بستگی به شرایط محیطی و سایر عامل‌ها دارد (سجادی‌فر و داودآبادی، ۱۳۹۵). در این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد اقتصادی صنعت

جدول ۱- شاخصهای لحاظ شده برای ارزیابی عملکرد اقتصادی

کد	عنوان	مقیاس	کد	عنوان	مقیاس
In-01	رشد بازار (معادل آحاد)	درصد	In-08	بهره‌وری سرمایه (ناخالص)	درصد
In-02	ارزش افزوده ناخالص به کل داده‌ها	درصد	In-09	نسبت سهم نیروی کار (خالص)	درصد
In-03	ارزش افزوده خالص به کل داده‌ها	درصد	In-10	نسبت سهم نیروی کار (ناخالص)	درصد
In-04	گردش مالی داخلی	میلیارد ریال	In-11	بهره‌وری مواد اولیه حیاتی و انرژی (خالص)	درصد
In-05	تشکیل سرمایه	میلیارد ریال	In-12	بهره‌وری مواد اولیه حیاتی و انرژی (ناخالص)	درصد
In-06	نرخ تشکیل سرمایه	درصد	In-13	بهره‌وری تجهیزات (خالص)	درصد
In-07	بهره‌وری سرمایه (خالص)	درصد	In-14	بهره‌وری تجهیزات (ناخالص)	درصد

(ماخذ: گزارش ارزیابی عملکرد (ایجد) سال ۱۳۹۵-روایت ۲۳، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)



شکل ۲- الگوی مفهومی ارزیابی عملکرد اقتصادی با شیوه خوشه‌بندی و مدل ویکور

۲-۱- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای^۴

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای شیوه‌ای آماری برای گروه‌بندی داده‌ها، با توجه به شباهت یا درجه نزدیکی آن‌ها است، به‌طوری که هر گروه بیشترین شباهت و مشاهدات گروه‌های مختلف کمترین شباهت را به یکدیگر داشته باشند. داده‌ها از طریق تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به دسته‌های همگن و متمایز از یکدیگر تقسیم می‌شوند.

تحلیل خوشه‌ای شیوه‌ای برای طبقه‌بندی توده‌های اطلاعات به ستون‌های معنی دار است. شیوه‌های گوناگونی برای خوشه‌بندی وجود دارد و به معلوم یا مجهول بودن تعداد گروه‌ها و نوع متغیرها بستگی دارد. شیوه‌های دومرحله‌ای برای گروه‌های معلوم، میانگین برای گروه‌های مجهول، سلسله‌ای^۵ برای گروه‌هایی که به مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری بستگی دارند موجود است. در این پژوهش با توجه به ساختار داده‌ها و همچنین از آن جایی که تعداد خوشه‌ها از قبل مشخص نیستند از شیوه تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی بالا به پایین استفاده شده است. در این روش (Top-Down) ابتدا تمامی نمونه‌ها به عنوان یک خوشه بزرگ در نظر گرفته می‌شوند و بعد در هر مرحله به خوشه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شوند تا جایی که هر نمونه یک خوشه است.

شیوه سلسله‌مراتبی دارای هفت الگوریتم پیوند بین گروه‌ها، پیوند درونی گروه‌ها، دورترین همسایه، نزدیکترین همسایه، مرکزی، میانه و شیوه وارد^۶ است. در این پژوهش از شیوه وارد استفاده شده

است، زیرا پایه این شیوه، تحلیل واریانس برای ارزیابی فاصله‌های زوجی بین خوشه‌ها است و در قیاس با سایر شیوه‌ها کارآمدی بیشتری دارد. در این شیوه، حاصل جمع کلی مشتقات مربع از میانگین خوشه برآورد می‌شود. نکات برجسته در خصوص تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به شرح زیر است:

- بررسی تفاوت معنی داری اختلاف بین خوشه‌ها: این تفاوت از طریق آنالیز واریانس و آزمون‌های پس‌تعیینی انجام می‌شود.
- بررسی سنجش اعتبار ساختار خوشه‌بندی: با توجه به این که شیوه‌های متعددی برای خوشه‌بندی وجود دارد، برای بررسی اعتبار ساختار خوشه‌بندی از ضریب همبستگی کوفنتیک^۷ استفاده می‌شود. پایه ضریب کوفنتیک تشکیل ماتریس کوفنتیک و محاسبه ضریب همبستگی پیرسن با ماتریس مجاورت^۸ (تشابه یا فاصله‌ای) است (Kings, 2013; Wierzchon, 2017).

۲-۲- تصمیم‌گیری چندشاخصه

تصمیم‌گیری چند شاخصه، شامل تصمیم‌های خاصی از نوع ترجیحی مانند ارزیابی، اولویت‌گذاری یا انتخاب از بین گزینه‌ها با چند شاخص متضاد است. مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، مدل‌هایی انتخاب‌گر هستند که برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین m گزینه و یا رتبه‌بندی گزینه‌ها به کار می‌رود. گزینه‌ها توسط n شاخص ارزیابی می‌شوند و با توجه به ارزش شاخص‌ها برای هر گزینه و میزان اهمیت هر

شاخص برای تصمیم‌گیرنده، گزینه برتر انتخاب یا رتبه‌بندی می‌شوند.

موضوع این تحقیق در قالب مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه انجام شده و دلایل اصلی انتخاب به شرح موارد زیر است:

- هدف انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود و یا اهمیت نسبی شاخص‌ها است.

- معیارهای مورد سنجش، شاخص‌هایی هستند که ممکن است همگن نباشند.

- هدف که همان رتبه‌بندی گزینه‌ها است به‌طور کامل مشخص است.

- تعداد گزینه‌ها (شرکت‌های آب و فاضلاب شهری) محدود و مشخص است.

- هدف یا موضوع در یک مقطع خاص زمانی (یک سال) اهمیت دارد (Zopounidis and Doumpos, 2014).

۲-۲-۱- مدل ویکور

این مدل توسط Opricovic and Tzeng در سال ۱۹۸۸ ارائه شده و یک عبارت صریح‌تری به معنای راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره^۹ است. این شیوه از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل مسایل تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامناسب (واحدهای اندازه‌گیری مختلف) و متعارض است. هدف این مدل، تمرکز بر رتبه‌بندی و انتخاب از بین مجموعه‌ای از گزینه‌ها در مسایلی با شاخص‌های متعارض که نتیجه آن فهرستی از رتبه‌بندی نهایی و یک یا چند راه‌حل توافقی است. راه‌حل توافقی یک راه

حل امکان‌پذیر است که نزدیک‌ترین راه‌حل به حل ایده‌آل است. منظور از توافق (سازش) جوابی است که بر پایه توافق متقابل بین شاخص‌ها حاصل می‌شود (Opricovic and Tzeng, 2004) (شکل ۲).

پایه این مدل، برنامه‌ریزی سازشی^{۱۰} (رویکردی برای تصمیم‌گیری تئوری مطلوبیت) و حداقل کردن بردار ارزیابی گزینه‌ها از نقطه ایده‌آل مثبت از طریق دو روش زیر است.

- محاسبه فاصله ترکیبی گزینه‌ها.

- راه‌حل ارجحیت: گزینه‌هایی که کوچک‌ترین فاصله ترکیبی را دارند (رابطه (۱)).

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^n \left[m \times \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right] \right\} \quad 1 \leq p \leq +\infty \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

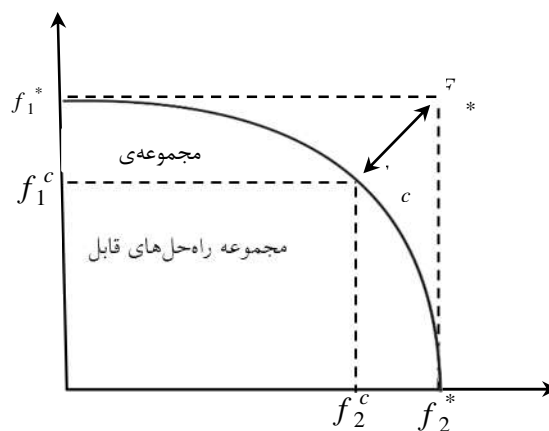
که f_j^* : بهترین ارزش شاخص j ام و f_j^- : بدترین ارزش شاخص j ام هستند.

حل مسایل تصمیم‌گیری با n شاخص و m گزینه با مدل ویکور به شرح زیر است:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری اولیه.

۲- تعیین بردار سطری وزن نسبی شاخص‌ها: در این مرحله وزن شاخص‌ها با استفاده از شیوه‌های مختلف تعیین می‌شود.

۳- تعیین نقطه ایده‌آل مثبت و منفی: تعیین بهترین (f_j^*) و بدترین (f_j^-) نقطه ایده‌آل برای هر شاخص (رابطه‌های (۲) و (۳)).



شکل ۲: نمودار مفهومی راه‌حل‌های ایده‌آل و سازشی (Opricovic and Tzeng, 2004)

• گزینه های $\alpha^m, \alpha', 000, \alpha^m$ اگر شرط اول برقرار نباشد a_m بر پایه رابطه (۱۰) برای بیشترین مقدار m تعیین می شود (Opricovic and Tzeng, 2004).

$$Q(Q^m) - Q(Q') < \frac{1}{i-1} \quad (10)$$

۲-۲-۲- معیارهای بی‌مقیاس

مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه مستلزم تعدادی شاخص هستند و از آنجایی که ممکن است شاخص‌ها نسبت به یکدیگر مقیاس‌های متفاوتی داشته باشند، در مواقعی که شاخص‌ها دارای دامنه تغییرات متفاوتی باشند در فرآیند خوشه‌بندی تأثیر می‌گذارند و شاخصی که مقادیر بزرگتری دارند در محاسبات اهمیت بیشتری پیدا می‌کند و تأثیر سایر شاخص‌ها را کم می‌کند. بنابراین برای همگن‌سازی، با استفاده از شیوه‌های علمی، بی‌مقیاس می‌شوند، به گونه‌ای که اهمیت نسبی آن‌ها حفظ شود. مهم‌ترین شیوه‌های همگن‌سازی، نرم خطی، نرم ساعتی، فازی و نرم اقلیدسی^{۱۱} هستند که در این پژوهش با توجه به ساختار و ماهیت اطلاعات از نرم اقلیدسی مطابق رابطه (۱۱) استفاده شده است (Zopounidis and Doumpos, 2014).

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_i r_{ij}^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (11)$$

۲-۲-۳- وزن شاخص‌ها (ضریب اهمیت)

ضریب اهمیت به‌طور معمول دارای مقیاس ترتیبی یا اصلی است و اهمیت نسبی هر شاخص را بیان می‌دارد. وزن‌ها شاخص‌ها می‌تواند مستقیم توسط تصمیم‌گیرنده‌ها، نظرسنجی یا به‌وسیله شیوه‌های علمی مانند کمترین مجذورات موزون^{۱۲}، آنتروپی شانون^{۱۳} و برنامه‌ریزی خطی گزینه‌های ترجیحی چندمنظوره^{۱۴} تعیین می‌شوند. در این پژوهش از مدل آنتروپی شانون استفاده شده است. در این مدل مبنای ضریب اهمیت، براساس میزان اطلاعاتی است که توسط یک شاخص برای ارزیابی گزینه‌ها تولید می‌شود. برپایه نظریه احتمالات، این روش، یک معیار عدم اطمینان است که به‌وسیله توزیع احتمال مشخص P_i گزارش می‌شود و به‌صورت رابطه (۱۲) بعد از بی‌مقیاس‌سازی (رابطه (۱۱)) به‌دست می‌آید.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad \forall_j \quad (12)$$

$$f_{ij}^* = \text{Max } f_{ij} \quad i = 1, 2, 000, m, \quad i = 1, 2, 000, n \quad (2)$$

$$f_{ij}^- = \text{Min } f_{ij} \quad i = 1, 2, 000, m, \quad i = 1, 2, 000, n \quad (3)$$

۴- محاسبه مقدار سودمندی (S_i) (رابطه (۴)) و مقدار تاسف (R_i) (رابطه (۵)) برای تمام گزینه‌ها.

$$L_{l,i} = S_i = \sum_{j=1}^n W_j \times \frac{(f_{ij}^* - f_{ij})}{(f_{ij}^* - f_{ij}^-)} \quad (4)$$

$$L_{\infty,i} = R_i = \text{Max} \left\{ W_j \times \frac{(f_{ij}^* - f_{ij})}{(f_{ij}^* - f_{ij}^-)} \right\} \quad (5)$$

که S_i : فاصله نسبی گزینه i ام از راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین ترکیب) و R_i : حداکثر ناراحتی گزینه i ام از دوری راه حل ایده‌آل مثبت هستند.

۵- محاسبه شاخص ویکور: شاخص ویکور هر گزینه مطابق رابطه (۶) تعریف می‌شود.

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right] + (1-v) \left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right] \quad (6)$$

پارامترهای رابطه (۶) مطابق رابطه‌های (۷) و (۸) محاسبه می‌شوند.

$$S^- = \text{Max } S_i, \quad S^* = \text{Min } S_i \quad (7)$$

$$R^- = \text{Max } R_i, \quad R^* = \text{Min } R_i \quad (8)$$

۶- مرتب کردن گزینه‌ها بر پایه مقادیر S, R, Q : گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q_i, R_i, S_i به‌صورت نزولی مرتب می‌شوند. گزینه a به‌عنوان یک راه حل توافقی به‌گونه‌ای که با توجه به مقدار شاخص ویکور و با در نظر گرفتن دو شرط زیر به‌عنوان بهترین، رتبه‌بندی شده است پیشنهاد می‌شود. شرط اول: مزیت قابل قبول (رابطه (۹)):

$$Q(\alpha'') - Q(\alpha') \geq \frac{1}{i-1}, \quad i = \text{number of alternatives} \quad (9)$$

شرط دوم: ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری: گزینه α' باید دارای بالاترین رتبه در فهرست رتبه‌بندی سودمندی (S_i) یا تاسف (R_i) هر دو باشد. چنین حل توافقی در فرآیند تصمیم‌گیری ثابت باقی می‌ماند و اگر یکی از دو شرط برقرار نشود، مجموعه‌ای از راه‌حل‌های توافقی پیشنهاد می‌شود:

• گزینه‌های α' و α'' اگر فقط شرط دوم برقرار نباشد.

شده است.

۳-۱- تعیین وزن شاخص ها

برای تعیین وزن شاخص ها از مدل آنتروپی شانون مطابق رابطه های (۱۲) الی (۱۵) و از نرم افزار ۶,۱ Matlab استفاده شده است (جدول ۲). بیشترین وزن به شاخص تشکیل سرمایه (۲۴/۲ درصد) و کمترین وزن به ارزش افزوده ناخالص به کل داده ها (۱/۲ درصد) اختصاص دارد. مطابق اطلاعات جدول ۲ شرکت های آب و فاضلاب برای ارتقا و بهبود رتبه عملکرد اقتصادی در هلدینگ صنعت باید به شاخص هایی توجه داشته باشند که وزن بیشتری دارند.

۳-۲- خوشه بندی

برای خوشه بندی شرکت های آب و فاضلاب بر پایه شاخص های اقتصادی و شیوه سلسله مراتبی پس از نرمال سازی شاخص ها مطابق بر رابطه (۳) از نرم افزار بسته آماری SPSS 23 استفاده شد (جدول ۳ و شکل ۲).

مطابق جدول ۳ در هر گوشه با توجه به ماهیت شاخص ها و دامنه تغییرات تعداد اعضا یکسان نیست. این جدول اطلاعات با ارزشی را با توجه به این که از منظر شرایط محیطی (اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و جغرافیایی) شرکت های صنعت آب و فاضلاب همگن نیستند، برای مقایسه، الگوبرداری و هدف گذاری برنامه های آتی برای بهبود و ارتقای عملکرد اقتصادی شرکت های آب و فاضلاب در اختیار تصمیم گیرندگان نهایی قرار می دهد.

برای بررسی تفاوت میانگین خوشه های مختلف و با فرض هر خوشه به عنوان یک گروه مستقل، از تحلیل واریانس در بستر نرم افزار Minitab 17.1 استفاده شد. تحلیل واریانس برای مقایسه میانگین بیش از دو گروه استفاده می شود و یک روش فراگیرتر از آزمون نمونه مستقل است. با توجه به حجم گسترده

که مقدار K در رابطه فوق یک عدد ثابت است (رابطه (۱۳)) و زمانی که تمام P_i ها برای تمام مقادیرهای i و j مساوی یکدیگر باشند، P_{ij} طبق رابطه (۱۴) به دست می آید.

$$K = \frac{1}{LN_m} \quad (13)$$

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad (14)$$

مقدار درجه ای انحراف (d_j) مطابق رابطه (۱۴) محاسبه می شود و نشان می دهد شاخص j چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرار می دهد. هر چه مقادیر اندازه گیری شده شاخصی به هم نزدیک باشد، نشان می دهند سایر گزینه ها از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند، بنابراین نقش آن شاخص در تصمیم گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

$$d_j = 1 - E_j \quad \forall j \quad (15)$$

مقدار وزن شاخص ها مطابق رابطه (۱۵) محاسبه می شود و مجموع آنها برابر یک است. تصمیم گیرنده ها می توانند بهترین شاخص را با لحاظ کردن وزن انتخاب کنند (Hafezalkotob, 2015).

۳- یافته های پژوهش

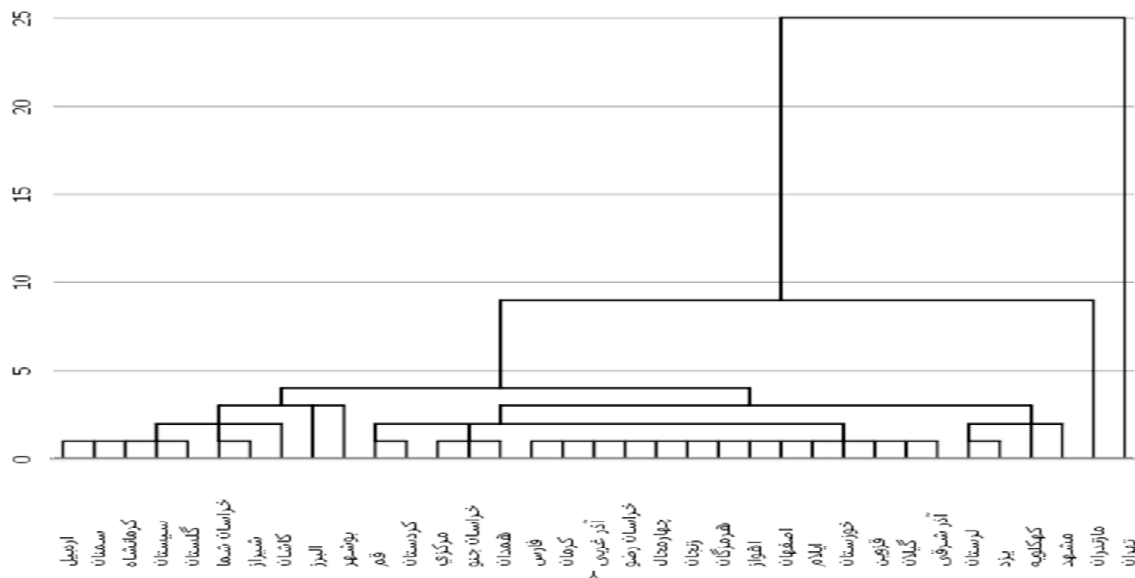
حل مسایل تصمیم گیری چند شاخصه مستلزم برنامه نویسی رایانه ای، محاسبات و جداول خروجی متعددی است و در این بخش نظر به محدودیت، فقط به جدول ها و نتایج نهایی اکتفا

جدول ۲- وزن نسبی شاخص های اقتصادی در گروه های مختلف طبق مدل آنتروپی شانون (ارقام: درصد)

کد	عنوان	وزن	کد	عنوان	وزن
In-07	تشکیل سرمایه	۲۴/۲	In-08	نرخ تشکیل سرمایه	۳/۳
In-06	گردش مالی داخلی	۱۸/۸	In-02	بهره وری تجهیزات (ناخالص)	۲/۱
In-11	نسبت سهم نیروی کار خالص	۱۵/۱	In-13	بهره وری مواد اولیه، حیاتی و انرژی (ناخالص)	۱/۸
In-12	بهره وری مواد اولیه، حیاتی و انرژی (خالص)	۸/۳	In-03	رشد بازار (معادل آحاد)	۱/۸
In-14	بهره وری تجهیزات (خالص)	۷/۲	In-01	بهره وری سرمایه (ناخالص)	۱/۸
In-09	بهره وری سرمایه (خالص)	۶/۶	In-10	نسبت سهم نیروی کار ناخالص	۱/۵
In-05	ارزش افزوده خالص به کل داده ها	۶/۳	In-04	ارزش افزوده ناخالص به کل داده ها	۱/۲

جدول ۳- خوشه بندی شرکت های آب و فاضلاب شهری بر اساس شاخص های اقتصادی

خوشه	تعداد	شرکت آب و فاضلاب
۱	۱۹	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اصفهان، ایلام، چهارمحال، خراسان رضوی، خوزستان، زنجان، فارس، قزوین، قم، کردستان، کرمان، گیلان، مرکزی، هرمزگان، همدان، خراسان جنوبی و اهواز
۲	۱۰	اردبیل، بوشهر، سمنان، سیستان و بلوچستان، کاشان، کرمانشاه، خراسان شمالی، شیراز، گلستان و البرز
۳	۱	تهران
۴	۵	کهگیلویه و بویر احمد، لرستان، مازندران، یزد و مشهد



شکل ۲- نمودار دندروگرام (قندیلی) خوشه بندی شرکت های آب و فاضلاب بر اساس شاخص های اقتصادی

پذیرفته می شود. در نتیجه ارتباط مقادیر ماتریس کوفنتیک و متناظر غیرصفر مجاورت تصادفی یا اتفاقی نیست.

۲-۳- رتبه بندی نهایی

پس از برنامه نویسی در محیط نرم افزاری Matlab 6.1 مطابق رابطه های (۲) الی (۱۰) رتبه بندی نهایی شرکت های آب و فاضلاب شهری بر اساس شاخص های اقتصادی سال ۱۳۹۵ با مدل ویکور برای هر یک از خوشه ها به منظور شناسایی شرکت های برتر در خصوص توجه به شاخص های عملکرد اقتصادی انجام شد (جدول ۵). در ضمن در رتبه بندی نهایی دو شرط مزیت قابل قبول رابطه (۹) و ثبات قابل قبول رابطه (۱۰) لحاظ شده است. هم چنین به دلیل حساسیت موضوع، از ارایه اسامی شرکت های آب و فاضلاب صرف نظر شده و فقط در هر

محاسبات و نتایج، از ارایه آن ها صرف نظر شده، ولی از آن جایی که سطح معنی داری (Sig) برای تمام شاخص ها کمتر از مقدار α (۱ درصد) بوده، بنابراین در سطح اطمینان ۹۹ درصد، فرض H_0 مردود و فرض H_1 پذیرفته می شود. در نتیجه بین خوشه ها تفاوت معنی داری وجود دارد.

برای ارزیابی اعتبار خوشه بندی پس از تشکیل ماتریس بالامثلثی کوفنتیک (۵۹۵ عنصر) (تحت عنوان متغیر y) و ماتریس متناظر غیرصفر مجاورت (تحت عنوان متغیر x) از ضریب و آزمون همبستگی پیرسون در بستر نرم افزار SPSS ۲۳ استفاده شد (جدول ۴). ضریب همبستگی ۸۲/۶۱ محاسبه شده که نشان از هماهنگی و اعتبار خوشه بندی دارد. هم چنین سطح معنی داری آزمون (Sig) کمتر از مقدار α است، بنابراین در سطح اطمینان ۹۹ درصد، فرض H_0 مردود و فرض H_1

گروه به افشای نام سه شرکت برتر اکتفا شده است:

- خوشه یک: آذربایجان شرقی، قم.

- خوشه دو: شیراز، کاشان و اهواز.

- خوشه سه: تهران.

- خوشه چهار: مشهد، کهگیلویه و بویر احمد و یزد.

جدول ۵ نشان می دهد هریک از شرکت های آب و فاضلاب

شهری در خوشه های مختلف چه رتبه ای براساس عملکرد

شاخص های متنوع اقتصادی که برخی از آن ها با یکدیگر متضاد

و مقیاس همگنی ندارند در سال ۱۳۹۵ کسب کرده اند.

۴- بحث و نتیجه گیری

مطابق نتایج این پژوهش، موارد زیر را به اختصار می توان مدنظر قرار داد:

۱. اطلاعات جدول ۵ در موارد زیر در سطح مدیریت شرکت های

آب و فاضلاب و ارشد صنعت حایز اهمیت است:

- شرکت هایی که در هر خوشه از رتبه پایین تری در قیاس با سایر

شرکت ها قرار دارند، از آموزه ها و تجارت شرکت های رتبه بالاتر

می توانند در الگوبرداری از مولفه های شاخص های اقتصادی برای

بهبود و ارتقا در دوره های آتی استفاده کنند. از سویی دیگر نظر به

جدول ۴- ضریب کوفنتیک بر اساس همبستگی و آزمون پیرسون

عنوان		تقریب	کوفنتیک
تقریب	ضریب پیرسن	۱	۰/۸۲۶
	سطح معنی داری آزمون		۰/۰۰۰
	تعداد	۵۹۵	۵۹۵
کوفنتیک	ضریب پیرسن	۰/۸۲۶	۱
	سطح معنی داری آزمون	۰/۰۰۰	
	تعداد	۵۹۵	۵۹۵

جدول ۵: رتبه بندی شرکت های آب و فاضلاب شهری با رویکرد شیوه ویکور در خوشه های مختلف

خوشه یک		خوشه دو		خوشه سه		خوشه چهار	
رتبه	شرکت	رتبه	شرکت	رتبه	شرکت	رتبه	شرکت
۱	C_01	۱	C_31	۱	C_07	۱	C_34
۲	C_16	۲	C_17			۲	C_21
۳	C_33	۳	C_35			۳	C_29
۴	C_18	۴	C_13			۴	C_23
۵	C_19	۵	C_20			۵	C_24
۶	C_08	۶	C_26				
۷	C_05	۷	C_06				
۸	C_15	۸	C_03				
۹	C_30	۹	C_12				
۱۰	C_04	۱۰	C_32				
۱۱	C_28						
۱۲	C_11						
۱۳	C_14						
۱۴	C_25						
۱۵	C_23						
۱۶	C_27						
۱۷	C_09						
۱۸	C_30						
۱۹	C_10						

شکل ۲ (نمودار دندروگرام)، شرکت‌ها می‌توانند عملکرد اقتصادی خود را با سایر شرکت‌ها در سطوح مختلف سلسله‌مراتبی انجام دهند. همچنین وزن شاخص‌های محاسبه شده (جدول ۲) ابزاری قدرتمند برای بهبود و ارتقای عملکرد اقتصادی برای دوره‌های آتی است.

- شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به‌عنوان بازوی اجرایی سیاست‌های دولت در صنعت آب و فاضلاب نقش راهبردی و سازماندهی مدیریت صنعت را برعهده دارد و علاوه بر کثرت‌گرایی (حمایت از منافع صنعت) در راستای هدف‌های ستادی، عهده دار تهیه و تدوین قوانین و مقررات، تعیین استانداردها و دستورالعمل‌های عملیاتی، نظارت قانونی و کیفی، توسعه و تامین منابع مالی و اقتصادی است. در راستا، تولید اطلاعات قطعی و قابل اطمینان بر پایه مدل‌های کمی و شرایط محیطی حاکم بر شرکت‌های صنعت در انجام وظایف ستادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور بسیار مهم است.

۲. گروه بندی شرکت‌های هلدینگ صنعت در گروه‌های متجانس، هدف‌های چالش‌گرانه‌ای را فراهم می‌کند، به‌ویژه کوشش‌های فردی شرکت‌ها برای رسیدن به سطح و مرتبه بالاتر منجر به ایجاد بهبود و پویایی شرکت‌ها و نهایت استانداردهای صنعت خواهد شد. ۳. بهبود و افزایش شبه‌رقابت: ماهیت بازار اقتصادی صنعت آب و فاضلاب بازار انحصار طبیعی^{۱۵} است. این وضعیت بیشتر در صناعی به‌وجود می‌آیند که تولید، مستلزم صرف منابع سرمایه‌ای بسیار زیادی است و باعث ساخت اقتصادهایی در مقیاس بزرگ در مقابل اندازه بازار می‌شوند. مانند کالاهای خدمات عمومی (آب، گاز، برق، مخابرات و ...) که نیاز به سرمایه‌گذاری کلان دارد. به دلیل سرمایه‌برد بودن ساخت تاسیسات و تجهیزات در صنایع بخش عمومی، واحدهای رقیب تمایلی به سرمایه‌گذاری (شرط اول رقابت) در این بازارها را ندارند. ارزیابی عملکرد با هدف بهبود یا افزایش کارآمدی و اثربخشی در بازارهای انحصار طبیعی از دو روش زیر انجام می‌شود:

- نظارت دولت (در ایران شرکت مادر تخصصی آب و فاضلاب کشور) بر فعالیت‌های شرکت‌های زیرمجموعه از طریق ارزیابی عملکرد علمی و تولید اطلاعات با ضریب اطمینان قطعی.

- گروه بندی و ارزیابی عملکرد مجموعه شرکت‌های آب و فاضلاب به‌خصوص در مولفه‌های اقتصادی سبب ایجاد شبه‌رقابت سالم در مجموعه صنعت می‌شود.

۴. آب، در زنجیره ارزش افزوده اقتصادی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند، بنابراین مسایل اقتصادی هزینه‌های تامین آب و خدمات فاضلاب در توان اقتصادی کشورها در صحنه تجارت و بین‌الملل بسیار تاثیرگذار است. سلامت اقتصاد آب، شاخص مهمی برای سنجش سلامت اقتصاد هر کشوری است. آب، کالایی اقتصادی بوده و تامین آن همانند سایر فعالیت‌ها یک فعالیت اقتصادی است، بنابراین مسایل موثر در اقتصاد آب توجه به مولفه‌های اقتصادی از جمله ارزیابی عملکرد اقتصادی با هدف بهبود شرایط اقتصادی در سطح مدیریت بخشی (صنعت آب و فاضلاب) و ملی بسیار مهم است.

۵. سازمان‌ها تا زمانی که برای حیات در راستای رسالت‌های هدفگذاری شده تلاش می‌کنند و خود را نیازمند حضور در عرصه کسب و کار می‌دانند، باید اصل بهبود مستمر فعالیت‌ها را سرلوحه فعالیت‌های خود قرار دهند. این اصل حاصل نمی‌شود، مگر این که زمینه دستیابی به آن با بهبود مدیریت عملکرد امکان‌پذیر شود. این بهبود از طریق دریافت بازخور لازم از محیط درونی و برون‌سازمانی، تجزیه و تحلیل نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، مسؤولیت‌پذیری و جلب رضایت ذینفعان با ایجاد و به‌کارگیری سیستم ارزیابی عملکرد با الگوی مناسب امکان‌پذیر است.

وظیفه اصلی مدیریت (برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری و کنترل)، مستلزم اندازه‌گیری صحیح و به‌هنگام عامل‌های موثر و شرایط محیط سازمانی است و بدون اندازه‌گیری عملکرد فعالیت‌ها، فرآیند مدیریت امکان‌پذیر نیست. حرکت از وضعیت "بودن" به سمت "شدن" مستلزم اندازه‌گیری عملکرد بوده و تولید اطلاعات صحیح که ناشی از تجزیه و تحلیل علمی فعالیت‌ها باشد تاثیر عمده‌ای بر تصمیم‌گیری‌ها خواهد داشت. مدل‌های علمی در این زمینه، قادر به تولید اطلاعات دقیق برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت در قیاس به شیوه‌های سنتی و سلیقه‌ای هستند.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- Multi Criteria Decision Making (MCDM)
- 2- Balanced Score Card Model (BSC)
- 3- Data Envelopment Analysis (DEA)
- 4- Cluster Analysis
- 5- Hierarchical
- 6- Ward
- 7- Cophenetic Matrix
- 8- Proximity Matrix

- 9- Multi Criteria Optimization and Compromise Solution
- 10- Compromise Programming
- 11- Euclidean Norm
- 12- Least Square Weighted
- 13- Shannon Entropy
- 14- Linear Programming for Multidimensional of Preferences
- 15- Natural Monopoly

۶- مراجع

- دفتر امور مجامع و نظارت مالی (۱۳۹۶-الف)، «گزارش ارزیابی عملکرد (ابجد)، روایت ۲۳»، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.
- دفتر امور مجامع و نظارت مالی (۱۳۹۶-ب)، «نتایج عمل (تجمیع صورت‌های مالی صنعت)، روایت ۱۷»، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.
- سجادی‌فر، س.ح.، و داودآبادی، م.، (۱۳۹۵)، *اقتصاد آب شهری: کاربرد تئوریها، نظریه‌ها و سیاستگذاری‌های اقتصادی در صنعت آب و فاضلاب*، انتشارات نویسنده، اراک، ایران.
- Hafezalkotob, A., (2015), *Extended multi method based on Shannon Entropy for materials selection*, Springer Link.
- Kings, R., (2013), *Cluster analysis and data mining: An introduction*, Springer Link.
- Opricovic, M., and Tzeng, G., (2004), "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
- San Cristob, J.L., (2011), "Multiple Criteria Decision Making in the selection of a renewable energy project in Spain-the Vikor method", *Renewable Energy*, 36(6), 498-502.
- Wierzchon, S., and Klopotek, M., (2017), *Modern algorithms of cluster analysis*, Springer Link.
- Zopounidis, C., and Doumpos, M., (2014), *Multiple Criteria Decision Making applications in management and engineering*, Springer Link.

Local Management of Water and Wastewater Services; Expectations and Approaches

Majid Ghanadi*

Engineering and Development Advisor, National Water and Wastewater Engineering Company

* Corresponding author, Email: Ghannadi48@gmail.com

Received: 16/1/2018

Revised: 8/8/2018

Accepted: 18/8/2018

مدیریت محلی خدمات آب و فاضلاب، انتظارات و رویکردها

مجید قنادی*

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

* نویسنده مسئول، ایمیل: Ghannadi48@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۶

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۷

Abstract

After about three decades past from the establishment of the first water and wastewater companies in Iran, the critical goal of supplying sustainable drinking water and sewage services has relatively been achieved and the country's indicators in the field of water and wastewater services have been improved among global communities. This achievement has boosted the expectations from water and wastewater company managers who at the same time they are facing droughts, financial difficulties, and similar problems. In such situation, the continuity of providing good quality and quantity services with a reasonable price, the continuity of coverage and satisfaction of subscribers, and on time provision of equipment, call for managers and staff who symbolize the ability and strength of the organization with their outstanding individual characteristics. Mastering the new concepts in water management and focusing on the social nature of water and wastewater services, water security and its six topics as well as the One Water concept, these managers and staff can control external variables affecting water and wastewater services, and transform their threats into better management opportunities. Respecting the role of data gathering and processing, manpower efficiency, and entrepreneurship, can facilitate how the expectations from managers are satisfied. While outlining the necessary features for the success of water and wastewater management services, this paper suggests in eight sections the corresponding requirements and approaches for water and wastewater managers.

Keywords: Water and Wastewater, Local Management, Expectations.

چکیده

با گذشت قریب به سه دهه از عمر شرکت‌های آب و فاضلاب، هدف نخستین پایداری و استمرار در تأمین آب شرب و خدمات فراگیر فاضلاب، به نسبت محقق و شاخص‌های کشور در مجامع جهانی، در حوزه خدمات آب و فاضلاب ارتقاء یافته است. این دستاورد، در حالی انتظارات از مدیران شرکت‌های آب و فاضلاب را فزونی بخشیده که دشواری‌هایی هم چون استمرار خشکسالی، تنگناهای مالی و مانند آن، فراروی آنان است. در چنین شرایطی، تداوم عرضه خدمات شرکت‌های آب و فاضلاب با ویژگی‌های کمی، کیفیت و قیمت مناسب، استمرار، پوشش و رضایت‌مندی مشتریان، افزون بر تجهیزات به‌هنگام، نیازمند مدیران و کارکنانی است که با برخورداری از ویژگی‌های ممتاز فردی، نمادی از توانمندی و اقتدار سازمان را جلوه‌گر باشند و با اشراف بر مفاهیم جدید در مدیریت آب، توجه به ماهیت اجتماعی خدمات آب و فاضلاب، امنیت آبی و سرفصل‌های شش‌گانه‌ی آن و مفهوم آب واحد (One Water)، متغیرهای بیرونی اثرگذار بر خدمات آب و فاضلاب را کنترل و تهدیدهای آن را به فرصتی برای مدیریت بهتر در انجام وظایف خود بدل سازند. در این مسیر، توجه به فراگرد آمار و اطلاعات و چگونگی پردازش و کاربری آن، بهره‌وری نیروی انسانی و کارآفرینی، می‌تواند تسهیل‌گر برآوردن انتظارات از مدیران صف باشد. در این مقاله ضمن بیان ویژگی‌های لازم برای موفقیت در مدیریت خدمات آب و فاضلاب، نیازمندی‌ها و رویکردهایی را که مدیران آب و فاضلاب باید دنبال کنند، در قالب هشت سرفصل به تفصیل بیان شده است.

کلمات کلیدی: آب و فاضلاب، مدیریت محلی، انتظارات.

ماموریت بخش آب و فاضلاب، مشارکت در توسعه اقتصادی و اجتماعی شهرها و روستاهای کشور از طریق ایجاد و بهره‌برداری از تاسیسات و شبکه‌های فراگیر آب و فاضلاب با روش‌های بهداشتی، کارآمد، مطمئن و منظم، به منظور کنترل چرخه آب بین محیط زندگی و محیط زیست، با تکیه بر مشارکت‌های مردمی تعریف شده است (نامجو و همکاران، ۱۳۸۹). عرضه خدمات آب و فاضلاب با شش ویژگی کمیت، کیفیت و قیمت مناسب، استمرار، پوشش و رضایت‌مندی مشترکان، (IHE, 1991; IWA, 2001) مجموعه‌ای زنجیروار از حلقه‌های به‌هم‌پیوسته مدیریت حوضه آبریز، مدیریت زاینده‌های انسانی، صنعتی و کشاورزی، فرایندها و تاسیسات تصفیه و سالم‌سازی، تاسیسات نگهداشت و توزیع و کنترل عملکرد صحیح آن‌ها است. پرواضح است که هرگونه نقص 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 و کافی را دشوار و گاه ناممکن می‌سازد.

کندوکاو در قریب به سه دهه فعالیت شرکت‌های آب و فاضلاب، به‌خوبی می‌نمایند که توان اجرایی، تعصب و همت درخور مدیران و کارکنان در رده‌های گوناگون را باید نقطه قوت شرکت‌ها دانست که با این اندوخته گران‌سنگ، توانسته‌اند تلخی انبوهی تنگناها و کاستی‌های مدیریتی، مالی و اجرایی و ... را به شیرینی موفقیت بدل سازند و در حالی که پهنه‌ی وسیعی از کشور، متأثر از اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، آلام خشکسالی‌های چندساله را تحمل می‌کند و فشار مضاعف برآمده از محدودیت بر خورداری از منابع آب سالم و کافی برای برآوردن نیازهای جمعیت رو به افزون و مطالبه‌گر را دوچندان ساخته است، کارنامه‌ای درخشان را پیش‌روی نهند و در مقیاس بین‌المللی، شاخص‌های کشورمان را در بخش خدمات آب و فاضلاب، در ردیف کشورهای پیش‌رو قرار دهند.

در گزارش مشترک صندوق حمایت از مادران و کودکان ملل متحد (یونیسف) و سازمان جهانی بهداشت، شاخص‌های ایران در زمینه جمعیت بهره‌مند از آب شرب سالم در سال ۲۰۱۵، در محدوده ۹۱ تا ۱۰۰ درصد و در زمینه جمعیت بهره‌مند از خدمات دفع بهداشتی مدفوع و فاضلاب، در محدوده ۷۶ تا ۹۰ درصد اعلام شده است (WHO and UNICEF, 2017). این

موفقیت، درحالی به‌دست آمده است که براساس گزارش ۲۱ جولای ۲۰۱۷ سازمان جهانی بهداشت، در مقیاس جهانی، ۳ نفر از هر ۱۰ نفر (۲/۱ میلیارد نفر)، از دسترسی آسان به آب سالم محرومند و ۶ نفر از هر ۱۰ نفر مردم جهان (۴/۵ میلیارد نفر)، به حداقل خدمات بهداشتی و مدیریت شده دفع مدفوع و فاضلاب دسترسی ندارند و هر سال ۳۶۱ هزار کودک با سن کم‌تر از ۵ سال بر اثر اسهال می‌میرند. (WHO and UNICEF, 2017)

۲- ویژگی‌های مدیران امور آب و فاضلاب

با نگاه عمیق‌تر به فراگرد آب و فاضلاب و خدمات آن از حوضه‌ی آبریز تا دورترین مصرف‌کنندگان شهری و روستایی به‌وضوح می‌نمایند که مدیریت خدمات آب و فاضلاب، افزون بر جنبه‌های تخصصی درون و برون سازمانی، رویکردی اجتماعی نیز به‌همراه دارد. بر این سیاق، مدیران شرکت‌های آب و فاضلاب برای انجام وظیفه خطیری که برعهده دارند، افزون بر نیاز به دانش تخصصی و تجهیزات به‌هنگام، از ویژگی‌های ممتاز فردی، نیز باید بهره‌مند بوده و آگاه باشند که تنگناها، دشواری‌ها و هدف‌های مدیریت خدمات آب و فاضلاب، 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، چهره آن‌ها تغییر می‌یابد. تنگناهایی که روزی برای حل آن‌ها اقدام می‌شد، امروز حل شده و در مقابل مشکلات جدیدی پدیدار شده است. دشواری‌ها در گذر زمان همواره در رده‌های بالاتر ظاهر می‌شوند و راه‌حل‌های برتری را نیز طلب می‌کنند.

زمانی که از مشکلات و کمبودها سخن به میان می‌آید، اغلب بر دو موضوع کمبود و یا فقدان نیروی انسانی مجرب و عدم کفایت منابع مالی تأکید می‌شود و حال آن‌که کم‌تر و شاید هیچ‌گاه از فقدان دانش مدیریت و یا کمبود مدیران لایق و کارآمد، سخنی به میان نمی‌آید. گویی موضوع مدیریت و الزام‌های آن، که یکی از ارکان موفقیت در اداره هر سازمان است، به فراموشی سپرده می‌شود. صاحب‌نظران دانش مدیریت بر این باورند که یکی از عامل‌های مؤثر بر کارآمدی کارکنان، این است که مافوق خود را، حداقل از جنبه‌هایی، برتر از خود بدانند.

در برنامه‌های مدیریت منابع انسانی مفهوم قابلیت^۱ و شایستگی^۲ برجسته می‌نماید. مفاهیم یاد شده در پی شناسایی و سنجش سطح شایستگی‌های افراد و توسعه‌ی قابلیت‌های آنان است. شایستگی، مجموعه‌ای از مهارت‌ها، دانش، گرایش‌ها و رفتارهایی است که وجود آن‌ها در فرد، باعث تمایزی روشن و شفاف در عملکرد وی می‌شود. بر این مبنا، شایستگی، ویژگی متمایزکننده عملکرد است و به مواردی که در عملکرد تأثیر چندانی ندارد و یا برای عملکرد ضروری بوده و فقدان آن‌ها باعث عدم انجام وظایف یا خطاهای فراوان می‌شود، شایستگی اطلاق نمی‌شود. به عنوان نمونه داشتن مهارت کار با اینترنت برای تمامی مدیران ضروری است و وجود آن شایستگی محسوب نمی‌شود. در یک نگاه کلی، شایستگی، در سه دسته: عمومی، سطوح سازمانی و شایستگی‌های خاص هر شغل قرار می‌گیرند (سلطانی و اسلامیان، ۱۳۸۵). مدیران آب و فاضلاب برای نیل به شایستگی‌های مورد انتظار، باید علاوه بر برخورداری از دانش روز و به‌هنگام تخصصی، تمامی و یا لااقل بخش مهمی از خصلت‌های شجاعت، صداقت، جسارت، دانش‌اندوزی، جامع‌نگری، قدرت تصمیم‌گیری و نظایر آن، که همگی ویژگی‌های پسندیده و مقبول همگان و نشانه کمال انسانی است، را دارا باشند.

۳- هفت ویژگی شاخص مدیران حرفه‌ای

مدیر حرفه‌ای کسی است که هفت ویژگی توکل، تعهد، تخصص، تعلق، تداوم، تحول و تکامل را هم‌زمان دارا باشد (بهی، ۱۳۸۱). بدون داشتن چنین پشتوانه‌ای از خصلت‌های ممتاز فردی، مدیر، به معنای واقعی، قدرتمند و تحقق مدیریت که ماهیت آن «انجام کار با دیگران و از طریق دیگران به منظور نیل به مقاصد سازمان و اعضای آن» تعبیر شده است، دشوار می‌نماید. قدرت، براساس «توان اثرگذاری بر طرز تلقی، نگرش و یا رفتار فرد یا افراد در جهت موردنظر فرد تأثیرگذار»، تعریف شده است. (سلطانی و اسلامیان، ۱۳۸۵). این هفت ویژگی به صورت زیر تعریف می‌شود:

- **توکل:** به معنای اعتقاد و ایمان به قدرتی فراتر از همه قدرت‌ها و تنها و بی‌نیاز مطلق است. این قدرت مطلق، مشکل‌گشا، آرام‌بخش، امیدآفرین و تکیه‌گاه انسان در شکست، پیروزی و در لحظه لحظه زندگی است.

- **تعهد:** به معنای احترام و پایبندی به مجموعه‌ای از اصول و ارزش‌های اخلاقی و حرفه‌ای و رعایت قوانین، روابط و ضوابط حاکم بر حرفه است. تعهد سبب می‌شود تا مخاطبان، به افراد حرفه‌ای اعتماد و اطمینان داشته باشند و آن‌ها را قابل اتکا بدانند. «راستی و درستی» عصاره تعهد حرفه‌ای است.

- **تخصص:** مهارت و تخصص در هر حرفه حاصل «تجربه و علم» است. تخصص باعث شناخت، درک و استفاده درست از اطلاعات، دانش و آگاهی‌ها می‌شود و ضایعات و صدمات را به حداقل می‌رساند. «دانایی و توانایی» نماد تخصص است. هر انسانی، به‌ویژه مدیران باید همیشه خود را در حال آموختن بدانند و از آن به بهانه گرفتاری و مشغله کاری و یا احیاناً مغرور شدن به آموخته‌های پیشین و یا منصب‌های اداری و اجرایی، گریزان نباشد. به گفته حکیمان، هر انسانی دو معلم دارد؛ آموزگار و روزگار. چیزی را که به شیرینی، از اولی نیاموختی، دومی، به تلخی، به تو خواهد آموخت.

- **تعلق:** هیچ کسب و کاری نمی‌تواند بدون انگیزه، علاقه، دلبستگی، عشق و دوست داشتن، معنای واقعی داشته باشد. تعلق به معنای پیوند عاطفی، احساسی و درونی با حرفه است و نیرویی است که باعث شور و شوق، نشاط و روحیه شغلی و کاری می‌شود و فضایی دلچسب، پویا و امیدبخش را فراهم می‌سازد. انسان حرفه‌ای، به حرفه‌اش افتخار می‌کند، با حرفه‌اش شکوفا می‌شود، از حرفه‌اش نیرو می‌گیرد، به حرفه‌اش عشق می‌ورزد و در حرفه‌اش غرق می‌شود. خستگی‌ناپذیری، ورزیدگی و بالندگی ثمره علاقه به حرفه است و مقاومت و استواری ویژه‌ای در انسان ایجاد می‌کند.

- **تداوم:** پایداری و ماندگاری باعث هویت، منزلت، جایگاه و ارزش ویژه حرفه می‌شود و نوعی ارتباط پایدار، محکم و قابل اطمینان با مخاطبان به وجود می‌آورد. وسعت دید، پختگی، اعتبار و احاطه داشتن بر محیط و فضای حرفه، نتیجه تداوم فعالیت و حضور در حرفه است. «منزلت» گویاترین واژه و نتیجه‌ی تداوم در حرفه است.

- **تحول:** تغییر در فرصت‌ها، تهدیدها، قوت‌ها، ضعف‌ها، انتظارات، امکانات و موقعیت‌ها، کالاهای، انسان‌ها، نهادها و رفتارها، همگی ایجاب می‌کند تا ادامه بقا، رشد و توسعه، نیازمند «تحول» باشد. 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. لازمه تحول، درک ضرورت آن و مدیریت درست تحول است. «خواستن، دانستن و توانستن» ضرورت‌های تحول هستند. تحول سازنده، حاصل آموزش مناسب، مشاوره درست و تحقیق کافی است. «روزآمد بودن و پیش‌گامی» معرف تحول هستند. در افراد و سازمان‌ها، رخداد تحول بر یکی از مبانی زیر روی می‌دهد:

- * تحویل مبتنی بر قدرت و قوت (برای پیشرفت، رشد و توسعه)
- * تحول مبتنی بر رخوت و ضعف (برای رهایی از درماندگی‌ها و عقب‌ماندگی‌ها)
- * تحول مبتنی بر بحران، اضطراب و اتفاق (برای بازگشت به آرامش و غلبه بر حوادث)

* تحویل مبتنی بر ترکیبی از شرایط فوق

- **تکامل:** کمال‌جویی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مدیر پویا است. انسان هیچ‌گاه نباید خود را کامل بداند و همواره باید بکوشد تا در هر مرحله‌ای که قرار دارد، باز هم بر داشته‌ها و فراگرفته‌های خود بیفزاید تا مفیدتر و مؤثرتر باشد. انسان تا زنده است می‌تواند و باید در جست‌وجوی بهتر شدن و کامل‌تر شدن گام بردارد. «به گفته حکیمان، انسان دو معلم دارد. آموزگار و روزگار. چیزی را که از اولی، به شیرینی نیاموختی، دومی، به تلخی، به تو خواهد آموخت. هیچ چیز ثابت نیست و هیچ کس کامل نیست و همه چیز نسبی و وابسته به چیزهای دیگر است». روحیه کمال‌جویی را در خود باید تقویت کرد و با اعتماد به نفس، مثبت‌اندیشی، امیدواری، پویایی و استواری، در تلاش برای رسیدن به قله‌ی توانایی و دانایی گام برداشت. سرآمد شدن امکان‌پذیر است.

یک مدیر آب و فاضلاب، برای موفقیت در پیشبرد امور و ارائه خدمات مناسب و مطلوب به مشتریان، به گونه‌ای که رضایت نسبی آنان را به‌همراه داشته باشد، افزون بر ویژگی‌های فردی گفته شده، به هشت نکته زیر نیز باید توجه داشته باشد:

- ۱- مفاهیم جدید و شرایط پیش روی در خدمات آب و فاضلاب
- ۲- امنیت آبی و مفهوم آب واحد
- ۳- متغیرهای بیرونی اثر گذار بر خدمات آب و فاضلاب
- ۴- ماهیت اجتماعی خدمات آب و فاضلاب
- ۵- رسانه‌ها و نقش آن‌ها در خدمات آب و فاضلاب

۶- مدیریت اطلاعات، مستندسازی و برنامه‌ریزی

۷- بهره‌وری عامل انسانی

۸- کارآفرینی و مفهوم آن

۴- مفاهیم جدید و شرایط پیش روی در خدمات آب و فاضلاب

در سه دهه گذشته از زمان تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب، سرمایه‌گذاری‌های سنگین در ایجاد و توسعه زیرساخت‌های آب و فاضلاب انجام شده است. اما چرا به‌رغم ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری فراوان، شرایط مطلوب و مورد انتظار در عرصه‌های مهندسی، اقتصادی، اجتماعی و مانند آن، هنوز به دست نیامده است؟ در پاسخ به این پرسش، به چهار نکته باید توجه داشت: نخست آن که در دنیای امروز، «آب» به‌عنوان کالایی اقتصادی، زیست محیطی، فرهنگی و اجتماعی، هویت نوینی یافته است. بر این گزاره، «آب» یک موضوع میان‌رشته‌ای است و گفت‌وگو پیرامون آن، ابعاد مهندسی، فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، زیست محیطی و حتی نظامی را دربر می‌گیرد. گفت‌وگو پیرامون موضوعی میان‌رشته‌ای، چندان ساده نیست و ما در این زمینه، چندان توانمند نیستیم. ما ابتدا باید بیاموزیم که چگونه بر سر موضوع‌های میان‌رشته‌ای، همچون آب، گفت‌وگو کنیم. دوم آن که با نگاهی واقع‌بینانه به تحولات و شرایط بخش آب کشور، که در آن پهنه‌های وسیعی از کشور ما، با خشکسالی متأثر از تغییر اقلیم و پیامدهای آن روبه‌رو است، به‌خوبی می‌نمایاند که در جامعه‌ی ما، «آب» به یک «دغدغه‌ی اجتماعی» بدل شده است و پیش از آن که به «آسیب ژرف اجتماعی» تبدیل شود، باید آن را به یک «گفتمان اجتماعی» بدل سازیم و این مهم، وظیفه همه مدیران، صاحب‌نظران و تحلیل‌گران عرصه مهندسی و اجتماعی آب است.

سوم آن که در قرآن، کتاب آسمانی و هدایت ما که شیوه درست زندگی و نیل به تکامل و سعادت را به همه انسان‌ها می‌آموزد، آب، منشأ حیات دانسته شده است. اگر در گذشته، معنای حیات، تنها منحصر به وضعیت فیزیولوژیک و اکولوژیک شناخته می‌شد، امروز معنای حیات، از این حد عبور کرده و در مرزهای فرهنگی و اجتماعی نیز وارد شده است. به تعبیر دیگر، نه فقط نیازهای فیزیولوژیک ما انسان‌ها و همه موجودات زنده به آب وابسته است، بلکه با درهم‌تنیده شدن جوامع، حیات و

سرنوشت فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیست، سیاست و حتی امنیت ما، هر یک به نوعی به موضوع آب گره خورده است. چهارم آن که در مدیریت کارآمد سازمان، واقع‌بینی، دوراندیشی و به یک معنا، افق تحلیل، بسیار مهم و در سرنوشت سازمان و گیرندگان خدمات آن، بسیار اثرگذار است. به عنوان نمونه، به یک تصمیم مدیریتی، که به «اثر کبری» مشهور است، اشاره می‌شود. دولت هند برای مقابله با افزایش تعداد مارهای کبری در شهر دهلی، جایزه تعیین کرد و هر فرد به ازای تحویل هر مار کبری، جایزه دریافت می‌کرد. پس از مدتی مشاهده شد که نه تنها تعداد مارها در شهر کم نشد، بلکه به دلیل ایجاد شغل پرورش مار و یا انتقال مارها از خارج به داخل شهر، تعداد مارها، زیادتر نیز شد. دولت، پرداخت جایزه را متوقف کرد و متعاقب آن، افراد مارهای پرورش یافته را در شهر رها کردند و جمعیت آن‌ها دوباره افزایش یافت. مشابه این رخداد در کشور ویتنام، در مورد دم موش رخ داد. چون دولت برای نگهداری و امحای زنده و یا مرده موش‌ها مشکل داشت، برای تحویل هر دم موش، جایزه تعیین کرد و در نتیجه موش‌های بی‌دم در شهر زیاد شدند.

۵- امنیت آبی و مفهوم آب واحد

در موضوع امنیت آبی، ابتدا باید یادآور شد که بر اساس اعلام سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) برای تأمین نیازهای گوناگون هر فرد تازه متولد شده، باید حداقل ۱۰۰۰ مترمکعب آب وجود داشته باشد (Immerzeel et al., 2011). به تعبیر دیگر، برای برآورده ساختن نیازهای هر یک میلیون نفر افزایش جمعیت، به یک میلیارد مترمکعب آب نیاز است. این وضعیت نشان می‌دهد در دهه‌های آینده، موضوع آب، به جدی‌ترین مسئله‌ی امنیتی کشور بدل خواهد شد و می‌تواند منشاء مشکلات فراوان باشد. امروزه همه صاحب‌نظران بخش آب بر این چهار نکته هم عقیده‌اند که:

۱- در روزگار ما، آب، دیگر یک موضوع صرف مهندسی نیست، بلکه نقش آن به یک پدیده اجتماعی تغییر یافته است. موضوع آب و مشکلات آن، در عین آن که بیش‌تر جنبه فنی و مهندسی دارد، به عنوان کالایی با ابعاد و پیامدهای اقتصادی، زیست محیطی، فرهنگی و اجتماعی مطرح است و از منظر اقتصادی، ارزش یک کالا، به عرضه زمانی و مکانی آن وابسته است.

۲- آب کالایی راهبردی با عمق استراتژیک است و دولت‌ها، به‌تنهایی قادر به مدیریت و حل مشکلات آن و پاسخ‌گویی به تقاضای فزاینده‌ی آب در آینده نخواهند بود.

۳- به‌نظر می‌رسد کشور ما در موضوع مدیریت آب با سه غفلت تاریخی رو به رو بوده است و عدم توجه شایسته به این سه نکته، سبب شده است تا موضوع آب در کشور ما، به یکی از ده چالش عمده پیش‌روی مدیریت کلان کشور بدل شود.

- کنار گذاشتن ساختارهای محلی مدیریت آب

- عدم اعمال مدیریت در عرضه آب

- عدم اعمال مدیریت تقاضای آب

۴- برای فایق آمدن بر دشواری‌های پیش‌روی و تحقق هدف‌ها در ارایه خدمات مناسب آب و فاضلاب، باید بین ملاحظات سیاسی با دانش فنی، پیوند برقرار شود. باید گلوگاه‌ها را شناخت. آگاهی خود و اطلاع‌رسانی صحیح و به هنگام به ذی‌نفعان، یکی از راه‌کارهای پیوند بین بخش‌های فنی و ملاحظات سیاسی است. اجماع جهانی بر این است که پنج عامل جمعیت و تحولات آن، تقاضا برای منابع و خدمات طبیعی، تغییرات اقلیمی، فناوری و تمایل به جهانی شدن و ایجاد جهانی مسطح، تحولات ملی، منطقه‌ای و جهانی را تا سال ۲۰۵۰ رقم خواهند زد (امیدی و زرین‌پنجه، ۱۳۹۳). با نگاهی به سرفصل‌های اثرگذار بر تحولات جهانی، به آسانی می‌توان دریافت که چهار عامل آن، مستقیم بر مدیریت خدمات آب و فاضلاب تأثیر دارد و عامل پنجم نیز در مبادلات برون‌مرزی آب و بازار کالاها و تجهیزات آن بی‌تأثیر نیست.

بر پایه آن‌چه گفته شد، این پرسش مطرح می‌شود که «امنیت آبی» که همه دولت‌ها در پی تحقق آن هستند، چگونه برقرار می‌شود؟ در پاسخ به این پرسش، باید گفت که «امنیت» در ذات خود و در موضوع بحث ما، «امنیت آبی» موضوعی است که با سیاست آمیخته است و حاصل مشارکت و تعامل‌های اجتماعی، انسانی، اقتصادی، فرهنگی و مهندسی در موضوع آب است. بر این سیاق، امنیت آبی، مقوله‌های گوناگونی را که در شش سرفصل زیر خلاصه می‌شود، شامل می‌شود.

- کمبود آب و کیفیت آن

- آب و جوامع آینده انسانی

- دسترسی به آب

- اکوهیدرولوژی و راه‌کارهای مهندسی

- ظرفیت‌سازی، آگاه‌سازی و مشارکت

- سیاست‌ها، برنامه‌ها و حکمرانی آب

یکی از پایه‌ها و لوازم موفقیت در نیل به امنیت آبی، توجه به موضوع «آب واحد» در مدیریت جوامع انسانی است. آب واحد، به مفهوم اعمال رویکرد به هم پیوسته در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع محدود آب، به منظور تامین پایدار و مطمئن نیازهای بلندمدت جامعه و محیط زیست تعریف شده است و در آن تاکید می‌شود که هر جامعه انسانی، تنها با یک آب - که به شکل‌های گوناگون ظاهر می‌شود- روبه‌رو است (شکل ۱) و در شرایطی که موضوع آب و کمبودها و نیازهای فزاینده به آن، به یکی از دغدغه‌های مهم جوامع انسانی بدل شده است، مدیریت واحدی باید بر آن حاکم باشد. در مدیریت واحد آب، به هشت سرفصل زیر هم‌زمان توجه می‌شود:

- فراهم ساختن مطمئن، پایدار و پاک آب‌رسانی
- مشارکت در شادابی و قابلیت زندگی در جوامع انسانی
- مشارکت در حفاظت از بهداشت و سلامت انسان
- حفاظت در برابر سیل و تخریب متاثر از بارندگی‌های شدید
- تقلیل و به حداقل رساندن آلودگی‌های محیط زیست
- استفاده و باز استفاده کارآمد از منابع طبیعی
- اعتماد بخشی از پایداری و ثبات در تغییرهای اقلیمی و نوسان‌های اقتصادی

- ترویج بلندمدت و پایدار رشد اقتصادی، عدالت و سرمایه‌گذاری تحلیلگران از شاخص فقر آبی^۴ (WPI) به عنوان یکی از مشخصه‌های امنیت آبی بهره می‌برند (NERC, 2016). این شاخص که نخستین بار توسط Lawrence et al. (2002) معرفی شد بینش جدیدی برای تعیین میزان دسترسی آب و رابطه آن با ظرفیت‌های اجتماعی و اقتصادی، پیش روی مدیریت منابع آب می‌نهد. روش Lawrence et al. (2002) برای محاسبه‌ی WPI مبتنی بر وزن مساوی متوسط برای پنج مولفه منابع،

دسترسی، ظرفیت، مصرف و محیط زیست بود و معیارهای دیگری از جمله سطح آموزش، اقتصاد، مصرف و سلامت جامعه را نیز شامل می‌شود (رجبی هشتچین و همکاران، ۱۳۸۵). این شاخص با مدنظر قرار دادن مسایل اساسی در منابع آب و ترکیب آن‌ها با یکدیگر، برای رصد و انعکاس تصمیم‌ها و فعالیت‌های حوزه مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$WPI = \frac{\sum w_i X_i}{\sum w_i} \quad (1)$$

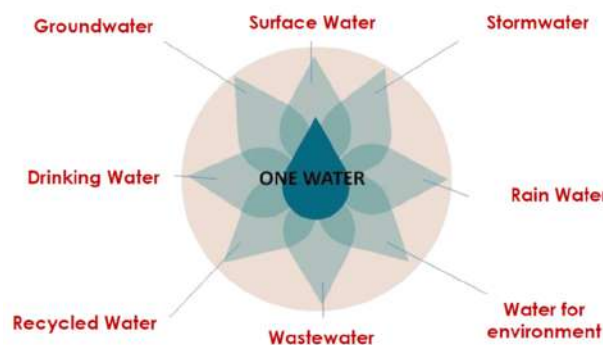
که X : نشانگر متغیر و w : بیانگر وزن متغیر در فقر آبی است. در حالت گسترده، این رابطه به صورت رابطه (۲) بازنویسی می‌شود.

$$PI = \frac{wr R + wa A + wc C + wu U + we E}{wr + wa + wc + wu + we} \quad (2)$$

که R : متغیر منابع آبی، A : متغیر دسترسی، C : متغیر ظرفیت تأمین، U : متغیر کاربری و E : متغیر محیط زیست هستند. هر یک از متغیرهای این رابطه، گستره‌ای بین صفر تا ۱۰۰ را در برمی‌گیرد و در نتیجه دامنه مقدار WPI بین صفر تا ۱۰۰ خواهد بود. در (1991) IHE، چگونگی محاسبه اجزا و ضریب‌های این رابطه، به همراه نمونه‌ای از کاربرد آن در کشور سریلانکا آمده است.

۶- متغیرهای بیرونی اثر گذار بر خدمات آب و فاضلاب

در مدیریت اجرا و راهبری تاسیسات آب و فاضلاب، در کنار ضابطه‌های فنی رایج، متغیرهای بیرونی، فراوانی اثرگذار هستند (شکل ۲). درجه‌ی اهمیت و شدت اثرگذاری متغیرهای



شکل ۱- تصویر تجسمی از اجزا و مفهوم آب واحد (Renner, 2017)

بیرونی، گاه به حدی است که ضابطه‌های فنی را که باید حاکم و محور طرح‌های آب و فاضلاب باشد در درجه چندم اهمیت قرار می‌دهد. این وضعیت سبب شده است تا افق دید بسیاری از مدیران، معطوف و محدود به چاره‌اندیشی برای مشکلات موجود و گذر از وضعیت‌های مقطعی باشد. این امر آفتی بزرگ برای مدیریت آب و فاضلاب در همه‌ی سطوح آن است. افق دید، اهداف و برنامه‌های مدیران آب و فاضلاب باید معطوف به آینده حداقل میان‌مدت (۵ ساله و بیش‌تر) باشد. روزمرگی و درگیر شدن به مسایل گذرا و مقطعی، تهدیدی است که شرکت آب و فاضلاب، به ویژه بخش‌های برنامه‌ریزی و توسعه را از ادای وظیفه حساس خود دور می‌سازد.

۷- ماهیت اجتماعی خدمات آب و فاضلاب

پوشیده نیست که ماهیت شرکت‌های آب و فاضلاب، ارایه خدماتی است که مستقیم با احاد مردم در ارتباط است. از این‌رو تأثیرگذاری و قدر و منزلت جنبه‌های اجتماعی فعالیت آن‌ها کم‌تر از اهمیت رویکردهای فنی نیست. در حوزه وزارت نیرو و در قیاس با سایر حوزه‌ها، نوپا بودن، درگیر بودن خواسته یا ناخواسته با موضوع‌های اجتماعی، اندک بودن بودجه و اعتبارات و ... از مشخصه‌های کاری شرکت‌های آب و فاضلاب است که نه تنها تمامی، بلکه حتی هریک از ویژگی‌های گریزناپذیر برشمرده، به تنهایی قادر به تقلیل توان و یا زوال هر شرکت است. نگارنده بر این باور است که نماد پویایی و توان علمی و

اجرایی مجموعه صنعت آب و فاضلاب، توجه ویژه به ماهیت اجتماعی اقدام‌ها و قدر و منزلت آن‌ها است و اگر گفته شود که توجه به این رویکرد، زمینه‌ساز موفقیت‌های دیگر شرکت‌ها بوده است، سخنی‌گزارف نیست. بر این باور، پی‌ریزی و استمرار برنامه‌های نرم‌افزاری در واحدهای صف، از حیث مستندسازی فعالیت‌ها، انتشار ادواری گزارش‌های عملکرد، بهره‌گیری از ظرفیت رسانه‌ها و ... که همگی با هدف شناساندن برنامه‌ها و اقدام‌ها، جلب و جذب آرا و مشارکت دادن شخصیت‌های حقیقی و حقوقی صاحب‌نظر در تصمیم‌گیری‌ها به انجام می‌رسد، رویکرد مبارکی است که به‌عنوان نقطه قوت، هم‌چنان باید برجسته باشد.

همه می‌دانیم که در فرهنگ ملی و آیین مذهبی ما ایرانیان، سقایت و آب‌رسانی، جایگاه والا و برجسته‌ای دارد و این موهبتی است که از سوی خدای رحمان، به مدیران آب و فاضلاب عطا شده است و در صورتی‌که این مهم را با هدف رضای خداوند و خدمت به بندگان او به انجام رسانند، باعث منفعا عمومی خواهد بود. مدیر آب و فاضلاب، باید همواره خود، میدان مسؤولیت و حیطه مدیریتی خود را در معرض محاسبه خداوند و قضاوت بندگان او بداند و از این گذرگاه، جز با مجهز شدن به صفات برجسته انسانی همچون پاکدامنی، شفافیت، صداقت، خوش‌رویی، راستی، توانایی، مسؤولیت‌پذیری و پاسخگویی، نمی‌توان به سلامت گذشت. اینان ویژگی‌های ممتاز یک مدیر شایسته‌ی آب و فاضلاب است و «هر کسی آن درود عاقبت کار که کشت».



شکل ۲- متغیرهای بیرونی اثرگذار در مدیریت اجرا و راهبری خدمات آب و فاضلاب

۸- رسانه‌ها و نقش آن‌ها در خدمات آب و فاضلاب

در نگاه اجتماعی به موضوع آب، نقش و جایگاه رسانه‌ها، در ایجاد گفتمان آب در جامعه، که به حقیقت نیاز امروز جامعه ایران است، برجسته شده و اهمیت می‌یابد. مردم نتیجه کارها و اقدام‌ها را، اغلب به‌هنگام افتتاح طرح‌ها از رسانه‌ها می‌شنوند و یا می‌بینند، اما از مشکلات و تنگناهای کار در حین اجرا، کنترل‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌ها، آگاهی کافی ندارند. رسانه‌ها در شکل‌گیری افکار عمومی و افزایش سطح مشارکت عمومی پیرامون آب، اثرگذار هستند و نقش تسهیل‌گری دارند. اما چرا از ظرفیت رسانه‌ها در افزایش آگاهی‌های عمومی جامعه و جلب مشارکت آنان، که یکی از لوازم نگاه اجتماعی به موضوع آب است، به‌درستی و به کفایت استفاده نمی‌شود؟ در پاسخ به این پرسش، به چند نکته اشاره می‌شود:

نخست: در کشور ما، موضوع آب، به‌درستی تبیین و شفاف نشده است. ارایه آمارهای گوناگون، متفاوت و گاه متضاد، همراه با برخی پنهان کاری‌ها، نوعی سردرگمی در موضوع آب ایجاد کرده است.

دوم: فضای سیاسی- اجتماعی جامعه ما، با تصویر واقعی آب در کشور، فاصله دارد. این شکاف به حدی است که در رقابت‌های جناحی و کشمکش‌های محلی، گاه از موضوع آب، استفاده ابزاری شده و می‌شود و رقیبان، متهم اصلی در کاستی‌های آب معرفی می‌شوند.

سوم: رسانه‌ها، در موضوع آب، چیزی بیش‌تر از دولت‌ها نگفته‌اند. نخستین جهت‌گیری رسانه‌ای در موضوع آب، حول محور مهار بحران کم‌آبی با تأکید بر کنترل مصرف آن بوده است. پس از آن، موضوع سدسازی و آب کشاورزی، رتبه‌های دوم و سوم تمرکز رسانه‌ای بوده‌اند. این امر نشان می‌دهد که نگاه رسانه‌ها به آب، آن‌چنان که شایسته «دغدغه‌ی ژرف آب در کشور» و «جایگاه و نقش تأثیرگذار رسانه» است، به‌درستی درک و تبیین نشده است. رسانه‌ها، برای ایفای نقش خود در موضوع آب، باید جایگاه آب در اقتصاد، محیط‌زیست و ... را دریابند و براساس این شناخت، بسترساز گفت‌وگو در سطوح گوناگون جامعه و پایه‌گذار تعامل‌ها و گفت‌وگوهای بیش‌تر برای گره‌گشایی از بحران آب باشند. رسانه‌ها، نباید از «آب» به‌عنوان سلاح سیاسی، برای تضعیف رقیبان استفاده کنند. بلکه با درک،

احصا و بیان نیازهای کاربران، باید عادت‌ها را ترفیع دهند و انتظارات برتر ایجاد کنند. نگاه رسانه‌ها به آب و نگاه مدیران به رسانه‌ها، باید این چنین باشد و بر پایه آن، از ظرفیت رسانه‌ها در ارتقای مشارکت اجتماعی پیرامون موضوع‌های اجرایی و برنامه‌های ارایه خدمات آب و فاضلاب بهره گیرند.

۹- مدیریت اطلاعات، مستندسازی و برنامه‌ریزی

درباره نقش و اهمیت اطلاعات، بسیار سخن گفته شده است و به‌تقریب همه می‌دانند که اطلاعات، ابزار مدیریت است و بدون در اختیار داشتن داده‌های متقن، به‌روز و صحیح، تحقق وظایف مدیریت ممکن نخواهد بود. اما این تنها یک روی سکه است و روی دیگر آن، در چگونگی تولید و مواجهه با اطلاعات و بازخوردهای آن نهفته است. واقعیت تلخ به‌جا مانده از حدود سه دهه فعالیت شرکت‌های آب و فاضلاب گواه آن است که مدیران رده‌های صف و ستادی شرکت‌ها، همچون اغلب سازمان‌های دولتی، در یک فضای کاذب رقابتی، یا برای سلب پرسش و اعتراض از زیرمجموعه‌ی تحت امر خود و یا برای کسب اعتبار و امتیاز بیش‌تر و یا با هدف برتر نشان دادن عملکرد و قابلیت‌های خود، همواره سعی در ارایه آمارهایی دارند که خوشایند مدیریت ارشد باشد. این رویکرد نامیمون، به‌تدریج و در طول زمان، در بدنه شرکت‌ها و تا پایین‌ترین سطوح تولید اطلاعات نیز رسوخ کرده است و اگر گفته شود در بسیاری از سازمان‌های با ساختار دولتی "آمار؛ نه براساس واقعیت، بلکه مطابق خواست، سلیقه و خوشایند مدیریت، تولید، ثبت و گزارش می‌شود"، سخنی دور از حقیقت نیست.

در ریشه‌یابی چرایی ارایه آمارهای به دور از واقعیت، باید گفت که علت آن در دو بخش نهفته است. نخست هنجارهای نامیمون فرهنگی، مبتنی بر تملق و چاپلوسی که ریشه در قرن‌ها حاکمیت حکومت‌های استبدادی بر کشور ما دارد و دوم در چگونگی مواجهه مدیران با اطلاعات و بازخورد آن به زیرمجموعه است. با صرف‌نظر از علت نخستین، که بحث پیرامون آن خارج از حوصله این نوشتار است، باید اقرار کرد که نگاه غالب مدیران به اطلاعات، نگاهی سطحی و گذرا است. اطلاعاتی که با صرف وقت و هزینه‌های به نسبت گزاف تولید می‌شوند، غالباً مورد تجزیه و تحلیل قرار نمی‌گیرند و در حد یک گزارش روزمره و خسته‌کننده، با کم‌توجهی، بایگانی و به فراموشی سپرده می‌شوند. تنها زمانی که موضوعی به‌صورت

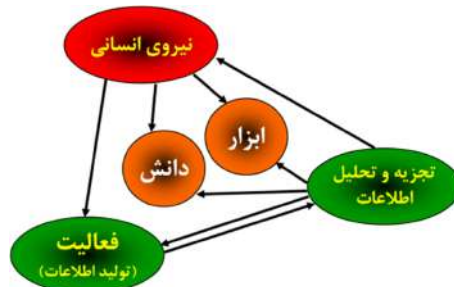
حاد و بحرانی مطرح می‌شود و یا برای ارایه گزارش به نهادها و مقام‌های هم‌ارز و بالاتر، باز هم به صورت سطحی و اغلب با یکی از سه رویکرد: جلب اعتبار و امتیاز، سلب پرسش و اعتراض و برتر نشان دادن عملکرد، مورد استفاده قرار می‌گیرند و چرخه صحیح اطلاعات، مبتنی بر تعیین صحت، تحلیل داده‌ها و اقدام اصلاحی بر مبنای آن و چرخه صحیح کار (شکل ۳) در شرکت‌ها ساری و جاری نیست. علت این پدیده را در مکانیسم‌های نادرست ارزش‌گذاری مبتنی بر محور قرار دادن پشتیبانی‌ها و حمایت‌های جناحی و عدم باور مدیران به اهمیت آمار در مدیریت، باید جست‌وجو کرد.

۱۰- بهره‌وری عامل انسانی

یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای برون‌رفت از تنگناها و فایق آمدن بر دشواری‌های پیش روی، در توجه و تمرکز بر نیروی انسانی نهفته است. مدیریت، یک فرآیند اجتماعی و مشتمل بر اقدام‌هایی است که منجر به تحقق اهداف می‌شود. این اقدام‌ها، اساساً متوجه روابط بین افراد است. بنا به نظر کانت، دشوارترین کارها، تعلیم و تربیت و مدیریت است. برخلاف رویه گذشته که تأکید عمده بهره‌وری بر مدیریت بهینه منابع در اختیار و توجه آن به درون سازمان معطوف بود، در نگرش‌های

جدید، سرفصل‌هایی هم‌چون طرح ایده‌های نو، خلق دانش و محصول‌های جدید، داشتن مشتریان متنوع و بهره‌گیری از توانایی‌های بالقوه و بالفعل برای استفاده از فرصت‌ها و مقابله با تهدیدها جای دارد. هدف غایی بهره‌وری، ایجاد سازمانی هوشمند، انعطاف‌پذیر و آگاه به محیط است. مدیران بهره‌ور و کارآفرین که با سه ویژگی (۱) دارا بودن قوه تشخیص، فکر و خلاقیت، (۲) قابلیت تشخیص فرصت‌ها و (۳) برخورداری از توان تجزیه و تحلیل، از دیگران ممتاز می‌شوند، همواره در تلاش‌اند تا در بخش مدیریت نیروی انسانی با فراهم آوردن زمینه‌های ارتقای دانش تخصصی، مهارت کار، کارآفرینی و اصلاح ساختار متناسب با ساز و کار آینده، کارآمدی توان انسانی در اختیار را توسعه و بهبود بخشند (شکل ۴).

در یک نگاه کلی به سازمان‌های تخصصی، نیروی انسانی، به دو گروه کارگر و کارشناس قابل تفکیک است. برخلاف تصور رایج، تفاوت کارگران و کارشناسان، به الزام بر پایه دانشی و گذراندن دوره‌های عالی دانشگاهی نیست. در حقیقت مرز میان کارگر و کارشناس، در توانایی او در انجام امور سازمان است. در قالب یک تعریف کلی باید گفت "هرگاه فردی، فارغ از پایه دانشی، سرمایه سازمان محسوب شود، کارشناس خواهد بود". بر پایه این تعریف، اقدام‌های زیر برای افزایش بهره‌وری در دو گروه کارگران و کارشناسان توصیه شده است (احمدپور داریانی، ۱۳۸۱).



شکل ۳- تصویر تجسمی از چرخه صحیح کار و رابطه‌ی آن با اطلاعات



شکل ۴- نیازها برای کارآمد ساختن نیروی انسانی (احمدپور داریانی، ۱۳۸۱)

۱۰-۱- شیوه‌های افزایش بهره‌وری در گروه کارگران

- نگاه دقیق به کار در حال انجام
- ثبت هر فعالیت و زمان لازم برای آن (مستندسازی)
- حذف حرکت‌های غیرضروری
- اولویت‌بندی فعالیت‌ها
- تهیه ابزار لازم برای هر فعالیت

۱۰-۲- شیوه‌های بهبود بهره‌وری در کارکنان تخصصی (کارشناسان)

- تعریف صحیح و کامل وظیفه، اختیارات و حدود آن‌ها
- استقلال عمل
- نوآوری به‌عنوان بخش از وظیفه
- کار براساس دانش مبتنی بر آموزش مستمر
- نیاز به خودیابی و احترام
- کمیت و کیفیت به یک اندازه مهم هستند

۱۱- کارآفرینی و مفهوم آن

واژه فرانسوی کارآفرینی^۵ نخستین بار توسط کانتیلون، اقتصاددان ایرلندی، مطرح شد و در زبان انگلیسی به معنای متعهد شدن و زیر بار رفتن^۶ است. بنا به نظر ژان باستی، کارآفرین کسی است که تولید را از یک سطح، به سطح بالاتر برساند (افزایش بهره‌وری). کارآفرینی فرآیندی است که طی آن، کارآفرین، با ارایه ایده و فکر جدید و با قبول مخاطره و تحمل ریسک، محصول یا خدمت جدیدی را عرضه می‌کند. هر زمان که رقابت بیش‌تر شود، کارآفرینی رشد و نمو پیدا می‌کند. به تعبیر دیگر، کارآفرینی، موتور توسعه اقتصادی است که از طریق تخریب خلاق عمل می‌کند و در جامعه‌ای که حرکت اقتصادی آن به سمت کسب بوده و کار گرا^۷ باشد، بیش‌تر ظهور و جلوه دارد (احمدپور، ۱۳۸۱).

در علم کارآفرینی، بر این نکته تأکید می‌شود که برای به‌دست آوردن مصرف‌کنندگان راضی، نخست باید کارکنان را راضی نگه داشت. مدیران خردمند به دنبال فعالیت‌های انسانی در جهت برآوردن نیازها و خواسته‌های انسانی، از طریق مبادله‌های انسانی به سود جامعه انسانی هستند. سود واقعی زمانی بهینه و بلندمدت است که مصرف‌کننده، شرکت و کارکنان زیان نبینند. مهم‌ترین عامل در نیل به این امر، خلاقیت و توان تبدیل آن

به نوآوری است. باید توجه داشت که هر مشکلی، با هر میزان پیچیدگی و دشواری، با تدبیر انسانی قابل حل است. توانایی ایجاد تغییر، نخستین پله موفقیت است.

۱۲- انتظارها از مدیران شهرها و شهرستان‌ها

۱۲-۱- در حوزه مدیریت

- شناخت کامل از ذی‌نفعان و محیط‌های درونی و بیرونی
- اثرگذار بر شرکت
- برقراری تعامل سازنده و هم‌افزا با مجموعه مدیران شهرستان
- با هدف تسهیل و پیشبرد امور
- توجه به تذکرها و پرسش‌های نمایندگان مجلس شورای اسلامی
- صداقت در تولید و ارایه آمار
- توجه به نیروی انسانی و تکریم کارکنان و مشتریان
- تلاش برای افزایش سهم کارکنان برجسته و مؤثر (کارآمدتر ساختن نیروی انسانی)

برخی مدیران، به اشتباه، برای بقا و تداوم مدیریت خود، سازمان تحت سرپرستی خود را شبیه به رستورانی بدل می‌سازند که کار آن قبول سفارش و بله قربان گفتن -بدون توجه به هدف‌ها، برنامه‌ها و منفعت سازمان- است. این رویکرد، در میان‌مدت، نه تنها رضایت مشتریان و نهادهای بالادستی را جلب نمی‌نماید، بلکه نشانه‌ای از ضعف در پایه‌های تئوری و قدرت عملی و اجرایی مدیریت، ارزیابی می‌شود.

۱۲-۲- در حوزه فنی و توسعه

- آینده‌نگری، پیش‌بینی و پیشگیری در نیازها و توسعه‌ی تاسیسات (پیگیری تهیه طرح جامع تامین آب)
- توسعه ظرفیت ذخیره سازی آب (دستیابی به شاخص یک مترمکعب به ازای هر مشترک)
- توجه به عمر مفید پروژه‌ها و پایداری و استمرار خدمات با توجه به هزینه‌ها
- بازدید دوره‌ای از تاسیسات در حال اجرا و در حال کار، احصای نواقص، اولویت‌بندی، تعیین هزینه
- مهندسی مجدد چاه‌ها و حذف پمپاژ مستقیم به شبکه
- مدیریت حوادث و کاهش نرخ آن
- بهره‌گیری از ظرفیت سازمان نظام مهندسی برای ایجاد مخازن تامین فشار در ساختمان‌های بیش از ۴ طبقه

۱۲-۳- در حوزه بهره‌برداری

- بازدید روزانه از تاسیسات مهم و حیاتی
- بازدید سرزده و خارج از وقت اداری از واحدهای امداد و حوادث
- کنترل و اطمینان از موجودی لوازم یدکی، مواد شیمیایی و مانند آن
- اخذ آمار و اطلاعات عملکرد تاسیسات و پردازش و تحلیل آن‌ها و ارائه راه‌کار به واحدهای ذی‌ربط
- توجه و حساسیت به موضوع محیط‌زیست، سلامت و ایمنی کارکنان و تاسیسات (EHS)

۱۲-۴- در حوزه برنامه‌ریزی

- اشراف و انضباط در گردش مالی (تدوین بودجه واقعی، عدم انحراف از آن و نزدیک شدن به شاخص حداکثری وصول مطالبات)
- تلاش در راستای نیل به ایجاد قابلیت و ظرفیت خودگردانی
- توجه شود واگذاری امور به بخش خصوصی، تنها در حالتی باید انجام شود که این بخش بتواند حداقل پنج انتظار کارآمدی و بهره‌وری بیش‌تر، شفافیت در هزینه‌ها، ایجاد ارزش افزوده (درآمد)، ارائه خدمات با کیفیت بهتر و جلب نظر، رضایت‌مندی و احترام به مشتریان را برآورده سازد.

۱۳- نتیجه‌گیری

از آن چه به اختصار گفته شد چنین استنباط می‌شود که شرکت‌های آب و فاضلاب، اگر چه در آغاز، با ساختاری غیردولتی، پویا، جوان، با نشاط و سرشار از انگیزه‌های مثبت، تشکیل شدند و توانستند در یک دوره کوتاه، ضمن جبران عقب‌ماندگی‌های گذشته و بازسازی و نوسازی آسیب‌های به‌جا مانده از دوران جنگ تحمیلی، آب‌رسانی به شهرها و روستاهای کشور را به سامان درآورده و اجرای پروژه‌های بزرگ جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب را بنیان نهند و از این طریق، ضمن ارتقای شاخص‌های بهداشتی و زندگی در مناطق شهری و روستایی، بازچرخانی و تامین بخشی از نیاز آبی برای مقاصد آبیاری و صنعتی را ممکن سازند؛ اما در میانه راه و به‌دلیل گوناگون که در هشت سرفصل: فقدان ثبات سازمانی، فقدان و یا ضعف در الگودرازی، فقدان مستندسازی، ضعف در مدیریت و به‌کارگیری نیروهای توانمند، روزمرگی و تغییر در انگیزه‌ها،

افزایش شمار موارد اضطراری و بحرانی، غلبه جنبه‌های اداری و دخالت‌ها و تأثیرات گسترده غیررسمی آشکار و پنهان در تصمیم‌ها و عدم کفایت منابع مالی خلاصه می‌شود؛ از مسیر تعریف شده نخستین، فاصله گرفته و به‌تدریج، شکل سازمانی آن‌ها، به ساختار دولتی و با ایرادهای حاکم بر آن مبدل شده است. این وضعیت، با ماهیت وقفه‌ناپذیر خدمات آب و فاضلاب و تقاضاها و مطالبات رو به گسترش آحاد مشترکان و مسؤولان از یک سو و از دیگر سو، حاکمیت اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک بر پهنه وسیعی از کشور، که همگی به سامان آوردن این بخش حساس خدمت‌رسانی را، نیازمند مدیریتی پویا، با استقلال عمل، اعتماد به نفس بالا و اختیارات و امکانات کافی، به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر مبدل می‌سازد؛ در تقابل قرار دارد. در چنین شرایطی که هم‌اکنون نیز در برخی مناطق به آن مبتلا هستیم و در آینده، موفقیت در مدیریت خدمات آب و فاضلاب، بدون اعمال انضباط‌های مدیریتی، دانایی، توانایی و راستی، مبتنی بر پیشگیری، مدیریت اطلاعات، شفافیت، دانش، مهارت، مسوولیت‌پذیری و پاسخگویی ممکن نخواهد. برون‌رفت از این وضعیت، جزم‌اندیشی و تا حدودی اقتدارگرایی سازمانی، در کنار هوشمندی و جسارت مدیران آن را می‌طلبد.

۱۴- پی‌نوشت‌ها

- 1- Capability
- 2- Competency
- 3- One Water
- 4- Water Poverty Index (WPI)
- 5- Entrepreneur
- 6- To under take
- 7- Business Oriented

۱۵- مراجع

- اسمیت، ل.، (۱۳۹۳)، جهان در ۲۰۵۰، چاپ دوم، امیدی، م. و زرین‌پنجه، ن. (مترجمین)، انتشارات مهر ویستا.
- احمدپور داریانی، م. (۱۳۸۲)، «آیا کارآفرینی استراتژی دانشگاه را تغییر می‌دهد؟»، ماهنامه بازاریابی، ۲۲، ۱۸-۲۱.
- بهی، ب.، (۱۳۸۱)، «اسطوره ۳۷۰۰ ساله»، ماهنامه بازاریابی، ۲۲، ۳۶-۳۲.
- رجبی هشتچین، م.، و عرب، د.، (۱۳۸۵)، «شاخص فقر آبی، ابزاری کارآمد برای ارزیابی وضعیت منابع آبی جهان»، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی

اصفهان، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، اصفهان، ایران.

سلطانی، م.، و اسلامیان، ح.، (۱۳۸۵)، «یکپارچگی توسعه منابع انسانی»، ویژه‌نامه نشریه چشم‌انداز مدیریت، ۴(۱۱)، ۶-۱۰. نامجو، م.، بلور، ب.، و قنادی، م.، (۱۳۸۹)، «شرکت‌های آب و فاضلاب در گام چهارم توسعه»، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

Immerzeel, W., Droogers, P., Terink, W., Hoogeveen, J., Hellegers, P., Bierkens, M., and van Bee, R., (2011), "Middle-east and northern Africa water outlook", World Bank Task Leader Bekele Debele Negewo.

International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering (IHE), (1991), "A strategy for water sector capacity building", Report Series 24, *Proceedings of the UNDP Symposium*, Delft, 3-5 June, IHE, UNDP.

International Water Association, (2001), *Frontiers in urban water management*, Maksimovic, C. and Tejada-Guibert, J.A. (eds.), Chapters 8 and 9, IWA.

Lawrence, P., Meigh, J., and Sullivan, C., (2002), "The Water Poverty Index: An international comparison", *Keele Economics Research Papers (KERP 2002/19)*, Centre for Economic Research, Keele University, Revised March 2003.

Natural Environment Research Council (NERC), Department for International Development, (2016), "Using the water poverty index to monitor progress in the water sector", Jr. Water Policy and Management, Center for Ecology and Hydrology (CEH).

Renner, R.C., (2017), "One blueprint for one water", Chief Executive Officer, Water Research Foundation.

World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), (2017), "Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines", UNICEF.

Inspection Requirements of Wastewater Collection and Conveyance Networks

Bashir Karimi

Planning and Research Consulting Engineers, Isfahan, Iran

Email: bashirkarimi_58@yahoo.com

Abstract

Proper asset management of wastewater networks requires complete understanding of the set of facilities that are involved in the utilization of wastewater collection and conveyance networks and their treatment. A large part of the recognition of sewage networks is achieved through a series of sewage inspection procedures and, in most of the inspections, cleaning the network before the survey is mandatory. The importance of the role of sewage inspection as the first step in the asset management of wastewater treatment facilities is undeniable. The realization of the objectives of the inspection of wastewater networks is subject to cases where, in the absence of attention to it, inspections remain unrealistic and the realization of the objectives of the relevant projects is impossible. In order to fulfill the objectives of the inspection projects, firstly, the scope of the work must be precisely determined. Secondly, depending on the nature of the inspection work, the appropriate template for assignment of the work is selected in such a way that all aspects of the operation and execution of the work and the technical and legal requirements for projects cover the inspection. Aim of this paper is to study the initial challenges in realizing the objectives of the inspection and rehabilitation of sewage networks, while examining the experience gained in the country, the basic requirements of the projects mentioned, and the need for more attention of activists and researchers in the field of water and wastewater emphasize the essential elements of inspection and recovery of wastewater networks.

Keywords: Asset Management, Cleaning, Inspection, Rehabilitation, Wastewater Networks Assessment.

الزامات بازرسی شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب

بشیر کریمی

کارشناس مهندسين مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب، اصفهان، ایران

ایمیل: bashirkarimi_58@yahoo.com

چکیده

مدیریت صحیح دارایی‌ها در تأسیسات فاضلاب مستلزم شناخت کامل مجموعه تأسیساتی است که در بهره‌برداری از شبکه‌های فاضلاب و تصفیه آن نقش دارد. بخش عمده شناخت از شبکه‌های فاضلاب با مجموعه اقدامات بازرسی شبکه‌های فاضلاب حاصل می‌شود و در اکثر بازرسی‌ها، پاکسازی و شستشوی شبکه قبل از پیمایش، الزامی است. اهمیت نقش بازرسی شبکه‌های فاضلاب به‌عنوان اولین گام اجرایی در مدیریت دارایی‌های تأسیسات فاضلاب انکارناپذیر است. تحقق اهداف بازرسی شبکه‌های فاضلاب منوط به مواردی است که در صورت عدم توجه به آن، بازرسی‌ها بدون نتیجه مانده و تحقق اهداف پروژه‌های مربوطه ناممکن می‌شود. در مقاله حاضر با بررسی چالش‌های اولیه در تحقق اهداف پروژه‌های بازرسی و بازسازی شبکه‌های فاضلاب، ضمن بررسی تجارب به‌دست آمده در داخل کشور، الزامات اساسی و اولیه پروژه‌های اشاره‌شده تبیین می‌شود.

واژگان کلیدی: مدیریت دارایی، شبکه‌های فاضلاب، بازرسی، شستشو و پاکسازی، بازسازی

۱- مقدمه

تمام فعالیتهای مربوط به طراحی، اجرا، بازسازی، نگهداری و بهره‌برداری را در تمام مراحل و در چرخه "سیستم جامع فاضلاب" زیر نظر بگیرند. سیستم جامع فاضلاب شامل

امروزه مدیریت دارایی^۱ در صنعت فاضلاب امری مهم تلقی می‌شود. کارفرمایان این صنعت که در واقع مجریان و بهره‌برداران تأسیسات فاضلاب هستند باید با مدیریت یکپارچه

طبقه‌بندی چهارگانه با فعالیت‌های پی‌درپی جمع‌آوری^۲، انتقال^۴، تصفیه^۵ و بازچرخانی^۶ است.

فعالیت‌های طراحی، اجرا و نظارت در "سیستم جامع فاضلاب" آخرین بخش از فعالیت‌های اصلی اقدامات مدیریت یکپارچه تأسیسات فاضلاب است. در شکل ۱ عناوین اقدامات و هدف‌گذاری این مدیریت مشاهده می‌شود. در سال‌های اخیر و با توسعه فعالیت‌های بهره‌برداری تأسیسات فاضلاب و نیاز به رویکرد مدیریت یکپارچه این تأسیسات، استانداردها و مراجع فنی به طبقه‌بندی فعالیت‌های مربوط به مدیریت یکپارچه تأسیسات فاضلاب پرداخته‌اند. اصلی‌ترین اقدام در مجموعه اقدامات این مدیریت یکپارچه، تبیین اهداف "اهداف استراتژیک"^۷ است که این اهداف استراتژیک می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- بهداشت و ایمنی عمومی
- بهداشت و ایمنی حرفه‌ای و شغلی
- حفاظت از محیط‌زیست
- توسعه پایدار

هر یک از فعالیت‌های طراحی، اجرا، بازسازی، نگهداری و بهره‌برداری در سیستم جامع فاضلاب که تأمین‌کننده اهداف استراتژیک نباشد باید از گردونه حذف شود (-EN 752:2008) (04). پس از تبیین اهداف، الزامات اجرایی و سپس اصول و

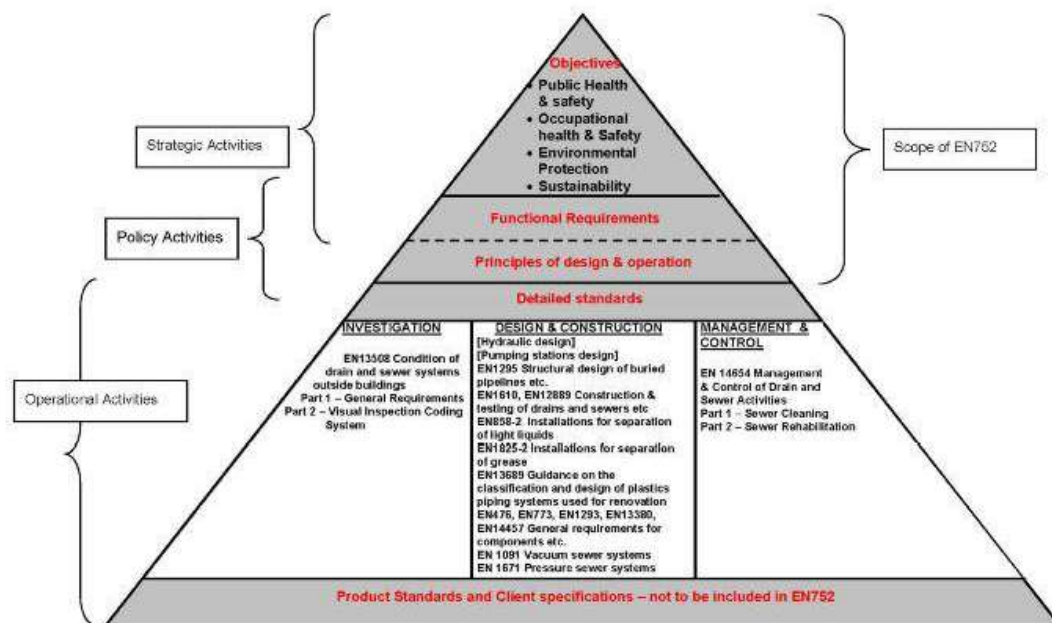
معیارهای طراحی تدوین می‌شود. در مرحله آخر، فعالیت‌های مربوط به طراحی‌های نهایی و اجرا، انجام شده و مجموعه این چرخه به‌صورت پی‌درپی نظارت و کنترل می‌شود.

در پروژه‌های بازرسی شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب، پس از تبیین اهداف پروژه و الزامات اجرایی، اولین گام در مجموعه اقدامات اجرایی، "ارزیابی"^۸ شبکه‌های فاضلاب است. ارزیابی شبکه‌های فاضلاب شامل مجموعه اقداماتی است که به بازرسی شبکه فاضلاب می‌پردازد. این مجموعه اقدامات شامل سه فاز اصلی زیر است (NASSCO Standard, 2010):

- بازرسی مقدماتی^۹
- شستشو^{۱۰}
- بازرسی نهایی^{۱۱}

اقدامات اجرایی فازهای اشاره‌شده براساس اهداف پروژه توسط کارفرما و قبل از آغاز پروژه تعیین می‌شود. عدم تشریح دامنه هریک از مراحل اشاره شده و یا سردرگمی در "اهداف بازرسی"^{۱۲}، حصول اهداف کمی و کیفی پروژه را متأثر می‌سازد. بنابراین موفقیت در اجرای پروژه‌های بازرسی نیازمند دو گام اساسی است:

- تعیین اهداف بازرسی و رعایت اولویت اقدامات آن براساس فازهای پیش‌گفته
- انتخاب و تنظیم قالب صحیح قراردادی به‌منظور واگذاری کار



شکل ۱- هرم مدیریت یکپارچه براساس استاندارد EN 752:2008-04

پروژه‌های بازرسی شبکه‌های فاضلاب حلقه آغازین فعالیت‌های مربوط به مدیریت یکپارچه تأسیسات فاضلاب محسوب می‌شود. با توجه به اهداف مورد نظر لازم است؛ اولاً محدوده کارها به صورت دقیق مشخص شود و ثانیاً با توجه به ماهیت کارهای بازرسی و تشابه و تفاوت‌های توأمان آن با کارهای اجرایی و کارهای بهره‌برداری، قالب مناسب برای واگذاری کار به گونه‌ای انتخاب شود که کلیه جوانب کارهای بهره‌برداری و اجرایی و مشخصات فنی و حقوقی لازم در پروژه‌های بازرسی را پوشش دهد. بنابراین الزامات اصلی "پروژه‌های بازرسی" عبارتند از:

- تعیین اهداف بازرسی و رعایت اولویت اقدامات آن
- انتخاب و تنظیم قالب صحیح قراردادی به منظور واگذاری کار

۲- اهداف بازرسی و رعایت اولویت اقدامات آن

اهداف بازرسی شبکه‌های فاضلاب عبارتند از:

- بازرسی به منظور تعیین سطوح کفایت کارهای شستشو
- تخمین میزان و جنس رسوبات شبکه
- بازرسی به منظور انجام بررسی‌های هیدرولیکی شبکه
- بازرسی به منظور تعیین عیوب بهره‌برداری و سازه‌ای شبکه
- بازرسی به منظور تعیین روش‌های بازسازی^۳ شبکه (EN Standard)
- بازرسی شبکه‌های فاضلاب با توجه به دامنه اهداف بالا، می‌تواند شامل سه مرحله بازرسی مقدماتی، شستشو و بازرسی نهایی باشد. تعیین اهداف بازرسی مشخص‌کننده کیفیت و اولویت مراحل کارهای بازرسی است. در کارهایی که هدف از بازرسی شبکه، صرفاً پیمایش‌های هیدرولیکی و یا تخمین میزان رسوبات است، بازرسی مقدماتی کفایت می‌کند ولی در پروژه‌هایی که هدف آن تعیین روش‌های بازسازی شبکه است، پس از بازرسی مقدماتی، شستشو و سپس بازرسی نهایی ضروری است.

انتخاب روش بازرسی از میان گستره‌ی روش‌های غیرمخرب بازرسی لوله و همچنین انتخاب روش شستشو و پاکسازی شبکه، بستگی به اهداف بازرسی دارد. به بیان دیگر؛ پس از تعیین هدف یا اهداف بازرسی، این نکته باید مشخص شود که "بازرسی مقدماتی" به تنهایی کفایت می‌کند یا باید پس از آن "بازرسی نهایی" نیز انجام شود. در صورتی که بازرسی

نهایی باید انجام شود، شستشو و پاکسازی شبکه قبل از بازرسی الزامی است. سطوح کارهای پاکسازی به معنای میزان شستشو و میزان خروج رسوبات از شبکه فاضلاب، باید به طور مشخص در قرارداد درج شده و کارفرما باید براساس اهداف مورد نظر، میزان پاکسازی و شستشوی شبکه را حتماً پیش از شروع کار، به طور دقیق مشخص نماید. در اکثر قراردادهای شستشو و بازرسی که در حال حاضر در کشور اجرایی شده‌اند، عدم شفافیت در میزان "شستشو و پاکسازی فاضلابرو از رسوبات" باعث شده که اهداف پروژه مختل شده و اهداف مورد انتظار از شستشو محقق نشود.

شستشو و فعالیت‌های مرتبط با پاکسازی شبکه فاضلاب فاز اصلی و تأثیرگذار کار بازرسی است و انتخاب روش مناسب شستشو از اهمیت فراوان برخوردار است. شستشوی شبکه فاضلاب می‌تواند به منظور اهداف زیر انجام شود:

- بازرسی و بازسازی شبکه
- خروج رسوبات و پیشگیری از فرسودگی شبکه
- اطمینان از بهره‌برداری هیدرولیکی مناسب شبکه
- بازیابی و بهبود وضعیت هیدرولیکی شبکه
- انتخاب روش مناسب برای انجام شستشو و پاکسازی شبکه فاضلاب براساس اهداف بازرسی و اهداف کارفرما از شستشو انجام می‌شود. این انتخاب با توجه به سابقه کارهای شستشوی قبلی، جنس و قطر فاضلابرو، قدمت شبکه و مواردی نظیر آن انجام شده و شامل روش‌های متعددی است که روش "شستشو با فشار آب"^۴ در بیشتر موارد پاسخگوی اکثر اهداف شستشو است و بنابراین در بسیاری از پروژه‌های بازرسی کاربرد دارد. با این وجود روش اشاره شده را می‌توان با توجه به شرایط رسوبات فاضلابرو با سایر روش‌ها از جمله "Winching" ترکیب کرد. در شبکه فاضلاب اصفهان با توجه به حجم فراوان رسوبات شن و ماسه‌ی ته‌نشین شده، استفاده از روش Winching به همراه شستشو با فشار آب در لوله‌های پلی اتیلن، بازده بهتری نسبت به شستشو با فشار آب به تنهایی، داشته و تجربه استفاده هم‌زمان از روش Winching و فشار آب در پاکسازی شبکه فاضلاب این شهر ثمربخش بوده است. همچنین روش کار در استفاده از ماشین‌آلات شستشو، انتخاب نوع نازل مناسب و فشار آب بستگی به پارامترهایی از جمله میزان رسوبات و جنس رسوبات دارد که براساس تجارب به‌دست آمده از پروژه‌های بازرسی شبکه‌های جمع‌آوری و انتقال فاضلاب در شهرهایی مانند

تهران و اصفهان، میزان و جنس رسوبات ارتباط مستقیمی با فرهنگ عمومی و سطح بهداشت، قدمت و فرسودگی شبکه و جنس فاضلابرو دارد. به طور مثال در شبکه فاضلاب اصفهان با توجه به قدمت لوله های بتنی و وضعیت توپوگرافی کلی شهر و شیب حداقلی شبکه فاضلاب، رسوبات بیشتر از جنس شن و ماسه و رسوبات قابل ته نشینی^{۱۵} است، در حالی که در شبکه فاضلاب تهران با توجه به مواردی از جمله تراکم جمعیتی و تکرر فعالیت های زیستی، رسوبات علاوه بر رسوبات قابل ته نشینی، شامل موارد متعددی رسوبات چسبنده^{۱۶} ناشی از فعالیت های زیستی است. بنابراین برای انتخاب روش مناسب شستشو، توجه به نوع و جنس رسوبات از الزامات اساسی است.

۳- انتخاب و تنظیم قالب صحیح قراردادی به منظور واگذاری کار

با توجه به نوع کارهای بازرسی شبکه فاضلاب و تشابه توأم آن با کارهای اجرایی و بهره برداری، می توان کارهای بازرسی را فصل مشترک کارهای اجرایی و بهره برداری قلمداد کرد و براین اساس انتخاب قالب مناسب برای واگذاری پروژه های بازرسی از اهمیت فوق العاده برخوردار است. FIDIC^{۱۷} در مجموعه پیش نویس های مربوط به قالب قراردادهای اجرایی و بهره برداری (Construction, DBO, EPC/Turnkey,) براساس الزامات مربوطه، توصیه هایی مبنی بر انتخاب هریک از پیش نویس های مصوب خویش برای کارهای مورد نظر دارد. انتخاب قالب مناسب برای واگذاری کارهای بازرسی، دقت در شناسایی محدوده کارهای قابل واگذاری را می طلبد و توجه به نکات زیر پیش از تنظیم اسناد واگذاری پروژه های بازرسی، در این مسیر راهگشا است:

- تعیین دقیق محدوده کارهای اجرایی
- تعیین شرح وظایف و سطح ارائه خدمات مهندسی ارکان پروژه (کارفرما، مشاور و پیمانکار)
- توجه به ریسک ها و موارد پیش بینی نشده در اجرای کار (این مقوله ارتباط مستقیم با سوابق موجود و کارهای انجام شده قبلی مرتبط دارد)
- توجه به ماهیت بهره برداری کارهای بازرسی
- توجه به مدل های تأمین مالی پروژه
- در اکثر کارهای واگذار شده در پروژه های شستشو و بازرسی

که در سال های اخیر در کشور انجام گرفته؛ عدم انسجام در مشخصات فنی و حقوقی اسناد و همچنین عدم کفایت مشخصات فنی به منظور تکمیل اهداف شستشو و بازرسی، از جمله موارد چالش زا در پروژه ها بوده و همواره به دلیل تفسیر و قرائت های متفاوت کارفرمایان و پیمانکاران از اسناد، محل اختلاف میان ایشان بوده که باید با مطالعه و پژوهش براساس شرایط اقلیمی کشور، سابقه شستشوی دوره ای انجام شده، اهداف بازرسی و شستشو، مدل تأمین مالی پروژه و همچنین تجارب سایر کشور، مشخصات فنی و قراردادی منسجم و کارآمد برای کارهای شستشو و بازرسی در سطح کشور تدوین شود.

۴- نتیجه گیری

یکپارچگی و انسجام بخشی کارهای طراحی، اجرا، بازرسی، نگهداری و بهره برداری تأسیسات فاضلاب ضروری ترین امر در مقوله مدیریت دارایی این تأسیسات است. براین اساس ساختار سازمانی شرکت ها و نهادهای متولی صنایع فاضلاب باید براساس الگوهای "مدیریت یکپارچه تأسیسات فاضلاب" طراحی و سازماندهی شود. محصول پروژه های بازرسی شبکه های فاضلاب طیف گسترده ای از داده ها است که باید در طراحی، اجرا، نگهداری و بهره برداری شبکه های فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته و هرگونه عدم ارتباط صحیح مابین بخش های طراحی، اجرا و بهره برداری، سیستم های اداره کننده تأسیسات فاضلاب را مختل خواهد کرد و یا راندمان آن ها را به شدت کاهش خواهد داد. برای رسیدن به راندمان مناسب در مدیریت تأسیسات فاضلاب، تعریف اهداف استراتژیک و سپس در گام بعدی، تعیین اهداف بازرسی براساس اهداف استراتژیک و انتخاب الگوی مناسب قراردادی، ضروری ترین کارها از مجموعه اقدامات مدیریت دارایی تأسیسات فاضلاب است. در حال حاضر عدم شناخت مجموعه اجرایی داخلی شامل کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران از حوزه کارهای شستشو و پاکسازی و همچنین عدم تبیین مشخصات فنی و حقوقی کارآمد در این حوزه، باعث ناکارآمدی پروژه های مربوطه شده و لازم است پژوهشگران عرصه صنعت آب و فاضلاب کشور با توجه به لزوم گسترش فعالیت های "مدیریت دارایی" در این صنعت، به تحقیق و توسعه جوانب کارهای مرتبط با بازرسی شبکه های فاضلاب بپردازند.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- Asset Management
- 2- Overall Wastewater System
- 3- Collection
- 4- Transport
- 5- Treatment
- 6- Discharge
- 7- Strategic Activities
- 8- Investigation
- 9- Pre-Cleaning Inspection
- 10- Sewer Pipe Cleaning
- 11- Post-Cleaning Inspection
- 12- Aim of Investigation
- 13- Rehabilitation
- 14- High pressure Flushing
- 15- Settled Deposits
- 16- Attached Deposits
- 17- International Federation of Consulting Engineers

۶- مراجع

EN Standard: Drain and sewer systems outside buildings, English version of DIN EN 752:2008-04
EN Standard: Management and control of operational activities in drain and sewer systems outside buildings, Part 1: Cleaning
NASSCO Standard, (2010), Pipeline Assessment and Certification Program (PACP).



گزارش میزگرد تخصصی مدیریت مصرف
برگزار شده در اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب (آذر ۱۳۹۶)

اعضای میزگرد:

- دکتر زهرایی: دانشیار دانشگاه تهران
- دکتر فاضلی: مشاور اجتماعی وزیر نیرو و عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی
- مهندس سیدزاده، مدیر دفتر مدیریت مصرف و کاهش هدررفت، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
- مهندس یونسلو: مدیر دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، آبفای استان تهران
- دکتر چاووشیان: رئیس مرکز منطقه ای مدیریت آب شهری (وابسته به یونسکو) و عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت
- مهندس کرمی: سازمان نظام مهندسی استان تهران
- دکتر سجادی فر: مشاور معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهریار



* دکتر زهرایی: بسم الله الرحمن الرحيم. در خدمت دکتر فاضلی هستیم تا در مورد نقش مردم صحبت کنند.

- دکتر فاضلی: من تشکر می‌کنم بابت دعوت به این نشست. در وقت پنج دقیقه‌ای سعی می‌کنم اصل حرفم را بزنم. همواره صحبت از این شده که ما باید آب را و هدر رفتش را از طریق امور اجتماعی تحلیل و در اصل کنترل کنیم. یک مفروضه‌ای در این هست که من در پنج دقیقه فقط تصمیم گرفتم که درباره این مفروضه و نقدش صحبت کنم. گویی ما در حوزه دانش اجتماعی یک دانش انباشته مشخصی داریم و مجموعه‌ای از متخصص‌های خیلی مبرزی داریم که این‌ها تمام راهکارهای حوزه اجتماعی مدیریت مصرف را تهیه کردند. ما حتی مفهوم مشترک و خیلی روشنی از امر اجتماعی و نسبتش با آب داریم و فقط مانده که این عالمان اجتماعی و این دانش اجتماعی را بیاوریم و در حوزه مدیریت مصرف از آن استفاده کنیم. به همین خاطر هم به من پیشنهاد می‌شود که درباره راه کارهای اجتماعی مدیریت مصرف حرف بزنم. مفروض این حرف این است که این راه کارها وجود دارند و حالا قرار است من آن‌ها را توضیح بدهم. من کل این مفروضه را قبول ندارم. استدلال‌هایم عبارتند از: (۱) ما تصور بسیار غلطی از نسبت امر اجتماعی و مدیریت مصرف تقاضا چه در بخش آب چه در بخش انرژی داریم. من هر آن‌چه که در این ده سالی که با موضوع آب درگیر بودم رفتم دیدم که بخش آب وقتی حرف از امور اجتماعی می‌زند تصورش (یعنی تصور کاریکاتوریش) این است که شما می‌توانید یک چند تا تیزر خیلی خوب بسازید که در تلویزیون پخش کنیم تا مردم تصمیم بگیرند کمتر مصرف کنند. یا شما می‌توانید یک جوری خیلی نرم و مردم را یک جوری بترسانید که نترسند ولی در نهایت تن بدهند به کاهش مصرف آب. یک همچنین تصویری از نسبت امر اجتماعی و مدیریت مصرف از اساس غلط است. ما باید یک بازسازی مفهومی بکنیم و بگوئیم اصلاً امر اجتماعی و نسبتش با مدیریت مصرف چیست؟ من این را در چند بخش تقسیم کردم که وقتی می‌گوئیم امور اجتماعی و آب یعنی این‌ها، و اگر این‌ها را انجام نمی‌دهیم یعنی این‌که انتظاری هم نداشته باشیم که این حوزه علوم اجتماعی نقشی در مدیریت مصرف داشته باشند

(۱) ذهنیت‌های آب‌بران و سایر ذی‌نفعان اعم از ذی‌نفعان سیاسی، اجتماعی و اقتصادی درباره آب و ساز و کارهای تولید، توزیع و مصرف آب از جمله واقعیت‌هایی که این ساز و کارها را

توصیف می‌کنند. ما هنوز ذهنیت کسانی را که با آب درگیرند را دقیق نمی‌شناسیم و تحلیل نکردیم، از اصلی‌ترین مقامات سیاسی تا مردم مصرف‌کننده. هنوز ما در یک توهمی درباره گزاره‌های مربوط به آب به سر می‌بریم از جمله آب فراوان، آب بدون قیمت، آب که پایان ناپذیره آب که ... و یک عالمه گزاره که ذهنیت‌ها این‌ها را می‌سازد.

(۲) ذهنیت‌های ذی‌نفعان نسبت به یکدیگر: علوم اجتماعی باید ذهنیت‌های آب‌بران را نسبت به همدیگر تحلیل کند، مردم نسبت به دولت، اعضاء دولت نسبت به یکدیگر، وزارت نیرو نسبت به جهاد کشاورزی یک جوری ذهنیت دارد، جهاد کشاورزی به‌طور متقابل، وزارت صنعت یک جور دیگر. این تعارض‌ها را امروز آشکار می‌توانید ببینید و خود آب‌بران نسبت به یکدیگر، کارخانه نسبت به کشاورز، کشاورز نسبت به آب شرب و در دل اینها مقولاتی نظیر اعتماد و سرمایه اجتماعی.

(۳) نظام حقوقی حاکم بر روابط میان ذی‌نفعان در زمینه آب: یک چیزی باید روابط میان ذی‌نفعان را تنظیم کند. شما نمی‌توانید از کشاورز انتظار داشته باشید آب را در دشت صرفه‌جویی کند و آب بماند در آبخوان و بعد شرکت آب و فاضلاب تند و تند مجوز بدهد و چاه بزند و بدون اجازه آن‌ها آبشان را از آبخوان استخراج کرده و ببرد داخل شهر و صرف آب شرب بکند. باید یک مکانیسم حقوقی میان روابط بین این‌ها حاکم باشد. ما هنوز این موضوع را نه درست تحلیل و نه درباره‌اش بحث کرده‌ایم.

(۴) تقسیم قدرت میان ذی‌نفعان و سهم هر یک بر سرنوشت آب: قدرتی که درباره آب تصمیم می‌گیرد بین دولت، مردم، کشاورز، شهروند، کارخانه‌دار و همه آب‌بران، حق آب‌دار و سهم آب‌دار توزیع شده است. در این موارد تاکنون تحلیل قدرت نشده و وقتی می‌گوئیم امور اجتماعی، منظور یک تحلیل قدرت هم هست.

(۵) تأثیر این تقسیم قدرت بر جهت‌گیری و کنش ذی‌نفعان نسبت به یکدیگر: این قدرت‌ها در تصمیم‌گیری‌ها تأثیر می‌گذارند. این روابط قدرت نابرابر را می‌توانید در سیستم سیاسی ما ببینید و تأثیرش را بر حوزه آب. من و آقای دکتر سجادی‌فر به‌عنوان دو تا نماد، من از جامعه‌شناسی و ایشان از اقتصاد، هنوز یک تحلیل اقتصاد سیاسی نکردیم از این‌که این روابط چگونه تأثیر می‌گذارند. تحلیل منافع هر یک از ذی‌نفعان اعم از دولت‌ها، سمن‌ها، پیمانکاران و شرکت‌ها از

دیدگاه اقتصاد سیاسی باید انجام شود. من با یک مثال خاتمه می‌دهم. یکی از مدیران وزارت نیرو اعلام کرده که یک درصد صرفه‌جویی در شبکه‌های توزیع و کاهش هدررفت آب نیازمند هزارو پانصد میلیارد تومان سرمایه‌گذاری است. معنایش این است که ده درصد کاهش در هدررفت یعنی پانزده هزار میلیارد تومان سرمایه‌گذاری. آیا ما این پول را نداشتیم؟ داشتیم ولی یک اتفاقاتی افتاد که بعضی از پیمانکاران ترجیح دادند این پول‌ها را به جای این‌که در کاهش مصرف صرفه‌جویی کنند آن را فقط برای تامین آب شرب یک شهر و انتقال آب کنند از نقطه x به y ، مثلاً از دریای عمان به مشهد، ولی این پول‌ها نیاید در کاهش هدررفت. از ما اجتماعی‌ها بخواهید که مجموع این‌ها را تحلیل کنیم.

* **دکتر زهرایی:** از آقای مهندس سیدزاده دعوت می‌شود در مورد بحث‌های فنی مدیریت مصرف توضیح بفرمایند.

- **مهندس سیدزاده:** بسم الله الرحمن الرحيم. عزیزان در دسته‌بندی‌های مختلف توضیحات لازم را خواهند داد. آقای دکتر فاضلی بحث اجتماعی را مطرح کردند. من خیلی مختصر اقدامات فنی و مهندسی که می‌شود در حوزه مدیریت مصرف انجام داد که منجر شود به مدیریت بهینه مصرف آب را خدمت عزیزان عرض می‌کنم. این اقدامات فنی و مهندسی را می‌شود به چند قسمت تقسیم‌بندی کرد. یک بخشی از آن مربوط می‌شود به تکنولوژی‌های ساخت تجهیزات کاهنده مصرف و کلاً آن تجهیزاتی که باعث خواهد شد لوازم آب‌بر و آب‌پخش‌ها کم مصرف بکنند. آب‌برها به چه لوازمی گفته می‌شود؟ لوازمی هستند که بابت روند کاری خودشان آب مصرف خواهند کرد، مثل کولرهای آبی، ماشین‌های لباسشویی، ماشین‌های ظرف‌شویی. آب‌پخش‌ها قطعاتی هستند در شیرآلات که آب را پخش می‌کنند بابت مصرف.

در بخش تجهیزات کاهنده مصرف که می‌شود آن را زیر مجموعه اقدامات فنی دانست، اقدامات متعددی می‌توان انجام داد که در بحث ظرفیت‌سازی در داخل کشور به منظور ارتقای این تولیدات داخلی است. طی سال‌های گذشته با این نگاه که مدیریت تقاضا در اولویت بوده آن‌ها هم به نوبه خودشان رشد کردند، هر چند این رشد متناسب با رشد جهانی نبوده ولی در این زمینه باید اقدامات متعددی انجام شود. واحدهای R&D این شرکت‌های تولیدکننده باید فعال شوند و بروند به سمت بومی کردن محصولات خارجی و آن تجهیزاتی که

کمترین میزان مصرف را دارند و این‌ها را روانه بازار کنند. در بخش تجهیزات کاهنده مصرف که جزء بخش‌های فنی هست اقدامات قانونی هم می‌شود انجام داد. این اقدامات انجام شده و مستحضر هستید برای اولین بار در کشور ایران در سال ۱۳۹۶ قانون توسعه و بهینه‌سازی مصرف آب شرب، در مجلس شورای اسلامی تصویب شد که یک نقطه عطفی است. اگرچه که این قانون یک سری مواردی را دارد و آن منطبق بر خواسته‌های صد در صد صنعت آب و فاضلاب نبود ولی در این قانون وزارت صنایع ملزم شده که جلوگیری کند از ورود تجهیزات آب‌بر و آب‌پخش پرمصرف. تولیدکننده داخلی ملزم شده که پس از تدوین برچسب آب، آن را بر روی این تجهیزات نصب کند که مصرف‌کننده متوجه میزان مصرف خودش بشود. بندهای متعددی دارد این قانون که انشاءالله بیشتر در جلسات تخصصی بحث خواهد شد. ولی در خصوص تجهیزات اشاره‌های مستقیمی به این موضوع شده است. بخشی از اقدامات فنی که انجام خواهد شد در یک بستر قانونی، نظارتی است که توسط سازمان نظام مهندسی بر تاسیسات داخلی آب و فاضلاب امکان انجام خواهد شد. تفاهم‌نامه‌ای داشتیم بین وزارت نیرو و سازمان نظام مهندسی. خوشبختانه در این تفاهم‌نامه به‌صورت قانون درآمد و الزام شد که شرکت‌های آب و فاضلاب زمانی انشعاب آب را واگذار خواهند کرد که تأییدیه مهندس ناظر مبنی بر رعایت اصول مدیریت بهینه مصرف در داخل ساختمان صادر شده باشد. همکار محترم من آقای مهندس یونسو به‌عنوان محور این کار، مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان را منطبق بر الزامات مدیریت مصرف ارتقا دادند. پس بخشی از این بحث اقدامات در بستر قانونی است که به‌وسیله نظام مهندسی انجام خواهد شد. بخشی از اقدامات فنی و مهندسی که مرتبط با مدیریت مصرف و وجه اشتراک فعالیت‌های مدیریت شبکه و مدیریت مصرف است، مدیریت فشار در شبکه‌های توزیع است. به‌دلیل این‌که ما با کنترل و کاهش فشار هم هدررفت را کم خواهیم کرد، هم مصارف وابسته به فشار را می‌توانیم کم کنیم. پس بخشی از این اقدامات فنی مرتبط با مدیریت مصرف، اقدامات متعددی هست که در شبکه انجام می‌شود. مدیریت هوشمند شبکه‌های توزیع با هدف کنترل پارامترهای هیدرولیکی یکی از اهداف آن مدیریت فشار است. این مدیریت فشار هم هدررفت واقعی را در شبکه‌ها کم خواهد کرد و هم در شهرهایی که به‌دلیل اختلاف ارتفاع بالا، میزان فشار از متوسط استاندارد بالاتر است،

آن مصارف وابسته به فشار کم خواهد شد. بازچرخانی آب خاکستری و پساب و جداسازی آبیاری فضای سبز از آب شرب از دیگر اقدامات شاخصی است که می‌شود به‌عنوان فعالیت‌های فنی و مهندسی در حوزه مدیریت مصرف انجام داد.

*** دکتر زهرایی:** در خدمت آقای مهندس یونسو هستیم با تجربیات خوبی که در پایلوت‌های استان تهران داشتند.

- مهندس یونسو: به نام خدا، من در ابتدا، سختم بحث تعریف مدیریت مصرف است. مدیریت مصرف به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که برای کاهش پیک یا در واقع کاهش سرانه مصرف به‌منظور لغو یا به تعویق انداختن نیاز به افزایش و گسترش انجام می‌شود. در نگاه اول شاید تصور شود مدیریت مصرف، مشکل مشترک و مصرف‌کننده است و نه شرکت آب و فاضلاب. ولی زمانی که ما بحث توسعه تاسیسات را داریم این جزء دغدغه‌های ما هم می‌شود و در واقع منفعتش را ما هم می‌بریم. ما برای این‌که بحث مدیریت مصرف را داشته باشیم باید سه تا اقدام را هم‌زمان به‌صورت موازی انجام دهیم، بحث اقدامات فرهنگی، تعرفه و فنی یعنی ابزار کاهنده. این سه تا باید به‌صورت موازی انجام شود و هیچ‌یک بر دیگری اولویت ندارد. ما شاید جایی بیاییم و در واقع از ابزار کاهنده استفاده کنیم ولی چون بحث تعرفه و فرهنگ‌سازی را انجام ندادیم، چرا مشترک باید این ابزار را ترجیح دهد؟ ممکن است بدون این‌که از این ابزار استفاده کند آن‌ها را باز کرده و دور بیندازد. در واقع قیمت آب کشش‌پذیری ندارد. ما باید به سمتی برویم که قیمت آب به‌قدری بالا برود که کشش‌پذیری داشته باشد. یعنی تغییر قیمت تغییری در میزان مصرف ایجاد کند. در واقع قیمت مرزی در بحث آب بسیار بالا است. ما تمام منابع آب متعارفی را که داریم آوردیم و استفاده کردیم. در واقع منابع

متعارف دیگری در کشور نداریم و باید به‌سمت منابع متعارف مخاطره‌آمیز مرزی و بین حوزه‌ای برویم و یا منابع غیرمتعارف که می‌تواند آب خاکستری، شیرین کردن آب شور و تغذیه منابع زیرزمینی باشد که این‌ها بسیار هزینه‌بر است. ما مجبوریم در واقع این سه تا را همدردی و فرهنگی و تعرفه و ابزار است به‌طور هم‌زمان استفاده کنیم. در بحث ابزار کاهنده مصرف ما باز به نوعی در واقع در کشور به اشتباه رفتیم، چون ما آنقدر پول نداریم که بیایم تمام شیرآلات را عوض کنیم، چون بسیار هزینه بالایی دارد. ما به‌جای تعویض شیرآلات، به‌جای تعویض فلاش تانک، به‌جای تعویض شیر الکترونیکی، ما باید سراغ آن تجهیزاتی برویم که بتواند مصرف را کاهش بدهد. ما می‌توانیم با نصب فقط رگلاتور و پرلاتور که میزان خروجی را محدود کند با هزینه کمتر از ۱۵ هزار تومان کاهش مصرفی بیش از ۵۰ درصد را در یک مشترک داشته باشیم. ولی متأسفانه ما در عمده موارد رفتیم به‌سمت تعویض شیرآلات که در بعضی موارد اصلاً صرفه‌جویی هم ندارد. فقط نو کردن شیرآلات است. آنقدر هم ما پول نداریم، به ازای هر مشترک نزدیک ۶۰۰ هزار تومان ما باید هزینه کنیم تا شیرآلات را عوض کنیم، در صورتی‌که با کمتر از ۱۵ هزار تومان، اثربخشی بیشتری خواهیم داشت. پس در واقع با استفاده از این تجهیزات می‌توانیم افزایش ظرفیت تأمین را به تعویق انداخته و پیک مصرف را کاهش دهیم. ما تجربیاتی که در تهران داشتیم، در جاهایی که استفاده کردیم اولاً آمدمیم اجزای مصرف را در یک مشترک اعم از خانگی یا غیر خانگی، محاسبه کردیم که چقدر مصرف می‌کند. بعد رفتیم سراغ آن جزئی که بیشترین مقدار را داشت، در حالی‌که بعضی از دوستان می‌روند سراغ شیر الکترونیکی در بخشی که مثلاً در کل مجموعه مصرفی یک خانواده، سهم ۵ تا ۶ درصد مصرف



را دارد که این اگر حذف بشود رقمی نمی‌شود. در صورتی که با نصب یک رگلاتور یا پرلاتور ما می‌توانیم میزان مصرف را بیش از ۷۰ درصد کاهش دهیم. پس ابزارات فنی باید در اولویت قرار گیرد. در کشور ما استانداردها، برچسب آب، تفاهم‌نامه، قوانین و ... وجود دارد، ولی در کشور ما تا زمانی که آب در لوله‌ها جاری هست باید سراغ ابزار برویم. زمانی هم که این آب در لوله‌ها جریان نداشته باشد سراغ هر تجهیزاتی هم برویم در واقع جوابگو نیست.

*** دکتر زهرایی:** خدمت آقای دکتر چاوشیان هستیم تا در مورد تجربیات بین المللی در حوزه مدیریت مصرف مطالب خود را بیان کنند.

- دکتر چاوشیان: بسم الله الرحمن الرحيم. سلام علیکم؛ اگر اجازه بفرمائید علاوه بر بحث تجربیات بین المللی که در بحث افتتاحیه هم ارائه شد یکی دو مورد دیگر هم خدمتتان عرض کنم. اولاً مطالعه‌ای که ما انجام دادیم روی مکانیزم توزیع آب شرب به‌ویژه آب شرب در سطح بین الملل، یک مکانیزمی به اسم رگولاتور (تنظیم‌کننده) را متأسفانه ما در ایران نداریم. به‌طور مثال ما شرکت‌های مخابرات شامل اپراتورهای همراه اول، ایرانسل و بقیه را داریم، از طرف دیگر مصرف‌کننده یا مشترکی را داریم که از تلفن همراه استفاده می‌کند. یک سازمان تنظیمات مقررات رادیویی هم داریم که این در واقع نقش رگولاتور را بازی می‌کند. در خیلی از کشورهای دنیا عملاً یک نهاد تنظیم‌کننده مقررات رابطه بین تأمین‌کننده منابع و مصرف‌کننده را به اصطلاح برقرار می‌کند. ما متأسفانه این نقش رگولاتوری را به‌عهده تأمین‌کننده گذاشتیم. وزارت نیرو هم نقش تأمین و توزیع را بازی می‌کند و هم نقش تنظیم مقررات را. حالا یکی از جنبه‌های مدیریت مصرف می‌تواند برگردد به این که وظیفه تأمین‌کننده منبع و توزیع‌کننده و کسی که واضع مقررات هست و مقررات، قیمت، تعرفه‌ها و سایر موارد را تنظیم می‌کند تفکیک شود. از بحث رگولاتور بگذرم. نکته دوم بحث شهرداری‌ها است. در همین تهران وقتی با همدیگر داریم صحبت می‌کنیم خود شهرداری اعلام می‌کند ۱۳۰ میلیون متر مکعب من برداشت آب زیرزمینی دارم. با مدیرعامل آب منطقه‌ای تهران صحبت می‌کنیم می‌گوید ۲۰۰ میلیون مترمکعب برداشت شهرداری است. این تازه از آب زیرزمینی است. اگر برویم سراغ بحث پساب‌ها، روان آب سطحی و سایر موارد، گاهی اوقات برآورد می‌شود شهرداری

بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلیون فقط برای فضای سبز تهران مصرف می‌کند. یک میلیارد متر مکعب مصرف آب شرب شهر تهران است. یک چیزی حدود ۲۵، ۳۰ تا ۴۰ درصد ممکن است که از این رقم استفاده برای فضای سبز بشود. پس در بحث مدیریت مصرف شهری، موضوع مصرف شهرداری‌ها نقش زیادی دارد. می‌دانم حالا دوستان دارند روی آن کار می‌کنند، تا به کجا برسد. در انتهای عرایض فقط یکی دو تا آمار ارائه می‌کنم تا ببینیم چقدر کارمان سخت است. ما در کشور ۹ میلیون بی‌سواد مطلق داریم که تمام این چیزهایی که شما در کانال‌های تلگرام و اینستاگرام و روزنامه و بیلبوردها می‌زنید اصلاً نمی‌توانند بخوانند. ۱۱ میلیون هم کم‌سواد داریم. یعنی سرجمع بی‌سواد مطلق و کم‌سوادم، ۲۰ میلیون یا یک چهارم جمعیت کشورمان می‌شود. ۸۰ درصد این بی‌سواده‌ها و کم‌سواده‌ها در بخش کشاورزی هستند که ما ۹۰ درصد مصرف آبمان کمابیش در آن قسمت انجام می‌شود و از این ۸۰ درصد، ۳۵ درصد بی‌سواد مطلق هستند. این فقط برای این که ببینیم چه چالش بزرگی خواهیم داشت برای مدیریت مصرف و برسیم به این که پیام را به مخاطب به آن سادگی به قول فرمایش آقای دکتر فاضلی که یک دوتا کلیپ و تیزر بسازیم و خیلی زیر پوستی بتوانیم پیام را منتقل بکنیم نیست.

*** دکتر زهرایی:** خیلی متشکرم. در خدمت آقای دکتر کرمی هستیم از سازمان نظام مهندسی. لطفاً در مورد برنامه‌های سازمان در حوزه مدیریت مصرف در ساختمان‌ها توضیح بدهید.

- دکتر کرمی: بسم الله الرحمن الرحيم. من عرایض را در مبحث مدیریت مصرف و کاهش مصرف آب در مبدأ ارائه می‌دهم. ما نباید این نکته را فراموش کنیم که تمام طرح‌ها و برنامه‌هایی که آقای دکتر فرمودند در بخش شبکه‌های توزیع است اما ما در نهایت برمی‌گردیم به آن نقطه مبدائی که آب را مصرف می‌کند، فاضلاب تولید می‌کند، بحث آب خاکستری و استفاده دوباره از آب در آن مطرح است. این نقطه به داخل املاک مردم برمی‌گردد، جایی که قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان وظیفه نظارت و بالا بردن کیفیت خدمات مهندسی را بر عهده سازمان‌های نظام مهندسی گذاشته است. ما نباید این نکته را فراموش کنیم که وقتی بتوانیم از قسمت مبدأ کنترل‌مان را انجام دهیم خیلی از بحث‌های اقتصادی و مالی و بحث‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار خواهد داد. من عرایض را در ۳ قسمت خلاصه می‌کنم. یک قسمتی که ما در نظام

مهندسی در گذشته داشتیم، یک قسمت حال و یک برنامه‌هایی که برای توسعه در استان تهران و نظام مهندسی کشور داریم. در گذشته تفاهم‌نامه‌ای در سال ۱۳۸۶ بین وزرای محترم نیرو و مسکن و شهرسازی و رئیس نظام مهندسی کشور امضاء شده بود که در رابطه با پیاده‌سازی طرح‌های مدیریت مصرف آب و الزامات مبحث ۱۶ بود. متأسفانه در شهر تهران که ۶۸٪ ساخت و سازها زیر ۱۵۰۰ متر است شهرداری تهران به استفاده از ناظران تأسیسات (و حالا آبفا هم جزء همین دسته است) تمکین نمی‌کند. این یکی از خلاءهای بزرگ ما است. ما چند روز پیش یک همایشی بودیم که آقای مهندس رجبی که رئیس شورای مرکزی نظام مهندسی هستند می‌گفتند ما همیشه دنبال شخص سوم می‌گردیم. آن شخص سوم موهوم کیست که کار انجام نمی‌دهد؟ خودمان باید این کار را انجام بدهیم. ما مدیرهای جسوری می‌خواهیم که این کارها را انجام بدهند. در شهر تهران این اتفاق افتاد. با ارتباط نزدیکی که در دوره ریاست آقای مهندس بی‌طرف در نظام مهندسی استان تهران در سال گذشته انجام شد و ارتباط نزدیکی که با آبفای استان تهران انجام شد تفاهم‌نامه‌ای در راستای پیاده‌سازی طرح‌های مدیریت مصرف و الزامات مبحث ۱۶ و اجرای مصوبه ۲۴۴ شورای اسلامی شهر منعقد شد. موضوع این تفاهم‌نامه اجرای مبحث ۱۶ مقررات ملی در کلیت ساخت و سازها، اجرای مصوبه ۲۴۴ شورای اسلامی شهر، دستورالعمل رعایت استانداردهای مدیریت مصرف بهینه آب در تأسیسات داخلی ساختمان‌ها و اجرای کلیه دستورالعمل‌ها و رویه‌های ابلاغ شده از طرف شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و وزارت نیرو در خصوص مصرف بهینه آب است. نتیجه این امر در یکسال اخیر این شد که ما ۲۷۳۰ نفر مهندس ناظر تأسیسات مکانیکی را با همکاری آبفای استان تهران آموزش دادیم. برای ساختمان‌های زیر ۱۵۰۰ متر، حدود ۸۰۰۰ هزار کار ارجاع شد. بالای ۶ میلیون متر مربع در یکسال اخیر کار نظارتی انجام شد. استفاده از مصالح استاندارد، تجهیزات کاهنده، مخازن ذخیره آب، لوله‌های استاندارد از همان بندهایی هست که دوستان در خدمات مهندسی انجام دادند. ما دیدیم شهرداری تمکین نمی‌کند، وزارت مسکن بحث تعرفه‌ها را می‌آورد. ما می‌توانستیم بگوییم آن شخص سوم یا شخص موهوم می‌تواند شهرداری یا وزارت مسکن باشد. اگر ما به این رویه قدیم از سال ۱۳۸۶ می‌رفتیم شاید تا ۱۰ سال دیگر این اتفاق نمی‌افتاد، چون بحث

اجرای سازمان نظام مهندسی بود. ولی ما بحث تأسیسات مکانیکی و کلیه خدمات را در حوزه آبفا دیدیم، یعنی می‌گفتیم آبفا و تأسیسات مکانیکی. بحث تعرفه با همکاری شرکت آبفا حل شد که اتفاق خیلی خوبی افتاد. آموزش مهندسان انجام شد. سیستم نرم‌افزاری به‌صورت آنلاین بین تمام حوزه‌های نواحی شهر تهران و دفتر مرکزی و دفاتر نظام مهندسی برقرار شد که مشترکین موقعی که می‌خواهند تشکیل پرونده بدهند و درخواست آب موقت بکنند، به‌طور آنلاین تعهدی از آن‌ها گرفته می‌شود که تغییر تعرفه شما منوط به تایید سازمان نظام مهندسی و مهندسی مکانیک به‌وسیله آبفا خواهد بود. این اتفاق خیلی بزرگی بود که رقم خورد. ما یک خواهشی داریم که این امر به تمام استان‌ها تسری پیدا کند. بعد از تهران در استان گلستان و بوشهر این اقدام انجام شد. خیلی جای خوشبختی است که این اقدام از طرف استان‌های دیگر سریعاً در حال پیگیری است. سازمان نظام مهندسی کشور با بیش از ۱۲۰ هزار عضو، سازمان نظام مهندسی تهران با بیش از ۱۲۰ هزار عضو و بیش از ۸۰۰۰ هزار مهندس مکانیک فعال می‌تواند بزرگترین بازوی اجرایی برای شرکت‌های آب و فاضلاب باشد. من فکر نمی‌کنم NGO ای در خاورمیانه یا در آسیا با این حجم مهندس باشد و این همه قانون. ما قانون کم نداریم. ما به‌اندازه کافی قانون داریم. اجرای قانون مشکل اساسی ما است. برای طرح‌های توسعه ما و در پیش‌بینی یک سال تا ۳ سال آینده، دیروز مصوبه هیئت رئیسه ما صادر شد که کمیته آبی متشکل از آبفای استان تهران، مسکن و شهرسازی، نماینده مستقیم ریاست سازمان و گروه تخصصی مکانیک ایجاد شود و بحث توسعه تفاهم‌نامه، بحث آب خاکستری در ساختمان‌های بالای ۵۰۰۰ متر انشاءالله در آینده نزدیک اجباری خواهد شد. یعنی طرح در داخل نقشه‌ها خواهد آمد و مهندس ناظر ملزم به اجرای آن خواهد شد. البته این تبعاتی هم به تبع برای مدیریت ما خواهد داشت ولی این اتفاق باید بیفتد. من عرایضم را در چند ثانیه خلاصه کنم. بحث آب خاکستری است، بحث ارتباط مؤثر بین تولیدکنندگان، مهندسان و ارتقای دانش فنی مهندسان و آموزش مهندسان با تکنولوژی روز است که ما در حال انجام آن هستیم و دوره غیر اجباری برای مهندسان گذاشتیم. بحث کنفرانس ملی و بین‌المللی هست که در این زمینه تدارک دیده شده کنفرانس دوم در سال آینده با تمرکز روی بحث انرژی و آب برگزار خواهد شد.

*** دکتر زهرایی:** خیلی متشکرم. آقای دکتر سجادی فر لطف کنند در مورد بحث قیمت و ابزارهای اقتصادی که در حوزه مدیریت مصرف اصلاً تعرفه چقدر اثر بخش است اظهارنظر فرمایند. چون خیلی وقت‌ها در بحث مدیریت مصرف همیشه تعرفه ایراد دارد و نمی‌شود کاری کرد.

- **دکتر سجادی‌فر:** بسم الله الرحمن الرحيم. عرض سلام و ادب دارم خدمت تمامی حضار گرامی. من بحث‌هایم را با گزارش بانک جهانی شروع می‌کنم که گزارشش به‌عنوان تولید نفت‌محور شناخته شده و همچنین آقای دکتر نیلی مشاور و دستیار ویژه ریاست جمهوری ابرچالش‌های اقتصاد ایران را برشمردند. اولین ابرچالشی که ما داریم این است که رشد اقتصادی ما ناپایدار است و دومین ابرچالش، بیکاری بسیار گسترده‌ای است که وجود دارد. سومین مورد، مشکلات نظام بانکی، چهارمین مورد مشکلات صندوق‌های تأمین اجتماعی، پنجمین ابرچالش، مشکلات محیط‌زیست و به عنوان ششمین مورد می‌توانیم به مشکل بحران مدیریت منابع آب یا به‌طور کلی بحران آب اشاره کنیم.

آب به‌عنوان یک عنصر اساسی توسعه پایدار می‌تواند نقش بسیار کلیدی را بازی کند و یک بحران چند وجهی است. این بحران چند وجهی در آینده نه چندان دور، منشأ تحولات مثبت و منفی بسیاری خواهد بود. به‌نظر من بحران آب می‌تواند کل ساختار جامعه ایران و حتی منطقه را دچار تغییر و جابجایی کند. موضوع آوارگان زیست‌محیطی بحث جدیدی است که ما باید به آن توجه کنیم. در سطح کشور مشاهده می‌کنیم که جمعیت زیادی به‌دلیل کم‌آبی مجبور به مهاجرت شده‌اند. در این بحث‌ها همان‌طور که آقای مهندس پاکروح و آقای دکتر چاوشیان هم در اسلایدهایشان ارائه کردند، عوامل مهم و مؤثری بر تقاضای آب (چه بخش خانگی چه بخش کشاورزی) تأثیر گذار است. اولین و مهم‌ترین عاملی که وجود دارد قیمت آب است. دومی درآمد خانوارها، سومی متغیرهای جوی نظیر دما، بارندگی، چهارمی استفاده از تکنولوژی‌های نوین و نهایتاً مدیریت اجتماعی یا بحث‌های جامعه‌شناسی و فرهنگی است. من می‌خواهم روی بحث خود قیمت تمرکز کنم و نظر خودم را خیلی شفاف در این زمینه خدمت شما عرض کنم. یک عدم تعادلی که بین عرضه و تقاضای آب وجود دارد این است که قیمت‌های آب سیگنال‌دهی مناسبی ندارند که در اسلایدهای آقای دکتر چاوشیان شما به‌وضوح آن را مشاهده کردید. یعنی

این‌که قیمت‌های آب بسیار پایین است و یک کالای رایگان و ارزان درنظر گرفته شده است. علتش هم این است که ما متأسفانه اقتصاد ایران و به‌ویژه اقتصاد آب سیریف قهرمان هستیم، سیزیف محکوم شد تا تخته سنگی را به دوش گرفته و تا قله یک کوه حمل کند، اما همین که به قله می‌رسد، سنگ به پایین می‌گلتد و سیزیف باید دوباره این کار را انجام دهد. اقتصاد ایران و اقتصاد آب دچار این شده و این مشکل پایین بودن تعرفه‌ها و به‌نظر من مدت مدیدی ادامه خواهد داشت، چرا؟ چون همیشه در مقابل مباحث برابری و یا انصاف و عدالت، ما آمدم کارایی را فدا کردیم. در ادامه من به آن می‌پردازم.

دومین بحث که ما داریم قیمت‌گذاری در سیستم آب و فاضلاب ایران براساس اصول حسابداری است و اصول قیمت‌گذاری اقتصادی به شدت مغفول مانده است. متأسفانه این قیمت‌گذاری هم که براساس قیمت متوسط انجام می‌شود، این قیمت متوسط خیلی پایین است. قیمت‌هایی که ما از مصرف‌کننده می‌گیریم بسیار پایین‌تر از قیمت حسابداری است که به‌طور کلی اقتصاددان‌ها هم اصلاً اعتقادی به قیمت‌های حسابداری ندارند که بعداً من به اصولی که باید در قیمت‌گذاری لحاظ شود می‌پردازم. فقط من توجه شما را به این نکته جلب می‌کنم که در ۸ سال گذشته چیزی در حدود ۲۰٪ میزان بارندگی ایران کاهش پیدا کرده و از طرف دیگر تقاضای آب شهری ۱۶ درصد افزایش پیدا کرده است. اگر ما بخواهیم یک تحلیل ساده از تأمین و تقاضا داشته باشیم باید قیمت افزایش پیدا کند. اما تحلیلی که من انجام دادم شاخص قیمت آب را از ابتدای انقلاب و با شاخص تورم مقایسه کردم همواره قیمت واقعی آب نزولی بوده است. یعنی قیمت آب و فاضلاب شهری نه تنها هیچ‌گاه افزایش پیدا نکرده بلکه روند کاهشی داشته، چرا؟ چون هرگاه قیمت کالایی از متوسط شاخص قیمتی مصرف‌کننده کمتر باشد آن کالا نزولی است. این بزرگترین عامل بحران‌ساز است که اتفاق افتاده است. حالا من یک حقایقی را هم ارائه می‌کنم. الان قیمت فروش آب ما ۴۶۱ تومان است، قیمت تمام شده ما ۹۰۰ تومان است، یعنی به‌طور عمومی در سال ۱۳۹۵، ۵۰٪ قیمت تمام شده را از مردم گرفتیم. همین‌جا اگر به کشورهای دیگر نگاه کنیم، کره ۶۷٪، فرانسه ۷۳٪، آلمان ۸۳٪، دانمارک ۸۹٪ و انگلستان ۹۲٪ است. همان‌طور که می‌دانید این‌ها کشورهای پربهای هستند چطور است که قیمت‌هاشون از ما بالاتر است؟ بهای آب شرب را من در چندتا از کشورها خدمت شما می‌گویم. نروژ

۵ دلار، دانمارک ۴ دلار، ایران ۰/۱ دلار و به قول آقای دکتر چاوشیان حول (۰/۰۷) که نشان‌دهنده قیمت خیلی پایین آب است. سهم آب در سبد هزینه خانوار براساس گزارشات مرکز آمار ۰/۶ درصد است در صورتی که این برای دخانیات ۰/۴ است. یعنی پول سیگار و قلیونی که مردم می‌دهند تقریباً با پول آب برابر است. سهم برق در سبد خانوار ۱/۳، گاز ۱/۹، تلفن و ارتباطات و فکس و اینترنت ۲/۳ است. چرا نگاه ما به آب که یک کالای بسیار با ارزش است باید این‌قدر سخیف بوده و قیمت‌گذاری پایین داشته باشیم. در دنیا می‌توانیم سهم آب را در سبد خانوار نگاه کنیم، آلمان ۲٪، انگلیس ۳٪، فرانسه ۴٪ و یونان ۵٪. ما باید بپذیریم که این انحراف قیمت‌های آب از مقادیر تعادلیش دارای اثرات بسیار فاجعه‌انگیزی است. اولین موردی که می‌توانیم اشاره کنیم ایجاد عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب است. دوم ایجاد عدم تعادل بین درآمدها و هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب است. کاهش قیمت واقعی آب است. پایین بودن سهم آب در سبد هزینه خانوار، افزایش فزاینده و پر شتاب تقاضا است. کاهش فناوری تولید است. کاهش سرمایه‌گذاری در بخش آب و عدم رشد بهره‌وری در بخش آب می‌تواند متناسب با سایر بخش‌ها باشد.

*** خانم دکتر زهرایی:** خیلی ممنون، استفاده کردیم. من یک نکته کوچک هم خودم عرض می‌کنم درباره آموزش و بعد سؤالات حضار را مطرح می‌کنیم. مطلبی را که من در حوزه آموزش می‌خواستم خدمتان عرض کنم بحث سواد آبی است. ببینید شما در مورد آمار بی‌سوادی و کم‌سوادی فرمودند آقای دکتر چاوشیان، یک آیم‌ی در ادبیات فنی مدیریت مصرف آب است تحت عنوان سواد آبی که چقدر یک فرد یا در چه شرایطی شما می‌توانید بگویید یک فرد باسواد است از نظر

آب؟ چیزی که در متون فنی روی آن تأکید شده این است که یک فرد شهرنشین برای این که از نظر آبی باسواد در نظر گرفته بشود و بی‌سواد نباشد از نظر آبی باید بداند که آبی که از شیر ظرف‌شویش خارج می‌شود از کجا آمده؟ چه‌جوری تأمین شده؟ وقتی که از سینک ظرف‌شویی می‌رود پایین کجا می‌رود و چه هزینه‌ها و چه مشکلاتی ممکن است ایجاد بکند. فردی که این را نمی‌داند از نظر آبی در یک جامعه شهری بی‌سواد محسوب می‌شود. من این را بارها آزمایش کردم و هر ترم هم از دانشجویها سؤال می‌کنم و می‌شود گفت که تقریباً بالای ۹۰ درصدی که من مورد پرسش قرار دادم از این نظر بی‌سواد محسوب می‌شوند. ببینید شما نمی‌توانید کسی را که حداقل اطلاعات در مورد سیستم تأمین آب خودش و این که آبی که مصرف می‌کند و آلوده می‌کند کجا می‌رود؟ چه بلایی سرش می‌آید؟ را ندارد. این را شما نمی‌توانید برای صرفه‌جویی و مصرف توجیه کنید. ما ممکن است با قیمت بتوانیم افراد را مجبور کنیم ولی اگر بخواهیم این کار را بکنیم باید قیمت را خیلی بالا ببریم تا آن اثر را روی میزان مصرف بگذارد. حالا دوستان، تخصصی‌تر احتمالاً نظر می‌دهند، ولی من فکر می‌کنم که ما در حوزه آگاه‌سازی عموم جامعه و به‌خصوص مردم شهرنشین در حوزه آب و اطلاعات پایه‌ای که باید همه مردم داشته باشند، خیلی ضعیف عمل کردیم.

*** سوال یکی از حضار:** بسم الله الرحمن الرحيم. در خصوص نحوه کنترل مصرف، اصلاً به دستگاه‌های اندازه‌گیری اشاره نشد در حالی که کیفیت دستگاه‌های اندازه‌گیری مهم است و واقعا جا دارد خود صنعت آب و فاضلاب در خصوص دستگاه‌های اندازه‌گیری یک فکری بکند، ممنونم.

- **مهندس سیدزاده:** با توجه به سؤالی که فرمودید من این



نکته را عرض بکنم با توجه به تقسیم بندی‌ای که ما داریم عزیزان مستحضر هستند بحث خطای کنتورها چه در بخش خانگی چه کنتورهای حجیم در زیر مجموعه هدررفت ظاهری است. چون نشست تخصصی ویژه هدررفت ظاهری داریم برای همین اینجا عرض نشد، ولی نکته مهم و قابل توجهی است در کنار اقداماتی که باید انجام دهیم برای بهینه‌سازی مصرف آب. باید بتوانیم آب را به‌نحو صحیح اندازه‌گیری کنیم، چه در بخش تولید و منابع چه در بخش مصرف. کنتورهای خانگی ما به دلایل متعدد می‌توانند دچار خطاهایی بشوند. این دلایل می‌تواند مربوط به مکانیزم ساخت، مکانیزم ابزار دقیقی که در آن به کار رفته، خدماتی که بعد از فروش مرتبط است. انشاءالله سعی مجموعه صنعت آب و فاضلاب کشور بر این است که این تولیدات روزبه‌روز ارتقا پیدا کنند. اگرچه در دوران تحریم مشکلاتی متوجه کشور شده و نتوانستیم به آن‌نحو شایسته در این زمینه با آن تکنولوژی پیشرفته منطبق شویم. ولی باز در زمینه تولیدات داخلی رشدهایی داشتیم. این موضوع که فرمودید موضوع بسیار مهمی است چون تا زمانی که نتوانیم میزان آب را به درستی اندازه‌گیری کنیم نمی‌توانیم آن را مدیریت بکنیم.

*** دکتر زهرایی:** یکی از حضار پرسیدند که افرادی که در این همایش حضور دارند نقشی در تعیین تغییر تعرفه ندارند. چه اقدامی صورت پذیرفته تا قانون‌گذار مطالب و چالش‌های تعرفه‌ای آب را درک کند؟

- **دکتر فاضلی:** من این را ارجاع می‌دهم به همان اقتصاد سیاسی آب و از سؤالی که از آقای مهندس سیدزاده پرسیدند. ایشان نتیجه تحقیقی را گفتند که من الان مفروضه را می‌گذارم بر صحت این تحقیق. همکارشان آقای مهندس یونسلو گفتند که ما برآورد کردیم که اگر هر خانوار ۱۵ هزار تومان صرف هزینه یک رگولاتور کند این باعث بین حالا یک بار گفتند ۵۰ درصد، یک بار ۷۰ درصد، دوستانمون گفتند که بین ۳۰ تا ۵۰ درصد. من همانجا این را ضربدر ۳۰ میلیون مشترک کردم، شد ۴۵۰ میلیارد تومان هزینه. من فرضم را می‌گذارم بر صحت این که ما با ۴۵۰ میلیارد تومان هزینه می‌توانیم بین ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش مصرف آب شهری داشته باشیم. اصلاً ادعایم را پایین‌تر می‌آورم و ۲۰ تا ۳۰ درصد را می‌کنم ۱۰ درصد. اگر این تحقیق درست باشد این سوال پیش می‌آید که چرا در این کشور ما حاضر نیستیم ۴۵۰ میلیارد تومان هزینه

کنیم؟ چون ایشان گفتند تخصیص ما در مدیریت مصرف در سال گذشته صفر بوده یعنی هیچ پولی به مدیریت مصرف داده نشده است. چرا ما حاضر نیستیم ۴۵۰ میلیارد تومان برای ۱۰ درصد، ۵ درصد، شما بگو ۲ درصد هزینه کنیم، اما حاضریم در نظام بودجه‌ای برای اقداماتی که بی‌اثر بودند و بی‌معنا بودنشان سالیان سال است اثبات شده و هیچ چشم‌اندازی برای پایداری ندارد، هزاران میلیارد تومان هزینه کنیم. من این سوالی که در اصل پرسیدند که چرا سیاست‌گذار چشم‌اندازی از تعرفه‌ها ندارد و درک نمی‌کند، در حقیقت این مربوط به درک و فهم نیست. همه این‌هایی که آقای دکتر سجادی فر گفتند به سیاست‌گذاران توضیح بدهید، همه آن‌ها با شما موافقت می‌کنند. ولی ساختار توزیع منافع در نظام بودجه‌ریزی کشور به گونه‌ای است که مانع از تخصیص اعتبارات به حوزه مدیریت مصرف می‌شود، چون یک عده‌ای هستند که حوزه مدیریت تأمین را بلد هستند و آن مدیریت تأمین برای خودش پیمانکار مشخص دارد. من جمله‌ام را تمام می‌کنم با این که یک جامعه شناس آلمانی هست به نام ماکس وبر، ۱۰۰ سال پیش ۱۱۰ سال پیش می‌گوید بودجه در کتاب اقتصاد و جامعه‌اش، نهایت عقلانیت یک نظام است، یعنی همه تجلیات عقلانی یک کشور در بودجه‌اش بروز می‌کند. ساختار بودجه‌ریزی ما به دلیل اقتصاد سیاسی منافع مجموعه شرکت‌ها، سیاست‌مدارها و این‌ها سبب می‌شود که در اصل تعرفه‌ها نه این که درک نشوند، درک می‌شوند با ساختار منافع. حالا این منافع گاه اقتصادی است گاه سیاسی. من به مجموعه‌ای از اطلاعات بودجه‌ای نگاه می‌کنم می‌بینم که آقای دکتر سجادی فر می‌فرمایند که سهم هزینه دخیانیات مردم ۰/۴ درصد است، تلفن‌شان ۲/۳ درصد است و سهم آب‌شان ۰/۶ درصد. سوال: در این کشور برای هر نخ سیگار عوارضی وضع می‌شود برای نهادهای خاص، اما برای هر نخ سیگار عوارضی وضع نمی‌شود که به فرض صحت آن پژوهش، ۴۵۰ میلیارد تومان پول رگولاتور دوستان را بتوانند تنظیم کنند و بعد تخصیص‌شان صفر است. معنای این حرف این است که درک بودجه، یک تحلیل اقتصادی سیاسی بسیار قدرتمندی است که توضیح بدهد چه منافع اعم از سیاسی، منافع خرید رای، منافع پیمانکاران، شرکت‌ها، آنهایی که یک کاری بلدند و حاضر نیستند یک کار دیگر یاد بگیرند، این‌ها مانع از این می‌شود که در نظام تعرفه‌ای تحولی رخ بدهد. یعنی خیلی از موضع درک، نگاهش نکنید. گاهی اوقات موضوع چیز دیگری است.

*** دکتر زهرایی:** خیلی ممنون از توضیحات آقای دکتر. اکثر سؤالات از آقای دکتر سجادی فر است.

- **دکتر سجادی فر:** من یک توضیح ارائه بدهم این مثال سبزی را که ارائه کردم دقیقاً این بود که همین چیزی که آقای دکتر فاضلی اشاره کردند اقتصاد سیاسی نمی‌گذارد که این اتفاق بیفتد. من هم امیدوار نیستم که این اتفاق بیفتد. سؤالی که از من پرسیده شده این است که شما چرا آب را با کشورهای اروپایی مقایسه کردید؟ من توضیح بدهم خدمت شما. یکی این که من اول قیمت‌ها را مقایسه کردم. این قیمت‌ها اسمی هستند، یعنی خیلی به ما دید نمی‌دهد که وضعیت چگونه است. دوم آمدم این‌ها را حقیقی کردم، یعنی این که سهم آب در سبد هزینه خانوار را در آوردم. این ربطی به تولید ناخالص سرانه و داخلی ندارد. این نشان‌دهنده اهمیت یک کالا در بودجه سبد خانوار است. الان آقای دکتر گابریل همین‌جا از شرکت سوئز هستند که قرار است برای شما هم ارائه بدهند که شما ببینید تعرفه در فرانسه چگونه است. کارترین تعرفه‌گذاری که ما داریم در فرانسه و کالیفرنیا است که بسیار علمی کار شده و آنجا آماده شده است. ما باید سهم آب در سبد هزینه خانوار را زیاد کنیم و این که چرا انجام نمی‌دهند من دلیلش را نمی‌دانم. واقعا این یک بحث پیچیده‌ای است که آقای دکتر فاضلی و سایر دوستان باید انجام دهند ولی من خیلی هم امیدوار نیستم که این اتفاق بیفتد. دومین سؤالی که از من پرسیدند، اولویت اول من اصلاح قیمت‌ها است. به قول آقای پروفیسور گرینفر، اقتصاددان‌ها یک چکش دارند و یک میخ. فقط مهم این است که ما میخ را باید ببینیم که کجا باید بزنیم، چکش هم دقیقاً بخوره روی میخ. تا زمانی که بعداً من در عرایض اضافه خواهم کرد. بحث آموزش را من اشاره خواهم کرد، بحث تنظیم مقررات که آقای دکتر چاوشیان اشاره کردند من اشاره می‌کنم. تمام دنیا تنظیم مقررات دارند. هر کجا که بازار نتواند کارآمد باشد ما باید نهاد تنظیم مقررات استفاده کنیم. در ایران نهاد تنظیم مقررات وجود ندارد که لازم است در اسرع وقت ایجاد شود. البته محل آن نباید در وزارت نیرو باشد. ممنون.

*** دکتر زهرایی:** خیلی ممنون، آقای مهندس کرمی خدمتتون هستیم.

- **مهندس کرمی:** عزیزان یک سؤالی را مطرح کردند در مورد حق الزحمه مهندسين ناظر، چه مبلغی و به چه صورت است؟ آیا آبفا باید این را تقبل کند یا مالک؟ من خدمتتون عرض کنم

بحث قانون نظام مهندسی کنترل ساختمان و شرح خدمات ارائه شده توسط مهندسين ناظر درصد و هزینه هر یک از گرایش‌ها بستگی به خدماتی که دارند انجام میدهند توسط شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی به استان‌ها برای اجرا ابلاغ می‌شود. این هزینه هم از مالک گرفته می‌شود براساس شرح خدماتی که ناظرین انجام می‌دهند و نه از اداره آب و فاضلاب آن استان. افزایش یا کاهش هزینه بر اساس ۲۵ درصد تعرفه هم با تأیید کمیته ۴ نفره یا ۵ نفره به استان در تهران انجام می‌شود که شامل معاون فنی استاندار، شهردار، نماینده مسکن و شهرسازی، رئیس سازمان نظام مهندسی و شورای مرکزی است که ارگان‌های ذی‌ربط و تصمیم‌گیر در این امر هستند.

*** دکتر زهرایی:** خیلی ممنون. آقای مهندس یونسلو خدمت شما هستیم.

- **مهندس یونسلو:** یکی از دوستان سؤال کردند حیات شرکت‌های آب و فاضلاب وابسته به مصرف آب بیشتر است. فقط این‌ها سعی می‌کنند در زمان‌های پیک در واقع مدیریت مصرف کنند. ببینید این موضوع که می‌گویند اگر ما واقعا به این اعتقاد داشته باشیم که در واقع آب برای ما مترمکعبی هزار تومان درمی‌آید و حدوداً ۴۶۰ تومان می‌فروشیم و حدود ۵۰٪ هزینه را دریافت می‌کنیم، پس ما در واقع هرچه بیشتر بفروشیم بیشتر ضرر می‌کنیم. پس باید به این سمت برویم و بابت این باید ما مدیریت تأمین کنیم. گفتیم ما دیگر هرچه منابع متعارف هست را استفاده کردیم. برای تأمین ۱۰٪ اضافه آب، باید هزینه‌های خیلی بیشتر انجام بدهیم. یعنی دیگر آن موقع هزینه یک مترمکعب برای ما هزار تومان در نخواهد آمد. ما باید درک عمیقی از منافع جمعی در واقع توسط احاد جامعه ایجاد کنیم و در سیستم آب و فاضلاب هم همین‌طور که به سمت بهینه‌سازی و مدیریت مصرف برویم. یکی از دوستان سؤال کردند بحث رگلاتور آیا بهتر از شیر است؟ بله ما واقعا در خیلی از نقاط مصرفی که داریم در مجموعه، واقعا به آن قدر آب نیاز نداریم. در بحث روشویی، در بحث حمام، که مثلاً به‌عنوان مثال ۲۰ لیتر خروجی هر دقیقه‌اش است، ما با ۶ لیتر هم می‌توانیم همان نیاز را برطرف کنیم. یا به‌عنوان مثال ما روشویی‌هایی داریم که هر دقیقه‌اش ۱۲ لیتر است با نصب رگولاتور. الان در دنیا در جاهایی که کم آب هستند، حتی در جاهایی که پر آب هستند مثل آلمان، این الزام است. یعنی شیری بدون رگلاتور

و پرتاتور به بازار ارائه نمی‌شود. ما واقعا برای بحث روشویی نیاز به ۱۲ لیتر نداریم می‌توانیم با ۱ لیتر هم این نیاز را برطرف کنیم. پس باید ما در بحث کلیه شیرآلاتی که وارد می‌شوند و شیرآلاتی که تولید می‌شوند این هماهنگی را انجام بدهیم تا شیری بدون رگلاتور و پرتاتور به بازار عرضه نشود. این باعث می‌شود در آن نقطه‌ای که مصرف از طریق شیر هست بیش از ۸۰٪ صرفه‌جویی داشته باشیم.

*** دکتر زهرایی:** خیلی متشکرم. آقای مهندس سیدزاده بفرمایید.

- مهندس سیدزاده: چند تا سؤال را به من دادند که البته بعضی از این سؤال‌ها، سؤال خود ما هم هست. حالا من مشخصاً تعدادی را پاسخ خواهم داد. پرسیدند که اگر می‌خواهیم در بخش هدررفت موقعیت خودمان را بدانیم باید حامل‌های تولید باقی باشند. چرا شرکت مهندسی در این مورد هزینه نمی‌کند؟ من یک نکته را توضیح بدهم. در این زمینه خود شما باید هزینه کنید، شرکت‌های آب و فاضلاب باید هزینه کنند. شرکت مهندسی بسترسازی می‌کند، شرایط را فراهم می‌کند و آن تلاش‌های قانونی خودش را در راستای وظایف ستادی خود را انجام می‌دهد. اولویت هزینه‌کرد اقدامات مرتبط با کاهش آب بدون درآمد در تمام سنوات گذشته در مرحله اول کنتوردار کردن منابع تولید بوده است. شرکت مهندسی به‌عنوان یک بازوی دولتی که نمی‌تواند تمام اعتبارات کنتوردار کردن منابع تولید را تأمین کند، آن‌هم از محل درآمدهای دولتی. قطعاً باید نگرشمان در این سمت واگذاری این‌گونه خدمات به بخش خصوصی در قالب قراردادهای مشخص باشد. قراردادهایی که هدف آن افزایش بهره‌وری شبکه‌های توزیع است. اگر بتوانیم به این سمت هدایت کنیم و این وظیفه را واگذار کنیم به بخش خصوصی و از محل منافع حاصل از این خدمات آن هزینه‌ها پرداخت شود، قطعاً به نتیجه خواهیم رسید. ولی این وظیفه اصلی و اساسی شرکت‌های آب و فاضلاب و اولین گام در راستای کاهش آب بدون درآمد است که مدیران محترمی که در جلسه حضور دارند، رؤسای محترم آب بدون درآمد باید هدایت بکنند مدیران عامل را و این فضا را ایجاد کنند که تا زمانی که منابع ما کنتوردار نشود نمی‌توانیم تحلیل مبتنی بر فرایند مهندسی در شبکه داشته باشیم.

سؤال دیگری داشتند که چرا در خصوص مدیریت هزینه در شرکت‌های آب و فاضلاب اولویت‌بندی‌های نسبت هزینه

بر اثربخشی در بخش‌های مختلف معمولاً لحاظ نمی‌شود؟ البته این سؤالات مرتبط است با نشست‌های بعدی، این نشست مخصوص مدیریت مصرف است ولی من خیلی خلاصه توضیح بدهم. یکی از اقداماتی که باعث افزایش اثربخشی خواهد شد همین مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد است. ما اگر در بخش آب بدون درآمد این نسبت هزینه و اثربخشی را بتوانیم به‌صورت واقعی احصا کنیم و آن نتایجی که ماحصل کاهش هدررفت خواهد بود آنها را ارائه کنیم و جلوگیری کنیم از احداث منابع آبی جدید، این مفهوم همان اثربخشی است در کارهایی که شما عزیزان باید انجام بدهید. ما که تمام دستورالعمل‌ها را ابلاغ کردیم. شما باید بر این اساس برنامه‌ریزی کنید. باید بر این اساس فعالیت کنید. اصلاح و بازسازی شبکه‌های توزیع یک فعالیتی است که می‌تواند این هزینه و اثربخشی را توجیه نکند. چه‌طور اصلاح و بازسازی انجام می‌دهیم؟ آیا منطبق بر نقشه‌های حوادث و اتفاقات است؟ آیا آمدم تحلیل کردیم؟ آیا مدل کردیم شبکه را؟ آیا واقعا لوله‌ای که تعویض می‌کنیم این لوله نیاز به بازسازی دارد؟ این به ما نشان خواهد داد که این فعالیت اثربخش هست یا خیر. تعویض کنتورهای خراب مشتری برچه اساسی انجام می‌شود؟ آیا منطبق بر تست خوشه‌ای و مطالعات هدررفت ظاهری در شبکه‌های توزیع است؟ در حقیقت این سؤالات این چینی که پرسیدید برمی‌گردد به خود عزیزان. دستورالعمل‌ها و قوانین و آیین‌نامه‌های مرتبط را تدوین و توزیع کردیم. انشاءالله بعد پیگیری بفرمائید که در شرکت‌ها هم رعایت شود.

سؤال دیگری داشتند درخصوص مساعدت برای توانمندی بخش خصوصی در سرمایه‌گذاری پروژه‌های کاهش هدررفت مانند استفاده از تسهیلات صندوق توسعه ملی برای تأمین منابع مالی سرمایه‌گذاری در پروژه‌های کاهش هدررفت. وزارت نیرو و شرکت مهندسی اقدام مؤثری که به‌نتیجه برسد انجام نداده‌اند. این ایراد وارد است و تقاضای ما از عزیزان در وزارت نیرو نیز هست. همه ما معتقد هستیم در بخش بهره‌برداری در سنوات گذشته منابع صندوق توسعه ملی یا سایر منابع اعتبارات خرید تضمینی بیشتر به‌سمت بحث‌های تأمین رفته یا بحث‌های توسعه. ولی قطعاً تقاضای ما هم از دست اندرکاران این حوزه این است که بخشی از این منابع را به طرح‌های افزایش بهره‌وری در شبکه‌های توزیع، نگهداری، مدیریت و بحث‌های کاهش هدررفت اختصاص بدهند که بتوانیم در غالب

مدل‌های مالی مختلف و با استفاده از این منابع، فعالیت‌های اثربخشی در شبکه‌های توزیع انجام بدهیم.

*** دکتر زهرایی:** خیلی متشکرم. دوستان داخل سالن دو سوال شفاهی می‌توانند مطرح کنند. خدمت شما هستیم. - سلام. من از شرکت تامین و تصفیه آب و فاضلاب تهران هستم. آقای دکتر فاضلی فرمودند که ۴۵۰ میلیارد تومان بودجه تأمین بشود برای مثلاً خرید لوازم کاهنده. تهران این تجربه را دارد که در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ میلیاردها تومان لوازم کاهنده خریداری شد. در سطح شهر تهران نصب هم شده ولی به‌عنوان یک اقدام انفعالی، آن کارایی لازم را نداشت. به‌نظر من باید به زیرساخت این مسئله توجه کرد. یکی همان بحث آقای مهندس یونسو که فرمودند ما شرکت‌های تولیدکننده را مجاب کنیم در شیرآلاتی که تولید می‌کنند حتماً دارای کاهنده باشند. بدون این‌که اصلاً مشترک متوجه باشد این‌ها را خریداری و نصب کند و به‌طور اتوماتیک ما کاهش مصرف را داشته باشیم. دومین بحث، بحث زیرساخت است که آقای مهندس کرمی فرمودند، بحث مبحث ۱۶ در ساختمان‌هایی که می‌سازیم. بحث سوم هم تعرفه است، به اضافه این‌که فرهنگ‌سازی هم می‌تواند در کنار این ۳ تا روش زیرساخت خیلی تأثیر بگذارد. خیلی متشکرم.

*** دکتر زهرایی:** خیلی ممنون، اگر فرد دیگری سوال شفاهی دارند بفرمایید.

- سلام عرض می‌کنم. من فکر می‌کنم ما باید واقعیت را بپذیریم. اگر این جایگاه را داریم علت در داخل خودمان است. ما به‌عنوان متولیان آب خوب عمل نکردیم. از دانشگاه، که استاد دانشگاه نتوانسته درست عمل بکند تا کارفرما تا دولت تا همه این‌هایی که در صنعت آب دارند کار می‌کنند نتوانستند خوب عمل کنند. بیاییم داخل خودمان را بررسی کنیم. چه

کارهایی باید انجام می‌دادیم که ندادیم. ممنون.

*** دکتر زهرایی:** ممنون. من مابقی سؤالات را خدمت دوستان عرضه می‌کنم ولی در عین حال خواهش می‌کنم در حد ۲ دقیقه جمع‌بندی خودشان را عرض کنند از بحثی که مطرح کردند و اولیتی که واقعا در کشور باید روی آن تمرکز شود، چون شرکت‌های آب و فاضلاب در استان‌های مختلف بعضاً رویکردهای مختلف در بحث مدیریت مصرف دارند و ممکن است منابع مالی هدر برود، تجربه جمعی کشور الان چه راه‌کاری را توصیه می‌کند که همه شرکت‌ها، همه مجموعه‌های در واقع متولی بحث آب و فاضلاب روی آن راه‌کارها به‌عنوان بنیادی‌ترین راه‌کارها تمرکز کنند.

- **دکتر فاضلی:** ۳ تا سؤال پرسیدند. یکی در مورد راهکار مدیریت مصرف و نظام مدیریت جامع آن. من فکر می‌کنم ما تازه خیلی کند حرکت کردیم، رفتن از مدیریت تأمین به سمت مدیریت عرضه. شاید برای اولین بار باشد که آقای دکتر اردکانیان خیلی صریح گفتند که دیگر جهت‌گیری وزارت نیرو به سمت مدیریت عرضه نیست و مدیریت توانان عرضه و تقاضا است و بعد هم مدیریت تقاضا محور این کار است. ما هنوز دانش کافی و جمع‌بندی شده‌ای درباره مدیریت تقاضا نداریم. یعنی من همان حرف اولم را تکرار می‌کنم. این‌جوری نیست که ما یک سیاست‌های بسیار تعیین شده، مشخص و معینی داشته باشیم و فقط اجرا کردنش باقی‌مانده باشد. هنوز بین مجموعه سیاست‌مداران، مردم، شرکتها، پیمانکارها، شرکت‌های آب و فاضلاب و تعارض منافع‌های مختلفی که وجود دارد، در مدیریت عرضه ما تعارض داریم. این را باید از منظر اجتماعی تحلیل کنیم. نکته بعدی این‌که وقوف بر ارزش آب الزاماً منجر به کاهش مصرف نمی‌شود. همه مردم



دنیا می‌دانند سیگار کشیدن باعث سرطان می‌شود و روی همه پاکت‌های سیگار نوشته مصرفش خطرناک است ولی شما تعداد زیادی پزشک پیدا می‌کنید که سیگار می‌کشند. آب هم از این قاعده مستثنی نیست. در جامعه‌شناسی ما می‌گوییم همه رفتارهای محیط‌زیستی هم تابع همین قاعده است. نکته بعدی، سواد داشتن هم الزاماً مساوی با کاهش مصرف نیست. شما نظام سنتی آب در ایران را می‌توانید ببیند. احتمالاً ایران ۱۳۰۰، ۱۲۰۰، ۱۰۰ سال، ۲۰۰ سال پیش که آدم‌های خیلی بی‌سوادتر از امروز بودند، نمی‌گویم بی‌سوادی اثر ندارد، ولی آدم‌های بی‌سواد در دل یک ساخت نهادی که هزینه مصرف را بر فرد تحمیل می‌کند آدم‌های صرفه‌جویی می‌شوند و آدم‌های باسواد در دل یک ساخت نهادی، صرفه‌جویی نمی‌کنند. نورث یک جمله‌ای دارد می‌گوید در سیستمی که به دزد بودن پاداش بدهند مردم روی دزد خوب بودن سرمایه‌گذاری می‌کنند. حالا ما سیستم نهادی آلمان یک جوری است که به مصرف‌کننده خوب بودن پاداش نمی‌دهد، به مصرف‌کننده بد بودن پاداش می‌دهد.

فرمودند آن ۴۵۰ میلیارد تومان را باید بدهید. من نگفتم باید بدهیم. فقط یک مثال تحلیل کردم. گفتم ما در یک سیستمی زندگی می‌کنیم که برای بزرگترین کارهای تأمین آب، از صندوق توسعه ملی هم وام می‌گیرد. اگر از همان‌ها بخواهید در مدیریت مصرف وام بگیرید به شما نمی‌دهد. این یک مدلی است، همین که سوخت افزایش پیدا می‌کند، آب هم افزایش پیدا می‌کند. من بیشترین سهم حوزه علوم اجتماعی را تحلیل این روابطی می‌دانم بین دولت، مجلس، شرکت‌های پیمانکاری، عرضه دانش و مجموعه‌های از این قبیل که نتیجه روابط نهایی‌اش می‌شود همین عدم عقلانیت متجسم شده در ساختار بودجه‌ریزی و کردارهای وزارت‌خانه.

*** دکتر زهرایی:** خیلی متشکرم آقای دکتر

- **مهندس سیدزاده:** ظاهراً در طبقه بالا دارند به‌صورت ویدئویی ملاحظه می‌کنند. باید سؤالات طبقه بالا را جواب بدهم. سؤال مشخصی که اینجا مطرح کردند گفتند که مهم‌ترین موضوع در بحث هدررفت بحث زون‌بندی شبکه‌ها و متعادل‌سازی فشار آب است که متأسفانه به‌دلیل کمبود اعتبارات امکان این مهم وجود ندارد و یا کم است. چگونه می‌توانیم در این موضوع پیش برویم؟ بله این موضوع بسیار مهم و نیازمند صرف هزینه‌های بالایی است ولی در شرکت‌های

آب و فاضلاب در قسمت‌های مختلف هزینه شده، این هم مانند سایر بخش‌ها است. اگر ما دنبال اثربخشی بهتر هستیم راهش استفاده از روش‌های نوین سرمایه‌گذاری برای مدیریت بهینه شبکه‌های توزیع است. توصیه مشخص من و توصیه مشخص شرکت مهندسی این است که بروید به سمت تعریف طرح‌هایی که این‌گونه پروژه‌ها را واگذار کنید به بخش خصوصی و بخش خصوصی را ترغیب کنید که از محل منافع حاصل از آن بتواند هزینه‌ها را جبران کنند. من خواهم این هست، که قطعاً جناب آقای دکتر فاضلی منتقل خواهند کرد، اعتبارات خرید تضمینی، اعتبارات صندوق توسعه ملی، اعتبارات مختلف معمولاً تا قبل از این نگاه، نگاه مدیریت و تأمین و توسعه بوده و قطعاً با تفکری که جناب آقای دکتر اردکانیان دارند انتظار بدنه این است که بخش مدیریت مصرف و مدیریت تقاضا وزن زیادی را به خودش اختصاص دهد.

سؤالی پرسیدند که چرا شرکت مهندسی اصرار دارد تولید را کمتر از مقدار واقعی اعلام کنیم؟ نرخ آب در اکثر مناطق بالای ۵۰٪ است؟ خیر ما اصلاً هیچ‌گونه اصراری نداریم. ما به صورت رسمی همیشه گفتیم شفاف‌سازی و واقعی‌سازی. شاید ملاحظاتی را شرکت‌ها داشتند. دلیل واقعی نبودن این اطلاعات بعضاً خطاهایی هست که در کنتورها وجود دارد.

- **مهندس پاکروح:** اجازه بدهید من کمک کنم. سوال‌های خیلی خوبی را همکاران بنده در حوزه تخصصی مطرح کردند. من در صحبت‌های صبح عرض کردم ما در موضوعات مختلف کار کردیم. روی اقتصاد آب کار کردیم. شاید در مباحث فنی خوب کار کردیم. شاید نتیجه خوبی نگرفتیم. تنها حوزه‌ای که خوب کار کردیم حوزه جامعه‌شناسی بوده است. آقای دکتر فاضلی، ما نتوانستیم رفتار مردم را خوب شناسایی کنیم و کارهای فرهنگی و سخت‌افزاری‌مان را متناسب با این موضوع جهت‌گیری نکردیم. راستش چیزی را که انتظار داشتیم در عمل ندیدیم. همکار محترم با توجه به ساختاری که در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری وجود دارد یکی ساختار فوق‌العاده بی‌طرفی است. دولت شرکت‌های غیر دولتی را مجوز داده تشکیل بشوند و حداقل در واقع نقش دولت را آن‌هم در حوزه تعرفه و زیرساخت‌هایی که شورای اقتصاد تعیین کرده است. این‌که ما امروز ارزیابی می‌کنیم که اقتصاد آب را نتوانستیم خوب جا بیندازیم به ۲ علت اساسی برمی‌گردد. یکی این‌که آب را به‌عنوان یک کالای اقتصادی هیچ‌وقت نمی‌بینیم.

بیشتر موضع سیاسی داشته است. هیچ وقت نگفتم اگر آب گران می شود این گران شدن در سبد هزینه های خانوار مردم چه نقشی دارد؟ ما همیشه گفتیم A درصد گران شده، اما این که این افزایش چه مدلی را در سبد هزینه های خانوار مردم دارد هیچ وقت تعریف نکردیم. این که تعرفه های ما مدل اقتصادی خوبی ندارد، این را هم باید بپذیریم. متأسفانه ورود ما به هدفمندی یارانه ها اولین تیر و ضربه ای بود که به صنعت آب و فاضلاب زده شد و موضوع بعدی لابی های وزارت نیرو است. وزارت نیرو هیچ وقت روی آب هزینه نکرده است. در مصوبه سال ۱۳۹۴ اتفاقی که افتاد ما تمام تعرفه هایمان را برگردانیم به قبل از سال ۱۳۸۹. همان تعریفی که آقای دکتر سجادی فر داشتند، آب هیچ وقت گران نشد. یعنی ما تازه در سال ۱۳۹۴ برگشتیم به سال ۱۳۸۹ و خیلی جالب بود مقاومت هایی را هم در داخل خود پیکره مجموعه داشتیم. اما این دلیل نمی شود که ما نتوانیم لابی را انجام دهیم. اگر لابی بودجه ما سیاسی است ما برای پایه خدماتمان باید موضوعات سیاسی را هم دوستان دنبال کنیم. ما باید در این شرایط، شرایط بقا و پایداریمان را هم داشته باشیم. من خواهم این است که تمام قطعات پازل ها را در کنار هم بچینیم. ما در خیلی از شهرها می بینیم فقط شبکه ها را بازسازی می کنند. این خیلی خوب است اما کفایت نمی کند. ما در کنار کار فرهنگی باید بازسازی شبکه را ببینیم. باید موضوع اقتصاد آب را ببینیم. باید موضوعات مدیریت تقاضا را ببینیم. همه اینها یک برنامه استراتژیک را رقم می زند که آقای سیدزاده و همکارانشان باید دنبال کنند. نقشه عملیاتی را بچینند و ماحصل دستور کار آن برنامه عملیاتی که سال های سال است شما دارید کار می کنید، برگرفته از این موضوعات است که می تواند ما را در واقع به یک شرایط بهتری برساند.

- **مهندس سیدزاده:** یک سوالی پرسیدند که چرا شبکه های آب و فاضلاب نمی توانند از کنتورهای پیش پرداخت در بخش مسکونی استفاده کنند؟ مستحضر هستی یکی از مکانیزم های کنتورها این است که می شود این ها را برنامه نویسی کرد و مصرف مشخصی را به آن ها اعلام کرد. این بستر هنوز در داخل کشور به صورت تولید، چه در بخش تولید کنتور و چه در بخش مکانیزم به صورت انبوه نبوده ولی به صورت تحقیقاتی در شرکت های آب و فاضلاب تا الان اجرا شده است. اگر آن بستر قانونی و آن بستر قرائت و صدور قبوض که در حوزه مشترکین باید فراهم شود، شرکت آب و فاضلاب می تواند این را به صورت

پایلوتی اجرا کند و نتایج آن را تعمیم بدهند به سایر شهرها، انشاءالله ما هم تلاش خودمان را خواهیم کرد.

آخرین سؤالی که مطرح کردند پرسیدند آیا در سال ۱۳۹۷ تخصیصی برای لوازم کاهنده مصرف شرکت های آب و فاضلاب شهری تعلق خواهد گرفت؟ همین جا از سازمان محترم برنامه و بودجه تشکر می کنم که امسال را هم علی رغم کمبود منابع بیشترین تخصیص را به بحث مدیریت مصرف دادند و بین تعدادی از شرکت ها توزیع شد. انشاءالله اگر این تخصیص ها پایدار شود و رشد داشته باشد قطعاً بین شهرهای دارای بحران در شرکت های آب و فاضلاب شهری توزیع خواهد شد.

- **مهندس یونسلو:** یکی از دوستان سؤال کردند بحث کنتورهایی که در بلوک ها و مجتمع های مسکونی است که مشترکین در مصرف نسبت به همدیگر سبقت می گیرند و انگیزه ای برای بهینه سازی ندارند، شرکت ها می توانند کنتورهای مجزا بدهند. ولی باید در این قضیه دقت کنیم که درست است که کنتور مجزا می تواند روزی ۲۰ تا ۳۰٪ مصرف را کاهش دهد. ما این را مطالعه کردیم. ولی از طرفی باید توجه کنیم که کنتورهای مجزای آپارتمانی منجر به کم اندازی و افزایش هدررفت ظاهری خواهد شد. با توجه به این که تعداد انشعابات باعث افزایش حوادث روی انشعابات است، باید این موضوع را به صورت کنتورهای فرعی داخلی انجام دهیم نه به صورت مجزا. یک سؤال دیگر کردند که طبق قانون سال ۱۳۹۵ برای مصرف بهینه قرار شد که ما در ادارات کاهنده نصب کرده و پولش را از مشترک دریافت کنیم. ما این کار را در تهران انجام دادیم. در این مورد رایزنی ها و مکاتباتی کردیم و مدل مالک را درآوردیم.

من بحث را جمع بندی کنم. همین که دوستان فرمودند ما در واقع مشکلان مشکل خشکسالی نیست. سرزمین ما خشک است و ما باید با خشکی سازگاری کنیم. تنها راهکارمان سازگاری است. تعرفه هایی که داریم بسیار پایین است. یک لیتر آب را ما می فروشیم ۴ ریال، یک لیتر بنزین را می فروشند ۱۰۰۰ تومان و ۱ لیتر آب معدنی را ۱۴۰۰ تومان. یعنی در سبد خانوار این هزینه آب جایگاهی ندارد تا انگیزه ایجاد کند؟ در واقع دغدغه ای مشترک داشته باشد که تاسیساتش را بهینه کند، کاهنده نصب کند، سیستم سلولی استفاده کند، عایق بندیش را درست کند، مبحث ۱۶ را رعایت کند. یعنی در واقع این قیمت به قدری پایین است که انگیزه ای برای این کار

ندارد. یعنی در وهله اول باید بحث قیمت درست شود. در بحث آب قیمت اصلاً گران نشد. ما اصلاً قیمت واقعی آب را دریافت نکردیم که بعد بخواهیم قیمت آب را گران کنیم. با عددهایی که آقای دکتر فرمودند معمولاً ۷ به ۳ هستیم، در مقابل ۵ دلاری یا ۵ یورویی که اتحادیه اروپا مثلاً کشوری مثل دانمارک می‌گیرد. پس این قضیه بحث قیمت باید درست شود. در کنار قیمت بحث کارهای فرهنگی انجام شود. در کنار آن تجهیزات کاهنده هم باید باشد. من پیشنهادی که دارم با توجه به این که ما تمام سرمایه‌گذاری‌های شرکت‌های آب و فاضلاب را برای بحث تأمین می‌گذاریم و می‌رویم چاه حفر می‌کنیم، این سیاست را تغییر دهیم از مدیریت تأمین به مدیریت تقاضا و مصرف. چون واقعاً سرانه ما به اندازه کافی بالا است، جا دارد که آن را کم کنیم. ما اگر ۲۰٪ بتوانیم مصرفمان را کاهش بدهیم نزدیک ۱/۵ میلیارد مترمکعب می‌توانیم ظرفیت ایجاد کنیم. لذا باید ما میزان خروجی شیرآلاتی که در ایران دارند استفاده می‌شوند را یک مقداری محدود کنیم. ما وضعیتمان با کشورهای دیگر یعنی جاهایی که آب دارند فرق می‌کند. لذا باید ما وضعیتمان فرق کند و هر مقدار نباید شیر ما خروجی داشته باشد. باید این را محدود کنیم. این را تبدیل به یک قانون کنیم. ما استانداردهای لازم را داریم. مبحث ۱۶ را داریم ولی اجرایی نیست چون رقم‌ها بالا است برای کشوری مثل ما که خشک است. باید این قانون را تدوین و ابلاغ کنیم و بر مبنای آن کنترل نظام مهندسی، مسکن شهرسازی، شهرداری، و آب و فاضلاب بر مبنای آن قانون، خروجی‌ها را به یک مقدار دبی مشخص، محدود کند.

*** دکتر زهرایی:** خیلی ممنون آقای مهندس یونسو. اگر اجازه بدهید آقای دکتر چاوشیان جمع‌بندی بفرمایند.

- **دکتر چاوشیان:** من خواستم بگویم که کلاً ما مشکل با مدیریت به هم پیوسته نداریم چون نه منبع آب داریم نه مصرف. بحث بارگذاری‌ها مطرح است. آیا می‌دانید که ما در برنامه ششم توسعه چه مقدار روی آب کشور بارگذاری کردیم؟ وقتی می‌گوییم اقتصاد یا کشور اقتصاد محور، یعنی چند متر مکعب آب؟ این‌ها نسبتش تعریف نشده است و خیلی سیال است. در قسمت جمع‌بندی به نظر من آن چیزی که آقای مهندس پاکروح گفتند فرمایش کاملاً متین و به‌حقی بود و جمع‌بندی همایش هم می‌تواند باشد. لابی‌گری بخش آب متأسفانه ضعیف بوده ولی به‌هر دلیل همیشه بخش برق از این ابزار بهتر استفاده

کرده است. بحث ساختار هم بحث مهمی است. من می‌خواهم فقط ۲ تا مثال بزنم. با توجه به تجربه‌ای که ما داریم در مرکز منطقه‌ای آب شهری، کشور شیلی آزادترین نظام تعرفه‌ای آب را در دنیا دارد، یعنی لیبرال‌ترین نظام آب مال شیلی است. یک دهکده باشد آب بخواهد، کوکاکولا هم بیاید آب بخرد، هر کدام قیمت بیشتر بدهند می‌دهند به او. شرکت کوکاکولا در واقع آب را برمی‌دارد آنجا هم یک سری اتفاقاتی می‌افتد. حالا دوستانی که دارند کار می‌کنند روی نظام تعرفه، فکر نکنند که برویم به سمت این که تعرفه را ببریم بالا و آزادش بکنیم. اتفاقی که می‌افتد یکی نا امنی‌های سیاسی است. آن کارتل‌هایی که تشکیل شده در شیلی، همان چیزهایی که شما در مکزیک معمولاً می‌شنوید در مورد مواد مخدر، به همان شدت در شیلی سر آب اتفاق می‌افتد، سربریدن و به‌عنوان مثال دیگر آفریقای جنوبی همین الان درگیر خشکسالی قرن خودش است. در شهر کیپ تاون نظام سیستم آب گفته که هر خانه ۲۰ مترمکعب بیشتر حق ندارد استفاده کند و مجازات نقدی دارد. برای بالاتر از ۵۰ مترمکعب مجازات زندان گذاشته است. یعنی در واقع به‌هیچ عنوان اجازه نمی‌دهد که خانوار از ۵۰ مترمکعب بیشتر استفاده کند. مدل‌های مختلف را به‌نظرم باید مقایسه تطبیقی بکنیم و شرایط فرهنگی‌مان را باید درنظر بگیریم. در فرمایشات آقای دکتر فاضلی نکته خیلی قشنگی بود بحث دانش بومی. بالاخره مردمی که قنات را اختراع کردند قاعدتاً یک روش‌هایی هم داشتند برای تنظیم و مدیریت آب. این بحث دانش بومی هم نباید مغفول بشود. اگر پشت دیوارمان را و همسایه را نگاه می‌کنیم، داخل را هم باید یک نگاهی بیندازیم که بتوانیم از این دانش بومی هم استفاده بکنیم. ممنونم خانم دکتر.

- **مهندس گرمی:** عزیزان چند سؤال پرسیده بودند. بحث شرح خدمات و مهندسان عمران آب را گفته بودند که اگر در بحث تاسیسات آبفا بخواهند فعالیت بکنند. شرح خدمات هر مهندس مشخص است و صلاحیتش توسط وزارت مسکن و شهرسازی در پشت پروانه‌اش درج شده و خارج از این صلاحیت نمی‌تواند کار بکند. به‌همین دلیل است که مهندسان عمران نمی‌توانند در صلاحیت مهندسان مکانیک کار بکنند و یا مهندسان مکانیک در شهرسازی و معماری. بحث مدیریت مصرف و مبحث ۱۶ طبق قانون مقررات ملی ساختمان برعهده سازمان نظام مهندسی است و خارج از آن ما وظایفی نداریم مگر اینکه طبق تفاهم‌نامه‌ای تفویض شده باشد که آن هم با

تایید وزارت مسکن و شهرسازی است.

یکی از عزیزان گفته، برای ساختمان‌های بالای ۵۰۰۰ هزار مترمربع آب خاکستری، یک سنگ بزرگی است که نشانه نزدن است. ما در مورد ساختمان در حال بهره‌برداری این را نمی‌گوییم، برای ساختمان‌هایی که در حال ساخت هستند می‌آیند مجوز می‌گیرند و این جزئیات در داخل نقشه‌ها درج می‌شود. ناظر موظف به نظارت و بازرسی این موضوع خواهد شد و باید همان را در انتهای کار تحویل بگیرد و این هزینه‌ای برای سازنده ندارد. سازنده‌ای که می‌آید یک ساختمان ۵۰۰۰ هزار مترمربعی را در شهر تهران می‌سازد و حداقل این ساختمان بالای چنده ده میلیارد هزینه برداشته، احداث چندتا حوضچه تنظیم و متعادل کننده و سپتیک، هزینه‌ای اصلاً برای ساختمان ندارد. خواهشی که داریم این است که ما خودمان را باور داشته باشیم و همان‌طور که عرض کردم دنبال آن شخص سوم نگردیم، شخص سوم خود ما هستیم. فقط باید قبول داشته باشیم ما این کار را انجام بدهیم. من جمع‌بندی را خدمتتان عرض بکنم. من اینجا از مشاور محترم وزیر و همکاران یک خواهشی دارم که اعتقاد واقعی به اجرای بحث کنترل مدیریت و کاهش مصرف از مبدأ داشته باشیم. این کار در تهران در یک سال اخیر انجام شده و نتیجه‌اش را ما به چشم دیدیم. بالای چند میلیون مترمربع کار ارجاع شده و چند هزار مهندس آموزش دیدند. خواهشی که دارم این است که دوستان به کل کشور تسری بدهند. این کار در تهران که بزرگترین شهر و کلان شهر است و حدود بیش از ۳۰٪ از ساخت و سازها در تهران انجام می‌شود. ما نتیجه بسیار خوبی گرفتیم و مجدداً تشکر می‌کنم از مدیریت آب و فاضلاب استان تهران که کمال همکاری را داشتند. یک خواهشی که دارم همکاری برای آموزش مهندسان از طریق صنعت آبفا است. یعنی ما صنعت گره‌ایمان را به امان خدا رها نکنیم. صنعت‌گراها را دعوت کنیم به انتقال تجربه. شرکای اروپایی را بیاوریم به مهندسان مان آموزش بدهیم. ما در قسمت فنی در سازمان نظام مهندسی دوره‌های غیر اجباری گذاشتیم و آماده آموزش مهندسین هستیم براساس استانداردهایی که در کمیته‌های مشترک ما و آبفا، سیلابس‌ها توسط کارشناس‌های محترم آب و فاضلاب که پرچم‌دار این موضوع هستند تایید شود.

- **دکتر سجادی فر:** ۳۰ سوال از من شده که من سعی می‌کنم یک مرور کلی داشته باشم. ببینید اصول اقتصادی قیمت‌گذاری

آب که در مباحث آکادمیک مطرح است در دنیا هم دارد روی آن کار می‌شود. اولین اصل آن کارایی است. کارایی به این مفهوم است که قیمت آب باید با هزینه حاشیه‌ای یا هزینه نهایی بلندمدت شرکت‌های آب و فاضلاب برابر باشد. بعداً برمی‌گردم به هزینه‌های بلند مدت بهینه اشاره می‌کنم. همان‌طور که در خیلی از سوالات به‌درستی اشاره شده شرکت‌های آب و فاضلاب کارآمد نیستند، بلکه من این را می‌پذیرم. ما اگر قیمت را بخواهیم براساس هزینه حاشیه‌ای موجود تعیین کنیم عادلانه نیست. من وقتی صحبت از قیمت‌های بهینه و هزینه نهایی بهینه می‌کنم، منظورم وضعیت موجود نیست. هزینه نهایی بلند مدت بهینه همان‌طور که آقای دکتر چاوشیان اشاره کرد از رگولیشن درمی‌آید و این کار شدنی است. دوم بحث انصاف و عدالت است. در بحث انصاف و عدالت خانوارهایی وجود دارند که واقعا توانایی پرداخت قبض آب در قیمت‌های واقعی را ندارند. ما آن‌ها را باید ببینیم و راه کار اقتصادی وجود دارد که ما آن‌ها را لحاظ بکنیم. بحث دیگر سادگی است. متأسفانه تعرفه‌های ما و عربستان پیچیده‌ترین تعرفه‌ها در دنیا است. ما در حدود ۱۰ طبقه مصرف داریم. یعنی الان به یک متخصص آب و فاضلاب یک قبض بدهید من شرط می‌بندم کسی نمی‌تواند آن را حساب بکند. چگونه مصرف‌کننده می‌تواند آن را درک کند. تعرفه باید منطقه‌ای باشد. قیمت سایه آب در قیمت‌های به اصطلاح ذاتی آب در هر منطقه متفاوت خواهد بود. بنابراین ما باید روی تعرفه منطقه‌ای کار کنیم.

بحث آخری که من می‌خواهم اشاره کنم در بحث هزینه حاشیه‌ای یا هزینه‌های بلندمدت چیزی که در کتب مرجع جدید به آن اشاره شده، گفته اگر شما بخواهید هزینه حاشیه‌ای بلندمدت بهینه حساب کنید، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری بهینه و هزینه‌های سرمایه‌ای، اثرات برون‌ریز و هزینه‌های فرصت را حساب کنید. هزینه فرصت آب در ایران صفر است. این را باید واقعا فریاد زد. چگونه یک کشاورز می‌تواند رایگان هر چقدر آب بخواهد از چاه دریاورد؟ در دنیا روی هزینه فرصت خیلی حساسیت و تمرکز می‌شود، اما چه در بخش خانگی، چه سبد کشاورزی اصلاً ما مفهومی به نام هزینه فرصت نداریم. اثرات خارجی که آب می‌تواند روی سلامت مردم بگذارد و آثار خارجی زیست محیطی باید بررسی شود. یک تحقیقی در شرکت مهندسی با یک معتبر در ۲ سال گذشته انجام شده که این نگرانی بحث‌های سیاست‌گذاران را پاسخ بدهد که اگر ما

۵۰٪ قیمت آب را افزایش بدهیم چه تاثیری روی رفاه مردم می‌گذارد؟ من یک خلاصه‌ای از نتایج آن را عرض می‌کنم. ۵۰٪ افزایش قیمت‌های آب شهری ۰/۱٪ تورم را زیاد می‌کند. ۳۸٪ می‌تواند درآمدهای شرکت آب و فاضلاب را زیاد کند، ۵/۵٪ مصرف را کاهش بدهد و هزینه خانوار از سهم آب از ۰/۵۶ می‌رسد به ۰/۸. یعنی همچنان اگر ما بتوانیم ۵۰٪ قیمت آب را افزایش بدهیم اتفاق خاصی نمی‌افتد.

در آخر من چندتا نکته را بگویم که بحث‌هایم را جمع‌بندی کنم. (۱) من به جرات می‌گویم قیمت‌ها باید بهینه اقتصادی شود، کاری که روی نرخ ارز هم اتفاق نیفتاد. از اول انقلاب آقای دکتر طبیبیان تعریف می‌کرد می‌گفت ما می‌گفتیم نرخ ارز باید یکسان بشود همه ما را تهدید کردند به مرگ و اسلحه؛ هنوز هم نرخ ارز یکسان نشده است. باید قیمت‌های آب اصلاح بشود. (۲) ما باید حسابداری آب داشته باشیم. ما الان در بخش‌های مختلف نمی‌دانیم مقدار مصرفمان چقدر است. این واقعا فاجعه است. چرا ما یک سیستم حسابداری آب نداریم. آلمان و فرانسه با این‌که از کشورهای پرآب می‌دانند یک قطره آبشان کجا می‌رود. (۳) باید ما رگولیشن داشته باشیم. این نهاد تنظیم مقررات باید بیرون از وزارت نیرو باشد. باید بر عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب نظارت کند. یعنی شرکت‌های آب و فاضلاب نتوانند هرچقدر نیرو خواستند بگیرند. در مورد موجودی‌های سرمایه‌شان کار بهینه انجام بدهند. در آخر بحثی که من اشاره می‌کنم بحث فرهنگ سازی، افزایش قیمت، اندازه‌گیری و استفاده از تکنولوژی‌های نوین است.

- **دکتر فاضلی:** من چند ثانیه وقت می‌خواهم فقط برای این‌که ببینید بحث انصاف تا چه حد مهم است، فقط بحث افزایش قیمت نیست. ما یک آدم‌هایی دیدیم که یک خانه در تهران دارد چند میلیارد قیمتش است و در طبقه چهلیم برج برایشان آب را پمپاژ می‌کنند، با برق یارانه‌ای و آب یارانه‌ای. بعد این‌ها یک ویلا هم دارند در شمال و یک ویلا هم دارند در نیاور کاشان. ما هنوز در این کشور نتوانستیم کاری کنیم که یک آدم فقط در یک کنتور آب و برق یارانه‌ای دریافت کند. ما از طریق شناسنامه اقتصادی یا یک کد ملی نمی‌توانیم به یک آدم بگوییم شما فقط حق دارید از یک کنتور، آب و برق یارانه‌ای بگیرید. اگر کنتور دوم تو بابت تفریحات آخر هفته‌ات با یک پورشه یک میلیارد تومانی می‌روی مثلا در کلاردشت، آنجا را دیگه با تو آب و برق یارانه‌ای حساب نمی‌کنند. یعنی این فقط افزایش قیمت نیست. گاهی اوقات نوآوری‌هایی است که ما یک مقداری ظرفیت این دولت را برای این خانوار و شهروند، به یک شهروند مدرن تبدیل کنیم، یعنی شهروندی که تحت نظارت زندگی می‌کند. این را اگر بتوانیم انجام دهیم شاید بتوانیم بعضی از اتفاقات را هم ببینیم.

- **دکتر زهرایی:** خیلی ممنون. یک وقتی برای جمع‌بندی برای من در نظر گرفته شده بود که با توجه به ضیق وقت از آن صرف‌نظر می‌کنم. در خدمت آقای دکتر بشارتی هستیم از ستاد اجرایی فرمان امام که حمایت خوبی از این همایش داشتند و از نظراتشان استفاده می‌کنیم.

- **دکتر بشارتی:** بسم الله الرحمن الرحيم. سلام علیکم؛



من خیلی کوتاه عرض کنم که ما یک کارگروهی داریم به نام کارگروه حوزه آب در ستاد، که عزیزانی که صاحب نظر هستند و با آب سروکار دارند در آن فعالیت می کنند. من خودم اصلا قبول ندارم که بارش سالیانه ما ۲۴۰ میلی متر در سال است. اگر ما ۲، ۳ نقطه پر آب مثل انزلی را حذف کنیم دیگر بارندگی ما بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ میلی متر است. جاهایی را هم داریم که زیر ۵۰ تا ۶۰ میلی متر است در حاشیه کویر. بنابراین باید برای یک کشور خشک برنامه ریزی کنیم و باید خیلی دقیق باشیم. این جا خیلی تخصصی روی حوزه مصرف آب شهری و روستایی، جاهایی که شبکه داریم و شرکت های آب و فاضلاب وجود دارد بحث شد. ولی ای کاش ما راجع به کلان آب هم فکر بکنیم.

مصرف از شبکه شهری و روستایی ۷ میلیارد از ۱۰۰ میلیارد مترمکعب کل مصرف آب کشور ما است. تازه هدررفتی هم که صحبت می کنیم در لحظه مصرف آب است و بعد از مصرف آب نیست. مصرف آب که به فاضلاب تبدیل می شود، پساب آن دوباره تصفیه می شود و دوباره بازچرخانی می شود و می آید به بخش صنعت یا کشاورزی، خیلی خیلی قابل ملاحظه است و شاید درآمد پساب ناشی از مصرف آب بیش از خود آب باشد. آن بخش های بزرگی که مصرف می کنند اینجا نیستند مثلا صنعت. الان نیروگاه های بزرگ برای خنک کننده برج هایشان از آب زیرزمینی مصرف می کنند. چه اشکال دارد آن ها پساب تصفیه شده را مصرف کنند و به آن ها هم بفروشیم و آن وقت آن آب زیرزمینی را بیاوریم برای شرب.

صحبت آقای دکتر اردکانیان در مجلس خوب بود که ما روی مدیریت تقاضا کار کنیم. حالا بعد از مدیریت عرضه و این که به اندازه کافی نزدیک ۲۰۰، ۳۰۰ تا سد ساختیم در کشور و همه جاها را هم مطالعه کردیم، حالا بیایم ببینیم نوع رفتار مصرف کننده چگونه است و این تقاضاها را مدیریت کنیم. مدیریت تقاضا نباید فقط منوط بشود به شبکه مصرفی خانگی. این یک نکته،

نکته دوم این که در هدررفت آب که عنوان این همایش است یکی از محورهایش این است که ما برای پساب هم برنامه ریزی کنیم. به همین خاطر اگر وقتی درمورد اقتصاد آب صحبت می کنیم، ارزش واقعی آب واقعا باید بالاتر از این باشد. باید این را جا بیندازیم که قیمت واقعی آب این نیست در اقتصاد آب. منتها از این طرف نمی توانیم بگوییم که اقتصاد سیاسی نمی گذارد. اقتصاد سیاسی خودش یک تعریفی دارد. اقتصاد

سیاسی وجود دارد، پس آن را هم نمی توانیم حذف کنیم. ما نمی توانیم نظر نمایندگان مردم که از مردم و کشور دفاع می کنند را حذف کنیم. پس آن هم جزء مجموعه ما هست. دانشکده اقتصاد وجود دارد، دانشکده علوم سیاسی هم وجود دارد و مسائل امنیتی هم وجود دارد. پس همه اینها را باید باهم ببینیم و جزیره ای فکر نکنیم. والسلام علیکم و رحمه الله و برکاته.

* **خانم دکتر زهرایی:** خیلی ممنون، خیلی تشکر می کنم از آقای دکتر، خیلی ممنون از صبر و حوصله شما.



کارگاه آموزشی طرح جامع فاضلاب تهران توسط شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس از سوی شاخه دانشجویی انجمن آب و فاضلاب ایران و با همکاری انجمن علمی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران، در تاریخ ۱۵ اسفندماه سال ۱۳۹۷ در تالار رجب بیگی دانشکده فنی دانشگاه تهران برگزار شد.

تهران پرداختند. ایشان اشاره کاملی به تاریخچه مطالعات انجام شده در زمینه طرح جامع فاضلاب تهران از آغاز شروع مطالعات تا به امروز داشتند. همچنین مطالبی در زمینه‌های مختلف از جمله حجم پساب‌های تصفیه‌خانه‌ها، محدوده‌های تحت سرویس تصفیه‌خانه‌ها و روند توسعه شبکه فاضلاب تا سال ۱۴۱۰ توسط ایشان ارائه شد.



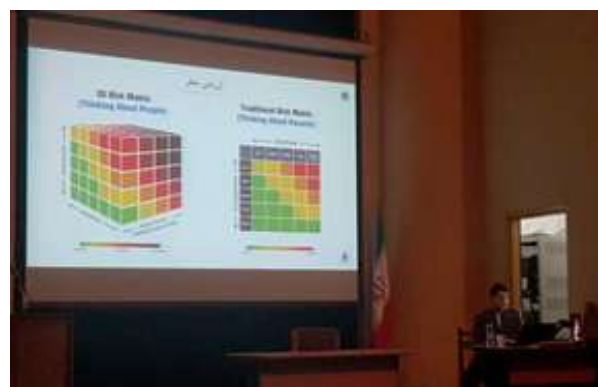
سپس آقای مهندس بیات‌لو به نقش و اهمیت کارکرد سامانه‌های جمع‌آوری فاضلاب در چرخه آب و چالش‌های پیش رو، پرداختند. ایشان با اشاره به طرح نظام جامع بهره‌برداری، برپایی چنین نظامی را برای مدیریت، رویه‌سازی و مستندسازی فرآیند تصمیم‌گیری برای حفظ کارکرد بهینه سامانه و مدیریت دارایی بسیار حائز اهمیت دانستند. همچنین در ادامه به مباحثی در مورد بهسازی شبکه‌های فاضلاب با رؤس مطالب ارزیابی خطر، فاضلابروهای بحرانی، وضعیت فاضلابرو، اولویت‌بندی بهسازی، روش‌های بهسازی و ارائه روند گزینش روش بهینه بهسازی پرداخته شد.

آقای مهندس میراحمدیان، به‌عنوان آخرین سخنران به مباحث مرتبط با بازرسی و شستشوی فاضلابروها پرداختند. ایشان در ابتدا گزارش جامعی در ارتباط با اهداف و روش‌های

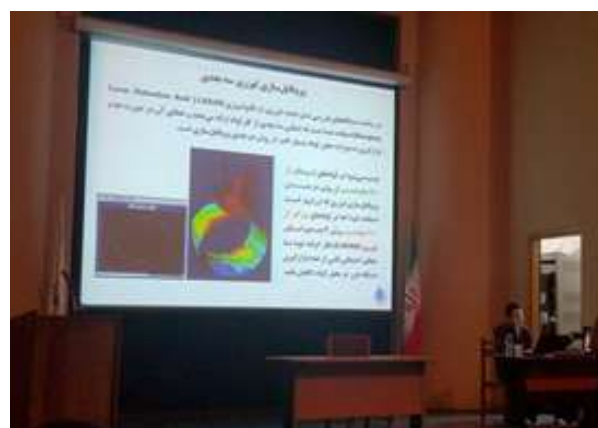


در ابتدای جلسه آقای دکتر تابش، ریاست محترم هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران، به معرفی شاخه دانشجویی انجمن، اهداف انجمن از تشکیل این شاخه و اهمیت حضور پررنگ دانشجویان در این شاخه و بسترهای مهیا برای فعالیت آن‌ها در زمینه‌های متعدد تشکیلات انجمن پرداختند. ایشان در ادامه با اشاره به مسئله بحران آب به‌عنوان یکی از مهمترین مسائل کشور، با ذکر مقدماتی از اهمیت مبحث فاضلاب به‌عنوان یکی از بزرگترین منابع آب نامتعارف در دنیای امروز، به مسائل مربوط به شبکه‌های فاضلاب، دغدغه‌های پیش رو و برنامه‌ریزی‌های انجام شده در این زمینه پرداختند. ایشان با اشاره به تاریخچه فعالیت‌های انجام شده بر روی شبکه‌های فاضلاب و همچنین نقش شرکت مهتاب قدس به‌عنوان یکی از بزرگترین شرکت‌های مهندسی کشور و حاضر در این پروژه، لزوم مدیریت بهینه از شبکه‌های فاضلاب را یادآور شدند. همچنین ایشان با اشاره به این‌که پروژه فاضلاب تهران، یکی از بزرگترین پروژه‌ها در سطح خاورمیانه است، لزوم بهره‌مندی از تجربیات شرکت مهتاب قدس را امری مهم و هدف اصلی از تشکیل این نشست دانستند.

در ادامه جلسه آقای مهندس کریمی پارچیان، به‌عنوان اولین سخنران، به مروری بر مطالعات شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر



بازرسی فاضلابروها ارائه دادند. سپس با مقایسه روش‌ها، روش پیشنهادی را برای بازرسی شبکه فاضلاب تهران بیان کردند. همچنین در ادامه به تعریف، اهمیت و فرآیند تعیین فاضلابرو بحرانی و برنامه‌های بازرسی لوله‌ها اشاره شد. در نهایت نیز با اشاره به روش‌های مختلف شستشوی شبکه، پیاده‌سازی سیستم مدیریت و کنترل عملیات شستشو در شهر تهران و برنامه‌ریزی انجام شده در این زمینه را به طور کامل شرح دادند. در انتهای نشست نیز، جلسه پرسش و پاسخ برگزار شد.



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



عنوان: مطالعه عددی انتقال رسوب در سیستمهای فاضلاب

نگارش: عیسی ابتهاج

استاد راهنما: دکتر حسین بنکداری

استاد مشاور: دکتر علی اکبر اختری

محل: دانشگاه رازی، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی عمران

رشته: مهندسی عمران - گرایش آب

زمان دفاع: اسفندماه ۱۳۹۲

چکیده

رسوب در پنج گروه بی‌بعد مختلف موسوم به پارامترهای حرکت، انتقال، رسوب، شکل انتقال و مقاومت جریان دسته‌بندی شده است. در ادامه به منظور برآورد عدد فرود که عضو گروه پارامتر حرکت است، اثر چهار گروه دیگر که هر یک شامل پارامترهای بی‌بعد مختلفی هستند، مدل‌های شش‌گانه‌ای ارائه می‌شود و اثر هر یک از پارامترها بر دقت نتایج توسط روش‌های مختلف بررسی می‌شود. در نهایت با استفاده از عدد فرود برآورد شده به منظور کنترل مسائل ناشی از وجود رسوب در مجاری فاضلاب، روشی به صورت مرحله به مرحله ارائه می‌شود. این روش تمام فاکتورهای موثر بر حرکت و ته‌نشینی رسوب و همچنین عملکرد هیدرولیکی رسوب را در نظر می‌گیرد.

کلمات کلیدی: انتقال رسوب، حد ته‌نشینی، بستر ته‌نشین شده، محاسبات نرم، مجاری فاضلاب

جریان عبوری از مجاری فاضلاب و اغلب دارای مواد جامد معلق است و اگر شرایط لازم به منظور انتقال رسوب مهیا نباشد، ته‌نشینی رسوب رخ می‌دهد که سبب مشکلات فراوانی در سیستم‌های فاضلاب می‌شود. روش‌های متفاوتی به منظور انتقال رسوب در فاضلاب‌ها ارائه شده است اما به دلیل عدم شناخت کافی از عوامل موثر بر انتقال رسوب، این روش‌ها در شرایط مختلف نتایج متفاوتی را ارائه می‌دهند. در این پایان نامه ابتدا روش‌های انتقال رسوب موجود در مجاری فاضلاب و که با استفاده از دو روش آنالیز ابعادی و روش نیمه تجربی برای هر دو حالت حد ته‌نشینی و بستر ته‌نشین شده، ارائه شده‌اند، بررسی شده است. سپس به منظور ارائه روش طراحی برای تعیین سرعت حداقل مورد نیاز در مجاری فاضلاب، روابط انتقال رسوب در حالت‌های بستر ته‌نشین شده و حد ته‌نشینی با استفاده از روش‌های مختلف ارائه می‌شود. در ادامه با استفاده از محاسبات نرم، عدد فرود مورد نیاز برای انتقال رسوب، برآورد می‌شود. روش‌های استفاده شده شامل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، الگوریتم‌های تکاملی شامل الگوریتم ژنتیک، الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم اجتماع ذرات، سیستم‌های استنتاج فازی و برنامه نویسی اصطلاحات ژنتیکی است. در برآورد عدد فرود با استفاده از این روش‌ها، پارامترهای موثر بر انتقال

Forecasting Urban Water Demand, Second Edition

پیش بینی تقاضای آب شهری، ویرایش دوم

ISBN: 9781583215371

Author: R. Bruce Billings, Clive V. Jones

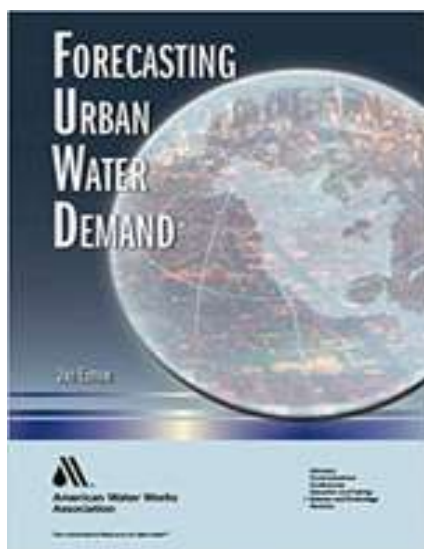
Publisher: American Water Works Association

Publication date: 2008

AWWA catalog no: 20410

Media Type: Hardback

Number of pages: 360



این کتاب که پیش‌بینی تقاضای آب شهری نام دارد شامل ۱۴ فصل و ۳۵۰ صفحه است. این کتاب طیف گسترده‌ای از تأثیرات عوامل مختلف بر تقاضای آب شهری همانند آب و هوا، تغییر اقلیم، قیمت‌ها و نرخ‌های آب و برنامه‌های حفاظت کوتاه‌مدت و بلندمدت را مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین در این کتاب توضیح داده می‌شود که چگونه تمام تکنیک‌های پیش‌بینی تقاضای آب، که توسط تاسیسات آب و برق ایالات متحده استفاده شده است، به کار گرفته شوند. برای مثال:

۱. پیش‌بینی تقاضای سرانه آب سالانه
۲. پیش‌بینی تقاضای آب سالانه توسط طبقه مشتری عمده و اصلی
۳. پیش‌بینی حداکثر تقاضای روزانه
۴. پیش‌بینی تقاضای آب ماهانه
۵. پیش‌بینی تقاضای آب روزانه
۶. پیش‌بینی درآمد مربوط به میزان پیش‌بینی تقاضای آب

این کتاب راه‌کارهایی برای انتخاب روش‌های پیش‌بینی درست را با توجه به کاربردهای در نظر گرفته شده توسط طراح یا کاربر، مانند ظرفیت سیستم اندازه‌گیری و تامین آب خام، میزان مصرف، پیش‌بینی درآمد یا برنامه ریزی سیستم‌های توزیع، ارائه می‌دهد. علاوه بر این، کتاب به کاربر می‌گوید که چه اطلاعاتی را برای پیش‌بینی نیاز دارد و نشان می‌دهد که چگونه از تکنیک‌های مفید مانند انحراف منحنی، تحلیل رگرسیون آماری و سایر روش‌های قدرتمند استفاده کند. کاربر می‌تواند پیش‌بینی تقاضای آب را با اطلاعاتی که در این کتاب وجود دارد، به صورت پیچیده یا ساده، انجام دهد.

لوح فشرده ضمیمه این کتاب شامل موارد زیر است:

- ۲۰ سال داده‌های آب و هوایی روزانه
- ۶۶ سال استفاده روزانه از آب (مجموعه قابل توجهی از داده‌ها، مورد استفاده برای چندین تمرین مهم در تجزیه و تحلیل تقاضای آب)
- نمودار منحنی تقاضا (آزمایش رابطه قیمت و تقاضا)
- داده‌های ۱۵ ساله برای تجزیه و تحلیل تقاضای سرانه آب (درک مفاهیمی مانند تحلیل رگرسیون)
- داده‌های ماهانه ۱۰ ساله درباره ابعاد و عوامل کاربرد آب (پیش‌بینی تنوع فصلی استفاده از آب برای یک کلاس مشتری یا ابزار)
- انواع پیش‌بینی‌های تقاضای آب و برنامه‌های کاربردی

فعالیت‌های عمده انجام شده انجمن آب و فاضلاب ایران در سه ماهه اول سال ۱۳۹۷ به شرح زیر است:

- ✿ انتشار شماره چهارم از سال دوم نشریه علمی- ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب
- ✿ برگزاری هفتمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
- ✿ تشکیل هشتمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
- ✿ دیدار معاونت پژوهشی سازمان آب و برق خوزستان با رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب
- ✿ تشکیل بیست و یکمین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب
- ✿ حمایت علمی از یازدهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران
- ✿ برپایی غرفه در نمایشگاه جانبی یازدهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران
- ✿ تشکیل نهمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
- ✿ تشکیل دهمین جلسه شورای سیاستگزاری دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
- ✿ تشکیل هفتمین جلسه کمیته تخصصی "تلفات آب" انجمن آب و فاضلاب ایران
- ✿ انتشار سه شماره خبرنامه به صورت ماهانه

۲۵

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter



<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال سوم - شماره اول - فروردین ماه ۱۳۹۷



اطلاعات تماس:
info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

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

نشانی تلگرام:
<https://t.me/irwwa94>

نشانی لینکدین:
<https://in.irwwa-irwwa-098454117>

مطالب این شماره:

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

همکاران خبرنامه:

دکتر سارا نظیف

دکتر مسعود تابش

مهندس سید احمد رضا شاهنگیان

سروش تابش

مسابقه شماره ۱۳

با توجه به کاهش قابل توجه بارشهای سال آبی جاری، به نظر شما اولویت در مواجهه با این کمبود در شهرها چیست؟

(الف) محدود کردن مصارف غیر خانگی اعم از فضای سبز و صنعتی

(ب) اعمال مدیریت مصرف

(ج) تامین منابع آب جایگزین

لطفا شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل comp.irwwa@gmail.com تا ۲۱ اردیبهشت ارسال فرمایید. در قسمت subject ایمیل، شماره مسابقه را وارد کنید. در پایان هر ماه به نفر برگزیده به قید قرعه هدیه‌ای اعطا می‌شود.

سخن اول:

بهار فرا رسید و همراه با خود مزه روزهای بهتر را به همراه آورد ولی متأسفانه اخبار وضعیت منابع آب کشور نوید روزهای خوبی را نمی‌دهند. کاهش بسیار شدید بارش‌ها در سطح کشور که در طول چند دهه گذشته بی‌سابقه بوده است، نشان از این دارد که تابستان امسال روزهای سختی برای همه ما در انتظار است. برماست که با توجه به این امر از همین امروز به فکر باشیم تا بتوانیم ضمن ارائه راهکارهای موثر برای مواجهه با این چالش، مشارکت جدی با مسئولان در مدیریت مصرف خود داشته باشیم. انجمن آب و فاضلاب ایران ضمن اعلام آمادگی برای مشارکت و همراهی با موسسات و شرکت‌ها در انجام مطالعات به منظور بررسی رویکردهای مواجهه با کم‌آبی، پذیرای نظرات و پیشنهادات شما برای ارائه به سازمان‌ها و ارگان‌های ذیربط است.

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA
Iran Water & Wastewater Association

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال سوم - شماره دوم - اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

اطلاعات تماس:
info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۲۹۱۳۹۰

نشانی پستی:
تهران، خیابان
طالقانی، بین
خیابان، قدس و
وصال، پلاک ۴۲۹
طبقه ۷، واحد ۷

نشانی تلگرام:
[https://
t.me/irwwa94](https://t.me/irwwa94)

نشانی لینکدین
[https://
ir.linkedin.com/
irwwa-irwwa-
098454117](https://ir.linkedin.com/company/irwwa-irwwa-098454117)

مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- فناوری
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

دکتر سارا نظیف
دکتر سمود نایش
مهندس سید احمدرضا
شاهکیان
سروش نایش

سخن اول:

مسئله شماره ۱۴

به نظر شما بیشترین آسیب پذیری شبکه های توزیع آب در کدام بخش می باشد؟

- ۱- عدم وجود سیستم تاسیسات
- ۲- فرسودگی سیستم و لوله ها
- ۳- عدم بهره برداری و عملکرد صحیح شبکه های آب

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

وقوع بحران و حوادث غیرمنتظره و عمدی در هر سیستمی بدهی و طبیعی است. آنچه که بسیار مهم و ضروری است آن است که با در نظر گرفتن ریسک منطقی ناشی از وقوع این شرایط، زمینه را برای پیشگیری و شناسایی پتانسیل این موارد با در نظر گرفتن تعهدات لازم در شرایط پیش از بحران فراهم نمود. از جمله این موارد می توان به بروز آلودگی در شبکه های توزیع آب اشاره نمود. اولین گام در مواجهه با این شرایط فراهم بودن سیستم پایش کیفیت آب در بخش های مختلف سیستم تأمین و توزیع آب است. اما حوادثی که در سال های اخیر به وقوع پیوسته نشان از آن دارد که متأسفانه توجه کافی به این حوزه نشده است و سیستم های تأمین و توزیع آب کشور در این زمینه بسیار آسیب پذیر هستند. انجمن آب و فاضلاب ایران از شما صاحب نظران و صاحبان ذهن دعوت می نماید تا نظرات و ایده ها و دستاوردهای مطالعاتی و تحقیقاتی خود را با ما در میان بگذارید.



TV

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter



انجمن آب و فاضلاب ایران
IWWA
Iran Water & Wastewater Association

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال سوم - شماره سوم - خرداد ماه ۱۳۹۷

اطلاعات تماس:
info@iwwa.ir
۰۲۱-۸۸۴۹۱۳۹۰

نشانی پستی:
تهران، خیابان طالقانی، بین
خیابان، قدس و وصال
پلاک ۴۲۹، پتیه ۴، واحد
۷

نشانی تلگرام:
<https://telegram.me/IWWA94>

نشانی linkedin:
<https://ir.linkedin.com/in/iwwa-irwva-098454117>



مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیشرو
- فناوری
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

دکتر سارا نظیف
دکتر سمود تابش
مهندس سید احمدرضا
شاهنگیان
سروش تابش

سخن اول:

مسئله شماره ۱۵

برای بهبود اعتماد میان مردم و مسئولان در حوزه مدیریت آب کشور به نظر شما چه گزینه‌ای موثرتر است؟

الف) ارائه اطلاعات و آموزش های همگانی در رشته های جمعی
ب) برگزاری بازدیدها و آموزش های فیزی برای گروه های ارتکاز
ج) شفاف سازی جریان اطلاعات
د) آموزش در سطح مدارس
ه) لغذا شماره گزینه منتخب خود را به آدرس ایمیل info.iwwa@gmail.com ارسال فرمایید در قسمت subject ایمیل شماره مسأله را وارد کنید در پایان هر سال به نفر برگزیده به دید فرجه هدیهایی اعطا می شود.

پارن رحمت الهی در روزهای بهار در نقاط مختلف کشور در حال باریدن بود و در بسیاری موارد از مردم می شنویم که "خدا رو شکر مشکل کم آبی اسال حل شد". این در حالی است که وقتی وضعیت سدهای کشور و ذخایر برقی را بررسی می کنیم، مشکل همچنان پابرجاست و تابستان سختی پیش رو داریم. مسئولان همچنان در حال هشدار کم آبی سال جاری هستند در حالی که مردم با خیالی آسوده بابت بارندگی های گسترده روزهای اخیر در حال شستوشو حیاط و پارکینگ یا آب شرب شهری هستند به نظر شما مشکل کجاست؟ به نظر می رسد سیاست های تابین آب که به قیمت نابود کردن منابع آب در سال های گذشته نيزاهی آبی را نماین کرده اند، این بار را در میان مردم ایجاد نموده که واقعیت چیزی دیگری است و پشت این هشدارها نیز ختمنا بازی های سیاسی نهفته است. اعتمادسازی بین مدیران و تصمیم سازان و مردم نکته بسیار مهمی در استراتژی های مدیریت مصرف است که در سالهای گذشته مورد غفلت قرار گرفته است.

کنفرانس‌های داخلی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
کنفرانس بین‌المللی جامعه و محیط زیست	تهران، دانشگاه تهران	۱۱ شهریورماه	https://icse.ut.ac.ir/
هفدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران	شهرکرد، دانشگاه شهرکرد	۱۴ و ۱۵ شهریورماه ۱۳۹۷	http://conf.sku.ac.ir/17hydro
اولین دوره همایش ملی مدل سازی و فناوری‌های جدید در مدیریت آب	بیرجند، دانشگاه بیرجند	۱۹ و ۲۰ مهرماه	https://conf.birjand.ac.ir/MIWM/post.aspx?id=725
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 تا ۲۴ آبان‌ماه ۱۳۹۷	http://iwwa-conf.ir/

کنفرانس‌های خارجی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
6th Busan Global Water Forum – Supported	Busan Metropolitan City, South Korea	5 - 6 September 2018	http://en.bwf.kr/board/?id=s11
IWA World Water Congress & Exhibition 2018	Tokyo, Japan	16 - 21 September 2018	http://www.worldwatercongress.org/
11th International Conference on Urban Drainage Modelling (UDM2018)	Palermo, Italy	23 - 26 September 2018	https://www.udm2018.org/
16th International Conference of the IWA Specialist Group on Wetland Systems for Water Pollution Control	Valencia, Spain	30 September - 4 October 2018	http://icws2018.webs.upv.es/
iwater – International Integrated Water Cycle Show – Supported	Barcelona, Spain	13 - 15 October 2018	http://www.iwaterbarcelona.com/en/home
Water IDEAS 2018 International Conference on Efficient Management of Water Loss, Energy and Demand and on Smart Water Distribution Systems – Supported	Bologna, Italy	17 - 19 October 2018	http://water-ideas.com/2018/en/
XIII Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion (DAALXIII)	Medellin, Colombia	21 - 24 October 2018	http://ingenieria.udea.edu.co/daal13eng/
IWA Regional Conference on Opportunities for Water Reuse in Southeast Asia	Phuket Province, Thailand	31 October - 2 November 2018	http://iwareusethailand2018.org/
1st Latin American and Caribbean Young Water Professionals Conference	Querétaro, Mexico	5 - 8 November 2018	http://www.lac-ywpconference.org/
2nd Water Energy NEXUS International Conference – Supported	Salerno, Italy	14 - 17 November 2018	http://waterenergynexus.org/
Nutrient Removal and Recovery Conference 2018 – Closing the Loop	Brisbane, Australia	18 - 21 November 2018	http://www.nrr2018.org/

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
3rd Regional IWA Diffuse Pollution Conference	Chiang Mai, Thailand	19 - 22 November 2018	http://www.iwadp2018.nu.ac.th/
Pretreatment Industrial Water – Supported	Frankfurt am Main, Germany	27 - 30 November 2018	http://dechema.de/en/industrialwater.html
IWA 6th Regional Membrane Technology Conference	Vadodara, Gujarat State, India	10 - 12 December 2018	http://www.iwa-rmtc2018.in/
Efficient 2019 – The 10th IWA Specialist Conference on Efficient Urban Water Management	Manila, Philippines	13 - 16 January 2019	https://efficient2019.org/
8th International Conference on Swimming Pool & Spa – Supported	Marseille, France	19 - 22 March 2019	https://8thswimpoospa.sciencesconf.org/
Wasser Berlin International 2019 – Supported	Berlin, Germany	26 - 28 March 2019	http://www.wasser-berlin.de/en/About/
12th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse	Berlin, Germany	16 - 20 June 2019	http://iwareuse2019.org/
10th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries	Rhodes, Greece	19 - 21 June 2019	http://agro2019.itu.edu.tr/
9th IWA Specialised Membrane Technology Conference & Exhibition for Water and Wastewater Treatment and Reuse	Toulouse, France	23 - 27 June 2019	https://mtc2019.sciencesconf.org/
International Young Water Professionals Conference	Toronto, Canada	23 - 27 June 2019	http://iwa-youngwaterprofessionals.org/
16th IWA World Conference on Anaerobic Digestion	Delft, Netherlands	23 - 27 June 2019	https://www.ad16conference.com/
IWA Conference on Algal Technologies and Stabilisation Ponds for Wastewater Treatment and Resource Recovery	Valladolid, Spain	1 - 2 July 2019	http://eventos.uva.es/23274/detail/iwalgae-2019.html
The 11th International Symposium on Water Supply Technology – Supported	Yokohama, Japan	9 - 11 July 2019	http://www.iwa-network.org/events/the-11th-international-symposium-on-water-supply-technology-supported/
9th International Conference on Sewer Processes and Networks	Aalborg, Denmark	27 - 30 August 2019	http://www.spn9.dk/
3rd IWA Resource Recovery Conference	Venice, Italy	8 - 12 September 2019	http://www.iwarr2019.org/
20th International Symposium on Health Related Water Microbiology	Vienna, Austria	15 - 20 September 2019	http://www.iwa-network.org/events/20th-international-symposium-on-health-related-water-microbiology/

شرکت مهندسين مشاور آبخوان مهندسين مشاور آبخوان با تجربه بيش از ۳۱ سال فعاليت مستمر و ارايه خدمات فني و مهندسي مداوم در زمينه‌هاي مختلف مطالعاتي، "مطالعات پايه منابع آب، طرح‌هاي جامع منابع آب"، "تهيه اطلس‌هاي منابع آب"، "مطالعات آب‌هاي زيرزميني، (شناسايي، نيمه تفصيلي، ادامه مطالعات)"، "به تعادل رساندن بيلان آب‌هاي زيرزميني"، "تغذيه مصنوعي"، طراحي و نظارت پروژه‌هاي استاني، منطقه‌اي و ملي طرح‌هاي "توسعه منابع آب و شبکه‌هاي آبياري و زهکشي"، "توسعه منابع آب و سدسازي"، "تامين، انتقال و شبکه توزيع آب شرب"، "کشاورزي و منابع طبيعي"، "محيط زيست"، در نقاط مختلف کشور و با برخورداری از کادر کارشناسی متخصص و با تجربه، همراه با امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پيشرفته، افتخار اين را دارد که طرح‌ها و پروژه‌هاي مختلف و موفقي را در اقصى نقاط ميهن مطالعه، طراحي و نظارت نموده است. اين شرکت در حال حاضر، در پنج تخصص زير داراي رتبه‌بندی در پايه‌هاي ۱، ۲ و ۳ است: • "شبکه‌هاي آبياري و زهکشي" • "سدسازي" • "تاسيسات آب و فاضلاب" • "کشاورزي، منابع طبيعي و دامپروري" • "محيط زيست"	 مهندسين مشاور آبخوان منابع آب - تاسيسات شهري - سدسازي - کشاورزي، منابع طبيعي و دامپروري - حفاظت و مهندسي رودخانه - محيط زيست
--	---

شرکت بازرگانی سیال کنترل شرکت بازرگانی سیال کنترل در سال ۱۳۸۵ با هدف تامین کلیه اقلام پایپینگ صنعتی و تاسیساتی و خطوط انتقال کشور اعم از شیرآلات، اتصالات و لوله (طبق استاندارد DIN) با انواع متريال (چدني، فولادي، پلي اتيلن، استنلس استيل و ...) و در فشارهاي کاري مختلف (از فشار ۳ بار تا ۱۰۰ بار و استاندارد ANSI) فعاليت مي‌نمايد.	 سیال کنترل FLUID CONTROL ما راهی را پیدا می‌کنیم
--	--

شرکت مهندسي کاشفان نیلفام شرکت مهندسي کاشفان نیلفام از شرکت‌هاي دانش بنیان مستقر در شهرک علمي و تحقيقاتي اصفهان، در زمينه طراحي و ساخت پکيج‌هاي نوين تصفيه فاضلاب، فناوري‌هاي نوين غشايي (شامل نانوفيلتراسيون) و اجراي شبکه‌هاي جمع‌آوری فاضلاب فعاليت مي‌نمايد. پکيج‌هاي نوين تصفيه فاضلاب از ظرفيت ۱۰ متر مکعب در شبانه‌روز تا ۶۰۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز به‌صورت پيش‌ساخته در کارخانه اين شرکت توليد مي‌شود و به‌دليل بدون بو بودن، استفاده از فضای کمتر، مقرون به‌صرفه بودن، کيفيت پساب خروجي فراتر از استانداردهاي سازمان محيط‌زيست، داراي قابليت استفاده از آب خروجي برای مصارف تاسيسات و آبياري فضای سبز شهري است. اين شرکت مجري تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب صنعتي و بهداشتي (بيش از ۱۰۰ مورد) مطابق استاندارد سازمان حفاظت محيط‌زيست کشور است.	 شرکت مهندسي کاشفان نیلفام
--	---



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

و همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی

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



محورهای کنگره:

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

دانشگاه صنعتی اصفهان

۱۲۲ 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: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۷۴۲



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، مهندسین مشاور، پیمانکاران و سازندگان 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 حیدرپور 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 حیدرپور

دبیر علمی: دکتر محمد رضا چمنی

مهمورهای کنگره

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

دانشگاه صنعتی اصفهان

۲۲ الی ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷

مهلت ارسال مقالات کامل تا ۲۴ / ۶ / ۱۳۹۷

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 جانبی 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*

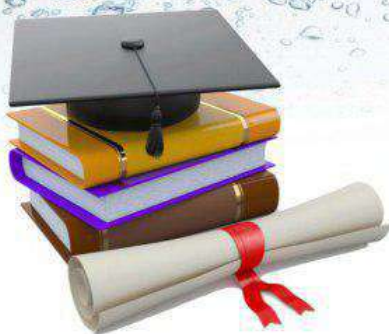
گروه شرکت کنندگان	تا تاریخ ۱۳۹۷/۷/۳۰	بعد از تاریخ ۱۳۹۷/۷/۳۰
اعضاء انجمن آب و فاضلاب ایران	۲,۴۰۰,۰۰۰ ریال	۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال
دانشجویان	۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال	۱,۹۰۰,۰۰۰ ریال
شرکت کنندگان آزاد بدون مقاله	۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال	۳,۷۵۰,۰۰۰ ریال
شرکت کنندگان آزاد با مقاله	۲,۴۰۰,۰۰۰ ریال	۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال
هیئت داوران	۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال	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 صرفا جهت ثبت نام یک مقاله است. هزینه ارسال هر مقاله دیگر ۴۰٪ مبلغ هزینه ثبت نام اولیه است.



فراخوان سومین دوره "انتخاب پایان نامه برتر"

ویژه دانش‌آموختگان سالهای ۱۳۹۲ به بعد



انجمن آب و فاضلاب ایران در نظر دارد در سومین دوره برگزاری مسابقات پایان نامه برتر، به منظور ترویج تحقیقات بنیادی و کاربردی در کلیه حوزه‌های مرتبط با علوم آب و فاضلاب، پایان نامه‌های برتر در "مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری" را مورد تشویق قرار دهد.

از علاقه‌مندان دعوت می‌شود تا برای شرکت در مسابقه، فایل پایان نامه به همراه مقالات منتشر شده علمی- پژوهشی خود را حداکثر تا تاریخ اول مهرماه ۱۳۹۷ از طریق سایت انجمن به نشانی IRWWA.IR بارگذاری نمایند.

جوایز نفرات اول تا سوم در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری، هم‌زمان با برگزاری "دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران" که از ۲۲ تا ۲۴ آبان‌ماه ۱۳۹۷ در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار می‌شود، اعطا می‌گردد.



irwwa.ir
info@irwwa.ir

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰



[Telegram.me/irwwa94](https://t.me/irwwa94)



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

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

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	۱۲۰۰۰۰۰
هزینه صدور و ارسال کارت عضویت	۲۰۰۰۰۰

شماره حساب: ۱۳۵۷۲۰۶۲۳

شماره شب: IR9301800000000000135720623

شماره کارت مجازی: ۵۸۵۸-۸۳۷۰-۰۰۱۲-۶۲۵۶

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

فاضلاب ایران

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

ارسال فرمایید.

* هزینه چاپ آگهی در نشریات انجمن

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

* شامل یک‌سال عضویت حقوقی انجمن

مزایای عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

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

 شرکت مهندسی کاشفان	 سیال کنترل FLUID CONTROL ما راهی را پیدا می‌کنیم	 مهندسین مشاور آپخوان منابع آب - تأسیسات شهری - سدسازی - کشاورزی، منابع طبیعی و دامپروری - حفاظت و مهندسی رودخانه - محیط زیست
 هپیکو شرکت توسعه خط لوله هامون Hamoon Pipe Line Development Company Hapico	 پادیاب تجهیز	 PERSIA ARAS JONOUR Co.
 S.A.A سنجش افزار آسیا (با مسئولیت محدود)	 سپید یاس فراز (سهامی خاص)	 Halilab Group aidar company شرکت مهندسی حلیل آب پایدار
 شرکت فناوری زیست محیط بیاک صیبا تأسیسات: ۱۵۲۲	 مهندسین مشاور تحقیقات آب و فاضلاب	 مهاب غودس شرکت مهندسی مشاور MAHAB GHODSS CONSULTING ENGINEERING CO.
 مهندسین مشاور آببران	 وزارت نیرو شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان	 شرکت آب و فاضلاب استان تهران

- 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 حروف چینی:** نرم‌افزار Microsoft Word 2013

🌀 **عنوان:** کوتاه اما معرف محتوای مقاله است و از ۱۵ واژه تجاوز نمی‌کند.

🌀 **نام نویسنده(گان):** به همان ترتیبی که در مقاله چاپ می‌شود، در یک فایل جداگانه 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:** باید دقیقاً معادل چکیده فارسی باشد.

🌀 **واژه‌های کلیدی فارسی و انگلیسی:** باید یکسان و شامل حداقل چهار و حداکثر شش واژه مجزا باشد که موضوع

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 منحصراً 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 Pdf 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:**

تحقیق، بیشتر پیرامون آنها است.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

🌀 **مقاله غیر انگلیسی:**

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

عنبری، م.، (۱۳۹۲)، «تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب با استفاده از شبکه‌های بیزین»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

🌀 **مقاله انگلیسی:**

Pasha Zanousi, S., Ayati, B., and Ganjoudous T.H.,

(2010), "Investigation of tubifex worms potential in mass and volume reduction of sludge wastewater treatment plants in laboratory scale", *Journal of Water and Wastewater*, 24(4), 59-65.

🌀 مقاله منتشر نشده:

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

🌀 کتاب:

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

🌀 بخشی از کتاب:

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

🌀 موسسه به جای نویسند:

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

🌀 مقالات کنفرانسی:

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

🌀 پایان نامه:

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

🌀 سایت اینترنتی:

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

Journal of Water and Wastewater Science and Engineering

Vol. 3, No. 1, Spring 2018

Ministry of Science, Research and Technology of Iran has granted the Science and Promotion (Elmi-Tarviji) credit to JWWSE according to the letter No. 3/18/290129 at 6 March 2017.

Concessionaire
Director-in-Charge
Editor-in-Chief

Iran Water and Wastewater Association (IWWA)
Tabesh, M. (PhD)
Safavi, H.R. (PhD)

Editorial Board

Azimi, A.A. (PhD): Assistant Professor, University of Tehran and Islamic Azad University (Ahar Branch)
Bina, B. (PhD): Professor, Isfahan University of Medical Science
Ghanadi, M. (MSc): Advisor of Deputy of Engineering and Development, Iran National Water & Wastewater Engineering Company
Naseri, S. (PhD): Professor, Tehran University of Medical Sciences
Nazif, S. (PhD): Assistant Professor, University of Tehran
Safavi, H.R. (PhD): Professor, Isfahan University of Technology
Sajadifar, S.H. (PhD): Assistant Professor, Islamic Azad University, Shahriar Branch and Advisor of Deputy of Planning and Economical Issues, Iran National Water & Wastewater Engineering Company
Sarrafzadeh, M.H. (PhD): Associate Professor, University of Tehran
Tabesh, M. (PhD): Professor, University of Tehran
Takdastan, A. (PhD): Associate Professor, Ahwaz Jundishapur University of Medical Sciences
Taleb Beydokhti, N. (PhD): Professor, Shiraz University
Torabian, A. (PhD): Professor, University of Tehran
Vosoghi, M. (PhD): Professor, Sharif University of Technology



**Industrial Water
and Wastewater
Policy Council**

Ghane, A.A. (MSc): Engineering and Development Deputy of Iran Water and Wastewater Engineering Company
Sayahi, A. (PhD): Director General of the Office of Research, Technology Development and Industry Relations, Iran Water and Wastewater Engineering Company
Hajhariri, A. (MSc): Former Deputy of Supervision of Operation, Tehran Water and Wastewater Company

Editorial Staff:
**Graphic Designer
and Page Setting:**
English Editor:
Publisher:
No. Prints:
Address:
Tel and Fax:
Online ISSN:
E-Mail:

Akhtari, N.
Mahdi Esfahani, N.
Ostadrahimi, A.
Iran Water and Wastewater Association (IWWA)
1000
No. 7, 4th Floor, 429 Taleghani Street, Tehran, Iran.
+98 21 88956097, +98 21 88391390
2588-395X
info@jwwse.ir



ISSN 2588-3941

Journal of Water & Wastewater Science and Engineering

Volume 3, No. 1, Spring 2018

Preface	1
Technical Papers	
Investigation of Hybrid Process of Fenton Oxidation and Adsorption in Phenol Removal from Water Ehsan Mohammadrezaei, Roshanak Rezaei Kalantari and Mohammad Reza Lotfi	4
Using Advanced Oxidation Processes for Treatment of Wastewaters Containing Dimethyl Sulfoxide: A Review Maryam Behroozeh, Mohsen Abbasi and Shahriar Osfour	13
Evaluation of Water Quality in Zarrineh-rood River Using the Standard Quality Index of Iran's Surface Water Resources Saeed Khalifeh and Ali Khoshnazar	22
Ranking the Costs Efficiency of Rural Water and Wastewater Using Fuzzy Analytical Hierarchy Approach Khosro Alinejad and Rahim Dabbagh	35
Evaluation of Economic Performance through Clustering and Vikor Model Case Study: The Urban Water and Wastewater Industry Holding Gholam Reza Ebrahimabadi, Leila Chachi and Mohammad Davoodabadi	47
Local Management of Water and Wastewater Services; Expectations and Approaches Majid Ghanadi	58
Inspection Requirements of Wastewater Collection and Conveyance Networks Bashir Karimi	70
General Section	
Roundtable	75
Workshop Report	93
Best Thesis	95
Book Presentation	96
News	97