



ISSN 2588-3941

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال چهارم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال چهارم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

انجمن آب و فاضلاب ایران

پیشگفتار

۲

مقالات علمی

۴

پیش‌بینی رواناب روزانه در حوضه مارون با استفاده از مدل HEC-HMS

عباس احمدپور، سید حسن میرهاشمی و پرویز حقیقت‌جو

۱۴

مروری بر عملکرد سیستم تماس‌دهنده بیولوژیکی دوار برای تصفیه پساب‌های فنولی

وهب قلعه خندابی، علیرضا فضلعلی و محمد ارجمندزادگان

۲۳

ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه با استفاده از روش FMEA

کبری ستوده مرام، طاهر خواجه پاشا و رحیمه علی‌زاده

۳۴

شبیه‌سازی هدایت الکتریکی دشت بهبهان با استفاده از مدل‌های ANN و ANN-PSO

فهمیه صیادی شهرکی و عاطفه صیادی شهرکی

۴۲

ارتباط ارزش افزوده اقتصادی و مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت

رضا معبودی و داریوش حسنونند

یادداشت فنی

۵۲

مشکلات و مناسب‌ترین راهکارهای تهیه، بهره‌برداری و نگهداری بهینه از تجهیزات ابزار دقیق

در شرکت‌های آب و فاضلاب

هادی جعفری، سید هادی حسینی بیدار و حمیدرضا نیک‌داد

مطالب عمومی

۶۰

مصاحبه

۶۴

میزگرد

۷۶

پایان‌نامه برتر

۷۹

معرفی کتاب

۸۲

گزارش فعالیت‌های انجمن

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

این نشریه طبق نامه شماره ۳/۱۸/۲۹۰۱۲۹ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی- ترویجی دریافت نموده است.

صاحب امتیاز:

مدیر مسئول:

سر دبیر:

انجمن آب و فاضلاب ایران

دکتر مسعود تابش

دکتر حمیدرضا صفوی

اعضای هیئت تحریریه:

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

دکتر مسعود تابش: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر علی ترابیان: استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

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

دکتر سید حسین سجادی فر: استادیار دانشگاه آزاد اسلامی (واحد شهریار) و شرکت آب و فاضلاب استان تهران

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

بازیافت آب

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

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

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

مهندس مجید قنادی: کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت و مشاور معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی شرکت

مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر سیمین ناصری: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه تهران

دکتر سارا نظیف: استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

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



شورای سیاستگزاری

صنعت آب و فاضلاب:

کارشناس اجرایی:

طراح و صفحه آرا:

ناشر:

شمارگان:

آدرس:

تلفن:

نمبر:

شاپا چاپی:

شاپا الکترونیکی:

ایمیل:

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

دکتر احمد سیاحی: مدیر کل 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

ناهید اختری

مهندس سید احمد رضا شاهنگیان، ناهید اختری

انجمن آب و فاضلاب ایران

۱۰۰۰ نسخه

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

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

2588-3941

2588-396X

info@jwwse.ir

پیشگفتار..... ۲

مقالات علمی

پیش‌بینی رواناب روزانه در حوضه مارون با استفاده از مدل HEC-HMS..... ۴
عباس احمدپور، سید حسن میرهاشمی و پرویز حقیقت‌جو

مروری بر عملکرد سیستم تماس‌دهنده بیولوژیکی دوار برای تصفیه پساب‌های فنولی..... ۱۴
وهب قلعه خندابی، علیرضا فضلعلی و محمد ارجمندزادگان

ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی..... ۲۳
تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه با استفاده از روش FMEA
کبری ستوده مرام، طاهر خواجه پاشا و رحیمه علی‌زاده

شبیه‌سازی هدایت الکتریکی دشت بهبهان با استفاده از مدل‌های ANN و ANN-PSO..... ۳۴
فهیمة صیادی شهرکی و عاطفه صیادی شهرکی

ارتباط ارزش افزوده اقتصادی و مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت..... ۴۲
رضا معبودی و داریوش حسنونند

یادداشت فنی

مشکلات و مناسبترین راه کارهای تهیه، بهره برداری و نگهداری..... ۵۲
بهینه از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت های آب و فاضلاب
هادی جعفری، سید هادی حسینی بیدار و حمیدرضا نیک‌داد

مطالب عمومی

مصاحبه..... ۶۰
میزگرد..... ۶۴
پایان نامه برتر..... ۷۶
معرفی کتاب..... ۷۹
گزارش فعالیتهای انجمن..... ۸۲



مدیریت مصرف آب ضرورت توسعه پایدار



حمیدرضا صفوی

سر دبیر نشریه و استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

ایجاد ناپایداری منابع آب در طی چند دهه اخیر در کشور و کاهش ۱۳۰ میلیارد مترمکعبی در منابع آب زیرزمینی و نیز کاهش شدید منابع آب سطحی در دریاچه‌ها، تالابها و رودخانه‌ها باعث ایجاد دغدغه‌های جدی برای مردم، تصمیم‌سازان و مدیران آب در سطوح محلی و ملی شده است. لذا بررسی علل و عوامل ایجاد این بحران از یک‌طرف و چگونگی ایجاد پایداری در زمینه منابع آب کشور از جمله موضوعاتی است که در کلیه سطوح تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی ملی و منطقه‌ای، سازمان‌های مردم‌نهاد و حتی بین عموم آحاد مردم مطرح است. بی‌شک در طی چند دهه اخیر عمده تصمیمات و اقدامات در زمینه مدیریت تامین آب صورت گرفته و کمتر به مقوله مدیریت مصرف پرداخته شده است. به دلیل محدودیت‌های موجود منابع آب کشور و نیز توسعه نامتقارن در زمینه‌های کشاورزی و صنعت و از طرف دیگر افزایش سرانه مصرف آب در شهرها و روستاها، امروزه دیگر سیاست‌های صرفاً مدیریت عرضه آب جوابگو نبوده و اصولاً رها کردن مقوله مدیریت مصرف خود باعث افزایش نیاز آبی شده است. عدم رعایت اصول اقتصاد آب، مصوبات مغایر با حفظ محیط‌های آبی، قوانین منسوخ در زمینه مدیریت آب، ایجاد رقابت در مصرف آب، غالب بودن نظرات سازه‌ای در زمینه آب و عدم استقبال از رویکردهای غیرسازه‌ای، سیاسی کردن مدیریت آب، مداخله و نفوذ برخی کانون‌های قدرت در زمینه منابع آب، همگی باعث ایجاد ناپایداری در منابع آب کشور شده است.

به نظر می‌رسد در این شرایط باید به‌طور جامع به بازنگری جنبه‌های مختلف مدیریت آب اعم از قانون‌گذاری، اجرایی، اقتصادی، اجتماعی و نیز قضایی پرداخته و قوانین و ساختارهای گذشته را در جهت پایدار کردن منابع آب اصلاح نمود. در این پیشگفتار سعی می‌شود به یکی از جنبه‌های مهم اصلاح این ساختار که هم بعد اجتماعی و هم اجرایی دارد و آن مبحث "مدیریت مصرف" در بخش‌های مختلف اعم از شرب و بهداشت،

کشاورزی و صنعتی است پرداخته شود. هر چند مقوله‌های دیگر نظیر نیازمندی به اصلاح ساختارها، قوانین، مسئولیت‌های اجتماعی و نحوه برخورد با تخلفات از منظرهای دیگر نیز از اهمیت برخوردارند، ولی به دلیل موضوعیت مبحث مدیریت مصرف آب با این نشریه در این پیشگفتار به این موضوع پرداخته شده است.

کاهش متوسط آب مصرفی، ضمن حفظ پایداری و کارایی منابع در دسترس، ویژگی اصلی مدیریت مصرف آب است. در حقیقت، مدیریت مصرف آب به دنبال راه‌حل‌های پایدار، منطبق با عوامل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در محدوده گزینه‌های موجود برای تضمین تامین نیازها است. کاهش آب مورد تقاضا سبب رفع نیاز به منابع اضافی آب و تصفیه فاضلاب‌ها می‌شود که هزینه‌های مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی به همراه دارند. مدیریت مصرف بر مکانیزم و دانشی متمرکز است که مصرف‌کننده را پیوسته به سمت کاهش مصرف هدایت می‌کند. اما عدم شفافیت کافی در اجزای مدیریت مصرف و چگونگی معرفی مؤثر به بخش‌ها، مناطق و فرهنگ‌های مختلف، باعث می‌شود نتواند آن‌چنان که شایسته است، نقش پررنگی در برنامه‌ها و سیاست‌های مربوط به آب داشته باشد.

در زمینه مدیریت مصرف آب شهری و روستایی، مطابق دسته‌بندی دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، می‌توان چهار دسته عمده اقدامات را به شرح زیر دسته بندی نمود:

- ۱- رویکرد فنی در بخش‌های عرضه و شبکه توزیع: شامل سخت‌افزار و تجهیزات بخش تولید و توزیع آب و وسایل آبر و آب‌پخش در تاسیسات مشترکین؛
- ۲- رویکرد قانونی و آئین‌نامه‌ای: شامل سهمیه‌بندی، محدودیت و ممنوعیت، تدوین مقررات و استاندارد؛
- ۳- رویکرد اقتصادی و تعرفه‌ای؛
- ۴- رویکرد آموزشی و فرهنگی.

به دلیل ارزش آب شرب و بهداشت و نیز محدودیت تامین، تصفیه، انتقال و توزیع آب با کیفیت در حد شرب و بهداشت، هر چند سهم این بخش نسبت به بخش کشاورزی کمتر است، ولی به دلایل فوق مدیریت مصرف در این بخش بسیار حائز اهمیت است. به‌ویژه رویکردهای آموزشی و فرهنگی در این زمینه تا اندازه زیادی مغفول مانده که نیاز به توجه جدی‌تری دارد.

در بخش کشاورزی که به عنوان اصلی‌ترین مصرف‌کننده آب در اغلب مناطق جهان و از جمله ایران مطرح است، اقدامات متعددی برای کاهش مصرف آب می‌توان انجام داد که عبارتند از:

- ۱- تغییر و اصلاح روش‌های آبیاری به شیوه‌های زیرسطحی و تحت فشار منوط به جلوگیری توسعه سطح زیرکشت ناشی از کاهش مصرف آب در واحد اراضی تحت کشت اطلاق می‌شود؛

- ۲- جلوگیری از تلفات و بهینه‌سازی انتقال آب مانند: روکش کانال‌ها و به‌کاربردن هیدروفلوم؛
 - ۳- تسطیح دقیق و لیزری مزارع؛
 - ۴- ساخت و استفاده از استخر ذخیره آب؛
 - ۵- تجهیز مزارع به سیستم‌های هوشمند تعیین رطوبت خاک و زمان مناسب آبیاری؛
 - ۶- استفاده از پوشش مالچ (خاکپوش)؛
 - ۷- استفاده از منابع آب نامتعارف همانند پساب تصفیه‌شده و آب‌های شور؛
 - ۸- خاک‌ورزی حفاظتی (حفظ باقیمانده گیاهان کشت قبل)؛
 - ۹- توسعه کشت گلخانه‌ای؛
 - ۱۰- استفاده از ارقام زودرس- دیررس یا مقاوم به خشکی- شوری و با نیاز آبی کمتر؛
 - ۱۱- کشت مخلوط محصولات؛
 - ۱۲- مدیریت کشاورز در مزرعه مانند: انتخاب اندازه کرت، نوع کشت و کم آبیاری؛
 - ۱۳- آموزش و ترویج.
- لازم به ذکر است که اثر بخشی هر کدام از شیوه‌های فوق در مناطق مختلف کشور متفاوت بوده و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، نوع محصولات، مسایل اقتصادی و مقبولیت اجتماعی باید امکان‌سنجی و اولویت‌بندی و با آموزش و ترویج به کار برده شود. در بخش صنعت نیز شیوه‌های مختلفی در زمینه مدیریت مصرف براساس نوع صنعت، کوچکی یا بزرگی آن، نوع فرایند تولید و نیز کیفیت محصول قابل کاربرد است که به سه دسته اصلی زیر تقسیم‌بندی می‌شود:
- ۱- تغییر فرایند، برای کم کردن نیاز آبی فرایند؛
 - ۲- استفاده مجدد از پساب یک فرایند در فرایند دیگر؛
 - ۲- بازگردش پساب فرایند به همان فرایندی که از آن سرچشمه گرفته است.
- در زمینه استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده در صنایع بزرگ آب‌بر نیز تاکنون تجارب مفیدی به‌دست آمده که به‌ویژه نیاز صنایع فولادی به آب تازه را به‌شدت کاهش داده است.
- براین اساس به‌نظر می‌رسد نیاز به رویکرد و عزم اجتماعی و نیز حمایت دولت در زمینه مدیریت مصرف آب در بخش‌های مختلف است که تاکنون به‌دلیل دسترسی ساده به منابع آب موجود، به‌عنوان سیاست کلی در کشور دنبال نشده است. در این زمینه از کلیه محققان و متخصصان صنعت آب دعوت می‌شود با آرایه نظرات و تجارب خود در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده آب، مطالب خود را به‌صورت مقاله یا یادداشت فنی به این نشریه آرایه نمایند.

Daily Runoff Prediction in Maroun Basin Using HEC-HMS Model

Abbas Ahmadpor¹, Seyyed Hassan Mirhashemi²,
Parviz Haghighat-Jo^{3*}

1- M.Sc. in Water Resources Engineering, Faculty
of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

2- PhD, Department of Water Engineering, Faculty
of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

3- Associate Professor, Department of Water
Engineering, Faculty of Water and Soil, University
of Zabol, Zabol, Iran.

* Corresponding author, Email:
Parvizhjou@uoz.ac.ir

Received: 29/10/2018

Revised: 28/01/2019

Accepted: 28/01/2019

Abstract

The prediction of stream-flow have incessantly attracted water engineer studies with due regard to its importance in the design of water structures, water intake from the rivers, planning and operation of reservoirs of dams, and erosion and sedimentation control measures in rivers. In this research, HEC-HMS model was used in prediction of daily stream-flow in the Maroun Basin, evaluating the ability and precision of this model in predicting stream-flow. For this purpose, continuous simulation of daily rainfall-runoff was performed before the prediction period using soil moisture accounting algorithm (SMA). In order to calibrate and verify the HEC-HMS model, daily stream-flow data from 1995 to 2006 and from 2007 to 2011 at the Idenak hydrometric Station were respectively used. Then, daily stream-flow at Idenak Station was predicted from 2011 to 2012. The results showed that the goodness of fit tests including Nash-Sutcliffe efficiency index, coefficient of determination and root mean square error in the runoff prediction process at Idenak station are equal to 0.56, 0.67 and 32.2 m³/s, respectively. Therefore, the HEC-HMS model has acceptable ability and precision in predicting runoff.

Keywords: Idenak station, HEC-HMS model, Nash-Sutcliffe coefficient, Prediction of stream-flow, Simulation of rainfall-runoff.

پیش‌بینی رواناب روزانه در حوضه مارون با استفاده از مدل HEC-HMS

عباس احمدپور^۱، سید حسن میرهاشمی^۲، پرویز حقیقت‌جو^{۳*}

۱ - کارشناس ارشد، مهندسی منابع آب، دانشکده آب و خاک،
دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲ - دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل،
زابل، ایران.

۳ - عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک،
دانشگاه زابل، زابل، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: Parvizhjou@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۸

چکیده

پیش‌بینی جریان رودخانه‌ها با توجه به اهمیت آن در طراحی تأسیسات آبی، آبیگری از رودخانه‌ها، برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از مخازن سدها و کنترل فرسایش و رسوب رودخانه‌ها از دیرباز مورد توجه مهندسان آب بوده است. در این تحقیق به پیش‌بینی روزانه رواناب در حوضه مارون با مدل HEC-HMS پرداخته می‌شود، تا توانایی و دقت این مدل در پیش‌بینی رواناب ارزیابی شود. به این منظور ابتدا شبیه‌سازی پیوسته بارش-رواناب به صورت روزانه قبل از زمان پیش‌بینی با استفاده از مدل تلفات شمارش رطوبت خاک (SMA) انجام شد. به منظور واسنجی مدل HEC-HMS از داده‌های دبی روزانه سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵ و صحت‌سنجی مدل از داده‌های سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ در ایستگاه هیدرومتری ایدنک استفاده شد. رواناب روزانه در ایستگاه ایدنک از تاریخ ۱۳۹۰/۷/۱ تا ۱۳۹۱/۸/۱۴ پیش‌بینی شد. نتایج نشان می‌دهد که آزمون‌های نیکویی برازش شامل ضریب ناش-ساتکلایف، ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا در مرحله پیش‌بینی رواناب در ایستگاه ایدنک به ترتیب برابر ۰/۵۶، ۰/۶۷ و ۳۲/۲ مترمکعب در ثانیه است. بنابراین مدل HEC-HMS از دقت و توانایی قابل قبول در پیش‌بینی رواناب برخوردار است.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی رواناب، مدل HEC-HMS، شبیه‌سازی بارش-رواناب، ضریب ناش-ساتکلایف، ایستگاه ایدنک.

مدل HEC-HMS در شبیه‌سازی جریان در دوره صحت‌سنجی و اعتبارسنجی را نشان می‌دهد (Singh and Jain., 2015). شبیه‌سازی جریان بالادست حوضه رودخانه نیل با استفاده از مدل HEC-HMS نشان داد که پارامترهای SMA و مدل مخزن خطی بیشترین تأثیر را در تولید هیدروگراف خروجی حوضه داشته، همچنین توانایی مدل در دوره صحت‌سنجی تأیید شده است (Sintayehu et al., 2015; Sup et al., 2015). مدل‌سازی بارش-رواناب حوضه رودخانه ون را با استفاده از مدل HEC-HMS با بهره‌گیری از الگوریتم تلفات SMA انجام دادند. با در نظر گرفتن عملکرد مدل در شبیه‌سازی رواناب، نتیجه گرفته شد که مدل HEC-HMS کالیبره‌شده را می‌توان برای پیش‌بینی رواناب حوضه رودخانه ون استفاده کرد.

رزمخواه و همکاران (۲۰۱۶) فرایند بارش-رواناب در حوضه آبریز سد کارون ۳ را با روش تلفات نفوذ SMA در مدل HEC-HMS مدل‌سازی نمودند. نتایج مدل‌سازی نشان داد که با توجه به معیار ناش-ساتکلیف، روش SMA برآورد مناسبی از نفوذ ارایه می‌کند. نتایج آنالیز حساسیت مدل نشان داد که ضریب هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره کلارک و زمان تمرکز مهمترین پارامترها برای شبیه‌سازی حداکثر سیلاب هستند. مدل‌سازی بارش-رواناب را در ۱۰ زیر حوضه آبریز مختلف دارای آمار و بدون آمار رواناب (فاقد ایستگاه) با نرم افزار HEC-HMS در زیمبابوه توسط (Gumindoga et al. 2016) انجام شد.

داده‌های میانگین ماهانه جریان را در حوزه آبریز Cekerek ترکیه مورد بررسی قرار داده و یک $(0,1,1) * (1,0,0)$ SARIMA (Sengül and can., 2011). نتایج آن‌ها نشان‌دهنده کارایی و دقت مدل مذکور در مدل‌سازی بود. Yurekli et al. (2005) مدل $(0,1,1)$ ARIMA را برای داده‌های ماهانه در ایستگاه سنجش آساکیک‌داریک در رودخانه کاراسو برازش دادند (Valipour et al., 2012). به پیش‌بینی ماهانه جریان ورودی به مخزن سد دز با استفاده از مدل اتورگرسیو شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج تحقیقات نشان داد که بهترین مدل برای پیش‌بینی جریان ورودی به مخزن سد دز، مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی خودکار رگرسیونی بوده که قادر به پیش‌بینی جریان در ۵ سال آینده است. توانایی مدل میانگین متحرک فصلی (SARIMA) و مدل میانگین متحرک (ARIMA) برای پیش‌بینی بلندمدت رواناب در ایالات متحده توسط (Valipour, 2015) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دقت مدل SARIMA بیشتر از مدل ARIMA است. همچنین سهم هر یک از زیرحوضه‌های فاقد آمار در تولید رواناب خروجی حوضه بررسی و محاسبه شد. نتایج نشان داد که مدل میزان رواناب و دبی پیک حوضه را در حوضه‌های دارای آمار بطور مناسبی پیش‌بینی می‌کند.

پیش‌بینی رواناب به‌منظور بهره‌برداری موثر از مخازن کنترل سیل و سامانه‌های سیل بندهای خاکی و بتنی ضروری است. از این‌رو پیش‌بینی رواناب در حوضه‌های آبریز از اهمیت زیادی برخوردار است. پیش‌بینی‌ها همچنین ممکن است با برآورد زمان و محدوده خسارات موردانتظار یا شرایط مخرب سیل، بهره‌برداری اضطراری را پشتیبانی نماید. پیش‌بینی‌ها بر مبنای شرایط هواشناسی و هیدرولوژیکی اخیر در حوضه هستند و ممکن است شرایط هواشناسی پیش‌بینی شده در آینده را شامل شوند. اگرچه اکثر کاربردها در زمینه پیش‌بینی سیل است، پیش‌بینی رواناب ممکن است تامین آب، انرژی برق آبی، نیازهای زیست‌محیطی و دیگر نیازهای بهره‌برداری را پشتیبانی نماید.

خضریان نژاد و همکاران (۱۳۹۱) به پیش‌بینی رواناب با استفاده از پیش‌بینی کمی بارش حاصل از برونداد مدل‌های پیش‌بینی عددی جو پرداختند. برای پیش‌بینی بارش از مدل WRF و برای پیش‌بینی رواناب از مدل HEC-HMS استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مقادیر رواناب پیش‌بینی شده کمتر از مقادیر مشاهده‌ای است. غفوری و همکاران (۱۳۹۲) مدل‌سازی پیوسته جریان روزانه در حوضه کارون به کمک مدل تلفات SMA انجام دادند. نتایج حاصل توانایی مدل HEC-HMS در شبیه‌سازی پیوسته جریان در دوره صحت‌سنجی و اعتبارسنجی را نشان داد. یعقوبی و مساح (۱۳۹۳) سه مدل HBV، IHARCES و HEC-HMS را برای شبیه‌سازی پیوسته بارش-رواناب در حوضه‌های نیمه خشک بررسی نمودند. در تعیین عملکرد مدل‌ها از معیار عملکرد ضریب نش، ضریب تعیین و معیار RMSE استفاده کردند. پارامترهای ذخیره‌سازی خاک، نفوذ و ذخیره‌سازی کشتی خاک به‌عنوان پارامترهای حساس مدل HEC-HMS مشخص شدند که تأثیر زیادی بر نتایج خروجی مدل دارند، این درحالی است که مدل IHARCES به میزان یکسان از خود حساسیت نشان داده‌است.

معصوم‌زاده و فتحیان (۱۳۹۵) به شبیه‌سازی پیوسته بارش-رواناب در حوضه دز با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. نتایج بیانگر آن است که مدل HEC-HMS به‌همراه مدل تلفات SMA از قابلیت خوبی در شبیه‌سازی پیوسته رواناب کل روزانه در دوره‌های خشک و تر متوالی در حوضه دز برخوردار است. آن‌ها مدل‌سازی هیدرولوژیکی پیوسته را با HMS در منطقه کارستی آگتک با استفاده از الگوریتم SMA انجام دادند. نتایج نشان داد که مدل توانسته نتایج معقول را به‌دست آورد اما نیاز به تصحیح بیشتر پارامترها وجود دارد.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی پیوسته جریان با استفاده از الگوریتم SMA در حوضه آبریز وامسادهارا هند توانایی

با توجه به مطالعات انجام شده تاکنون می‌توان دریافت که در زمینه شبیه‌سازی تک‌واقع و پیوسته بارش-رواناب در حوضه‌های آبریز، تأثیر توسعه شهری بر دبی اوج سیل و تعیین پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در حوضه‌های مختلف مطالعاتی انجام شده است. اما در زمینه پیش‌بینی جریان آبراهه در حوضه‌های آبریز با مدل HEC-HMS مطالعه‌ای تاکنون انجام نشده است. بنابراین هدف از این مقاله ارزیابی دقت مدل مفهومی HEC-HMS در پیش‌بینی جریان روزانه آبراهه در حوضه مارون می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

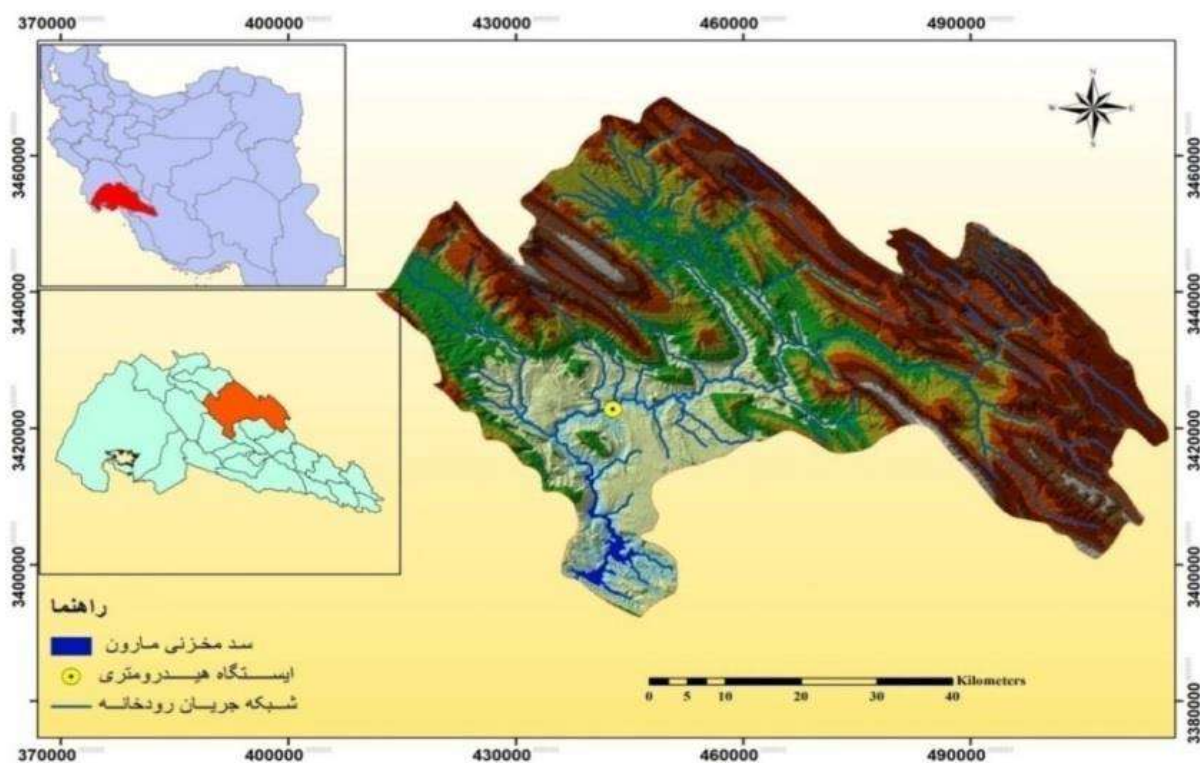
۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه مارون با مساحت حدود ۳۸۲۴ کیلومترمربع در مختصات جغرافیای (۴۹°۵۰') تا (۵۱°۱۰') طول شرقی، (۳۰°۳۰') تا (۳۱°۲۰') عرض شمالی و در ارتفاعات شهرستان بهبهان در استان خوزستان واقع شده است. حوضه آبریز مارون

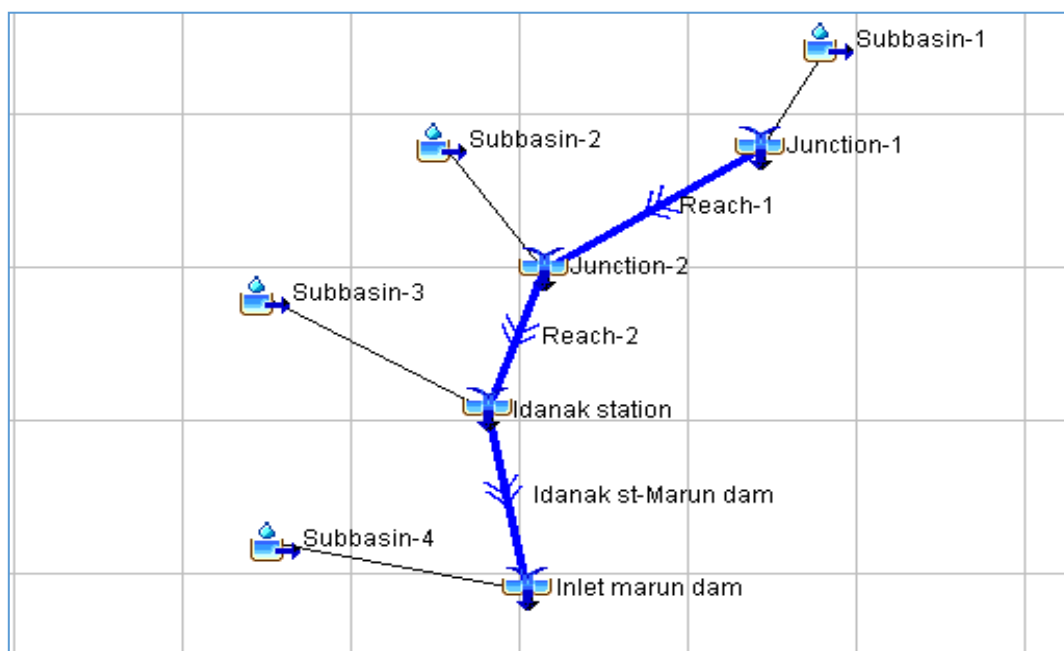
توسط حوضه‌های آبریز رودخانه‌های زهره و کارون در استان خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد احاطه شده است. بخش عمده حوضه آبریز رودخانه مارون را مناطق کوهستانی تشکیل می‌دهد. از این میان بخش‌های شمالی و شرقی به ترتیب نسبت به بخش‌های دیگر ارتفاع بیشتری دارند. حوضه آبریز مارون تا محل سد مارون بر اساس توپوگرافی و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری با استفاده از نرم‌افزار ARCGIS به چهار قسمت تقسیم شده و هر یک به عنوان یک زیرحوضه به مدل حوضه معرفی شده است. شکل ۱ نقشه زیرحوضه‌بندی را همراه با شماره‌های مربوط به هر زیر حوضه و موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری را نشان می‌دهد. شماتیک مدل هندسی حوضه مارون در محیط مدل HEC-HMS در شکل ۲ ارائه شده است. مشخصات هندسی زیرحوضه‌ها نیز در جدول ۱ نشان داده شده است. داده‌های بارندگی از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی متعلق به وزارت نیرو تهیه شده است. مقادیر دبی جریان در ایستگاه هیدرومتری ایدنک متعلق به وزارت نیرو برای کالیبراسیون مدل استفاده شده است.

جدول ۱- مشخصات هندسی زیر حوضه‌های حوضه مارون.

زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	ضریب گراولبوس	حداقل ارتفاع (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)	ارتفاع متوسط (متر)	شیب متوسط حوضه (درصد)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)
۱	۹۱۷/۵	۱۷۲/۹	۰/۰۷۲	۱۳۳۹	۳۴۹۱	۲۴۱۵/۰۲	۷/۱	۳۲/۰۲
۲	۶۸۶/۶	۷۳/۶	۰/۰۳۵	۸۵۹	۳۳۲۱	۲۰۷۹/۰۶	۹/۴	۴۱/۹
۳	۱۰۶۷/۴	۸۷/۵	۰/۰۴۷	۵۶۷	۳۱۶۵	۱۸۶۴/۵	۷/۹	۷۰/۶
۴	۱۰۲۰/۳	۹۵/۲	۰/۰۵۴	۳۶۲	۳۱۱۷	۱۷۴۶/۸	۸/۶	۷۳/۳



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز سد مارون (ایدنک) (زلکی بدیلی و همکاران، ۱۳۹۱)



شکل ۲- شماتیک مدل هندسی حوضه مارون در محیط مدل HEC-HMS

می‌شود. زیرحوضه‌ها و آبراهه‌ها در یک آلترناتیو پیش‌بینی با مقادیر پیش‌فرض با استفاده از مقادیر پارامترهای مدل حوضه مقداردهی می‌شوند. مقادیر پارامترها در المان‌ها ممکن است برای پیش‌بینی بدون تغییر در مقادیر پارامترهای اصلی در مدل حوضه اصلاح شوند. این برای اصلاح پارامترها لازم نیست. با این‌وجود اکثر پیش‌بینی‌ها نیاز به اصلاح پارامترها برای اعمال شرایط فعلی حوضه به‌علت شرایط فعلی هواشناسی را شامل می‌شوند.

۲-۳- انتخاب مدل‌های محاسبه تلفات، جریان پایه، تبدیل رواناب و روندیابی

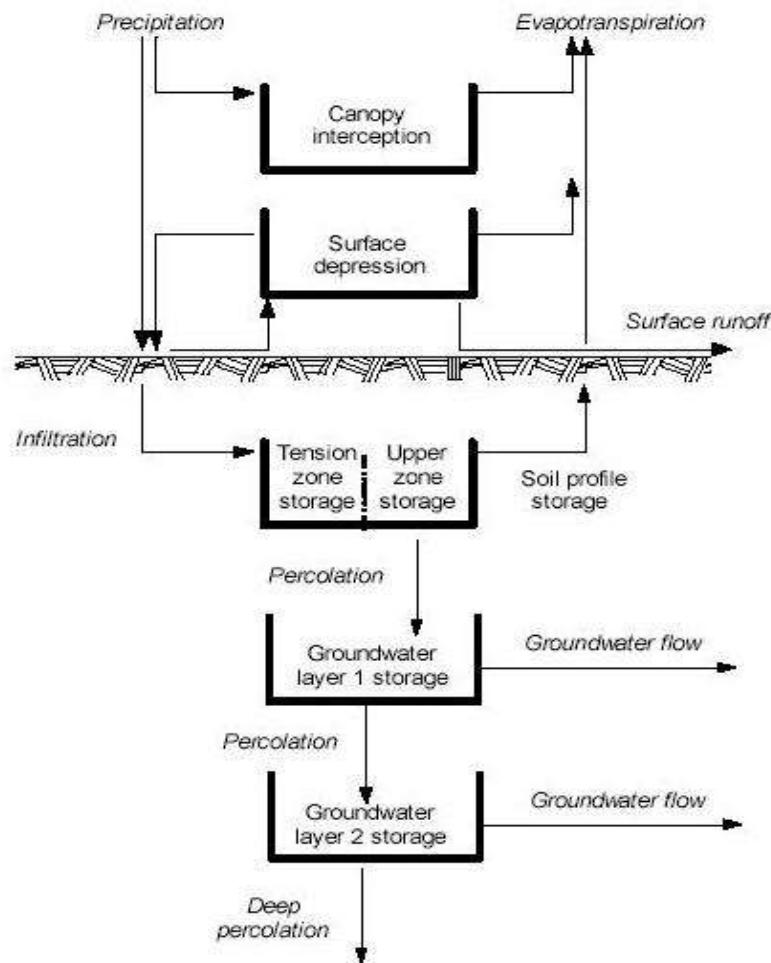
به‌منظور شبیه‌سازی فرایند بارش-رواناب، برای مدل تلفات شمارش رطوبت خاک (SMA) استفاده شد. مدل SMA تنها مدل پیوسته در این نرم‌افزار بوده و علاوه‌بر جدید بودن آن، توانایی مدل‌سازی سیستم‌های هیدرولوژیکی را برای دوره‌های طولانی‌مدت به‌صورت پیوسته دارد. (HEC, 2000) این مدل با استفاده از یک‌سری لایه‌های ذخیره‌کننده، حوضه آبریز را معرفی می‌نماید. هنگامی که بارش صورت می‌گیرد اولین لایه‌ای که ظرفیت آن پر می‌شود ذخیره برگابی است. دومین لایه ذخیره‌ای، ذخیره چالابی است و سپس نفوذ سطحی رخ می‌دهد. لذا سومین لایه ذخیره، ذخیره پروفیل خاک است. آب مازاد بر ذخایر مذکور به‌صورت رواناب سطحی ظاهر می‌شود. پروفیل خاک ب‌رآثر تبخیر و تعرق، بخشی از آب خود را از دست می‌دهد و بخشی از آب آن توسط نفوذ عمقی به لایه‌های آب زیرزمینی می‌رسد. ذخایر آب زیرزمینی به مدل مخزن خطی برای مدل‌سازی جریان پایه رودخانه مرتبط می‌شود.

۲-۴- پیش‌بینی رواناب با مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS

مدل HEC-HMS یکی از پرکاربردترین مدل‌های بارش-رواناب در ایالت متحد آمریکا است. این مدل یک مدل مفهومی نیمه‌توزیعی بوده که دارای قابلیت شبیه‌سازی تلفات و نفوذ، ذوب برف، روندیابی زیرحوضه‌ها و روندیابی شبکه رودخانه‌ها است. در نسخه جدید این مدل، قابلیت پیش‌بینی جریان (forecasting stream flow) اضافه شده است. پیش‌بینی رواناب معمولاً شامل شبیه‌سازی شرایط گذشته و آینده است. پیش‌بینی با انتخاب زمان پیش‌بینی شروع می‌شود. معمولاً زمان پیش‌بینی آخرین زمان موجود برای مشاهدات هواشناسی بارش روزانه، دمای هوا روزانه و بقیه متغیرها است. اگر مشاهدات رواناب، اشل و رقوم سطح آب در مخزن موجود باشد، آخرین مقدار موجود عموماً نزدیک به زمان پیش‌بینی است. شبیه‌سازی به‌صورت ساعتی یا روزانه قبل از زمان پیش‌بینی شروع می‌شود. نتایج محاسبه‌شده بین زمان شروع و زمان پیش‌بینی به‌عنوان دوره Look back نامیده می‌شود. هنگامی که مشاهدات شرایط فعلی حوضه موجود باشد، با نتایج محاسبه‌شده در دوره Look back مقایسه می‌شوند تا اصلاحات کالیبراسیون، انجام شده و عملکرد مدل را بهبود ببخشد.

معمولاً مشاهدات هواشناسی بعد از زمان پیش‌بینی موجود نیستند و پیش‌بینی مقادیر آینده استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال پیش‌بینی کمی بار (QPF)، پیش‌بینی هواشناسی مقدار بارش آینده را تهیه می‌کند. پیش‌بینی‌های مشابه برای بقیه متغیرهای هواشناسی مانند دمای روزانه نیز استفاده می‌شود. رواناب آینده بر مبنای شرایط هواشناسی پیش‌بینی‌شده شبیه‌سازی می‌شود. این دوره از زمان در آینده، دوره پیش‌بینی (forecast time) نامیده

شکل ۳ طرح شماتیک و مفهومی الگوریتم محاسبه رطوبت خاک را نشان می‌دهد. همچنین از بین مدل‌های مختلف تبدیل بارش به رواناب، مدل هیدروگراف واحد کلارک به دلیل استفاده عمومی‌تر در حوضه‌های بزرگ و عملکرد قابل قبول آن استفاده شد. همچنین بنابر توصیه‌های صورت گرفته به همراه مدل SMA



شکل ۳- طرح شماتیک و مفهومی الگوریتم محاسبه رطوبت خاک (HEC, 2000)

از مدل جریان پایه مخزن خطی برای برآورد جریان پایه بهره گرفته شد. برای روندیابی هیدروگراف در طی بازه‌ها رودخانه نیز روش روندیابی ماسکینگام انتخاب شد. علاوه بر این با توجه به برف گیر بودن حوضه برای مدل سازی ذوب برف از روش شاخص دما هوای روزانه استفاده شد.

۲-۳- کالیبراسیون و صحت سنجی مدل HEC-HMS

به منظور کالیبراسیون مدل HEC-HMS در شبیه سازی پیوسته جریان، از داده های دبی روزانه از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ و برای صحت سنجی مدل از داده های از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ در ایستگاه هیدرومتری ایدنک استفاده شد. پیش بینی رواناب در ایستگاه ایدنک از تاریخ ۱۳۹۰/۸/۱۴ تا ۱۳۹۱/۸/۱۴ انجام شد. پارامترهای کالیبراسیون برای هر زیرحوضه شامل ۱۴ پارامتر مربوط به مدل تلفات SMA، ۶ پارامتر مربوط به مدل مخزن خطی و ۲ پارامتر مربوط به مدل تبدیل بارش به رواناب کلارک است. پارامترهای کالیبراسیون برای هر آبراهه شامل ۲ پارامتر مربوط به ضرایب X و K ماسکینگام است. با توجه به این که تعداد زیرحوضه ها و آبراهه های حوضه مارون به ترتیب برابر با ۴ و ۳ است، تعداد کل پارامترها برای کالیبراسیون مدل HEC-HMS برابر با ۹۴ به دست می آید. بنابراین با توجه به تعداد زیاد پارامتر،

کالیبراسیون مدل زمان بر است.

مدل مخزن خطی که برای تهیه جریان پایه مورد استفاده قرار می گرفت با مدل SMA رابطه مستقیم داشته و ضرایب آب های زیرزمینی برای هر دو مدل به یکدیگر وابسته هستند. عملیات کالیبراسیون مدل می تواند به صورت دستی و با استفاده از قضاوت مهندسی به روش سعی و خطا و یا به صورت خودکار توسط مدل انجام گیرد. چنانچه داده های هیدرومتری در نقاط درونی حوضه و خروجی زیر حوضه ها وجود داشته باشد، این امر به کالیبراسیون زیرحوضه ها کمک زیادی خواهد نمود. در حوضه مارون عمل کالیبراسیون مدل فقط در ایستگاه هیدرومتری ایدنک به صورت دستی با تصحیح مکرر پارامترها در هربار اجرای مدل صورت گرفته است.

برای مقایسه هیدروگراف مشاهداتی با هیدروگراف شبیه سازی شده در مراحل کالیبراسیون؛ صحت سنجی و

پیش‌بینی مدل، از شاخص‌های نیکوئی برازش مختلفی می‌توان استفاده نمود. این شاخص‌ها به دو گروه معیارهای گرافیکی و پارامترهای آماری سنجش خطا قابل تقسیم هستند. از دسته معیارهای گرافیکی می‌توان به ترسیم هیدروگراف جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در کنار هم اشاره کرد. از شاخص‌های آماری سنجش خطا می‌توان به ضریب تعیین^۱، ضریب ناش-ساتکلایف^۲، درصد خطای حجمی کل^۳ و ریشه میانگین مربعات خطا^۴ اشاره کرد که به ترتیب در روابط ۱ تا ۴ آمده است. ضریب ناش-ساتکلایف بیانگر راندمان مدل بوده که اخیراً در مسائل هیدرولوژی به‌وفور مورد استفاده قرار گرفته است. ضریب ناش-ساتکلایف می‌تواند مقداری از منفی بینهایت تا یک را به خود اختصاص دهند که عدد یک، نشان‌دهنده برازش کامل و انطباق ۱۰۰٪ بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده است.

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}} \quad (1)$$

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \right] \quad (2)$$

$$PTVE = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n O_i} * 100 \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2} \quad (4)$$

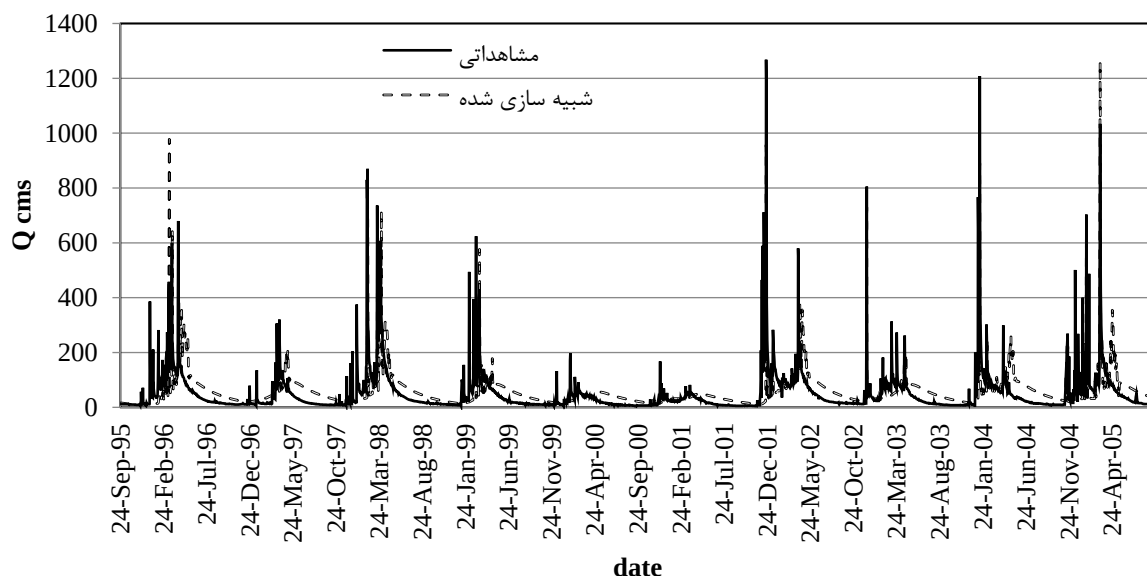
که n : تعداد داده‌های جریان، O_i و S_i : داده‌های جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در گام زمانی i ام، $\bar{O}$: دبی میانگین مشاهده‌ای و $\bar{S}$ و $\bar{O}$: به ترتیب میانگین دبی پیش‌بینی و مشاهداتی هستند.

۳- نتایج و بحث

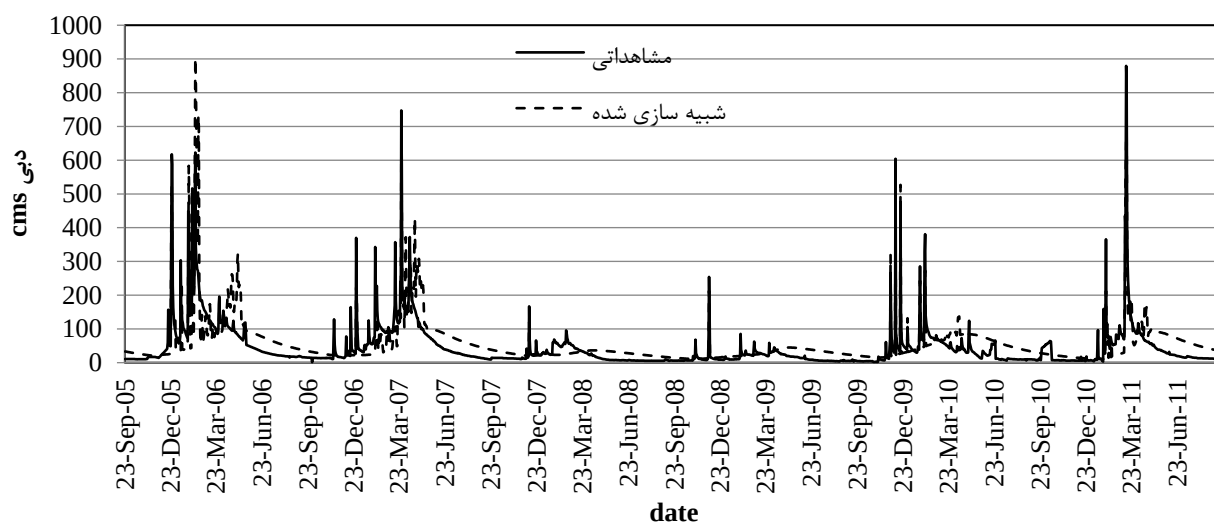
پس از هر اجرای مدل، به منظور ارزیابی عملکرد مدل و بررسی چگونگی کالیبراسیون مدل، هیدروگراف جریان شبیه‌سازی شده با مدل HEC-HMS با هیدروگراف جریان مشاهداتی مقایسه شد. همچنین شاخص‌های آماری سنجش خطای مدل محاسبه و با مقادیر شاخص‌های آماری در اجرای قبل مقایسه شد. چنانچه دقت مدل در شبیه‌سازی بارش-رواناب مناسب تشخیص داده نمی‌شد، عملیات شبیه‌سازی دوباره تا حصول نتایج رضایتبخش از سر گرفته می‌شد. جدول ۲ مقادیر نهایی پارامترهای مدل ذخیره برگابی، ذخیره سطحی و تبدیل بارش به رواناب کلارک حاصل از واسنجی مدل HEC-HMS را نشان می‌دهد. جدول‌های ۳ الی ۵ به ترتیب مقادیر نهایی پارامترهای مدل مخزن خطی، مدل تلفات SMA و مدل روندیابی ماسکینگام حاصل از واسنجی مدل HEC-HMS را نشان می‌دهد.

شکل‌های ۴ الی ۶ نیز مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده به ترتیب در مراحل واسنجی، صحت‌سنجی و پیش‌بینی مدل HEC-HMS را نشان می‌دهند. با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ می‌توان دریافت که مدل HEC-HMS در برآورد دبی جریان با مقادیر کم و پایه نسبت به دبی‌های اوج از دقت خوبی برخوردار است. نتایج تحقیق غفوری و همکاران (۱۳۹۱) در حوضه کارون نشان داد که کارایی مدل HEC-HMS در تخمین مقادیر دبی کم بهتر بوده و بیشترین منبع خطای مدل در برآورد دبی‌های اوج بوده است. علت آن این است که اولاً داده‌های موجود به‌صورت پیوسته و مستمر در هر روز شامل بارش روزانه، دبی جریان روزانه، دمای هوای روزانه و تبخیر و تعرق روزانه برای شبیه‌سازی پیوسته فرآیند بارش-رواناب در طول حداقل یک سال آبی بصورت روزانه است. در حالی که پارامترهای زمانی برآورد شده در زیرحوضه‌ها شامل زمان تمرکز، زمان تأخیر و ضریب ذخیره کلارک به‌صورت ساعتی است. ثانیاً هیدروگراف جریان در ایستگاه هیدرومتری در طول یک سال آبی در اکثر روزهای سال به‌صورت جریان پایه با مقادیر دبی کم و با تعداد کم مقادیر جریان سیلابی با دبی اوج شدید است. مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و پیش‌بینی شده با مدل HEC-HMS در شکل ۶ نشان می‌دهد که شکل تغییرات هیدروگراف پیش‌بینی شده نسبتاً مناسب است.

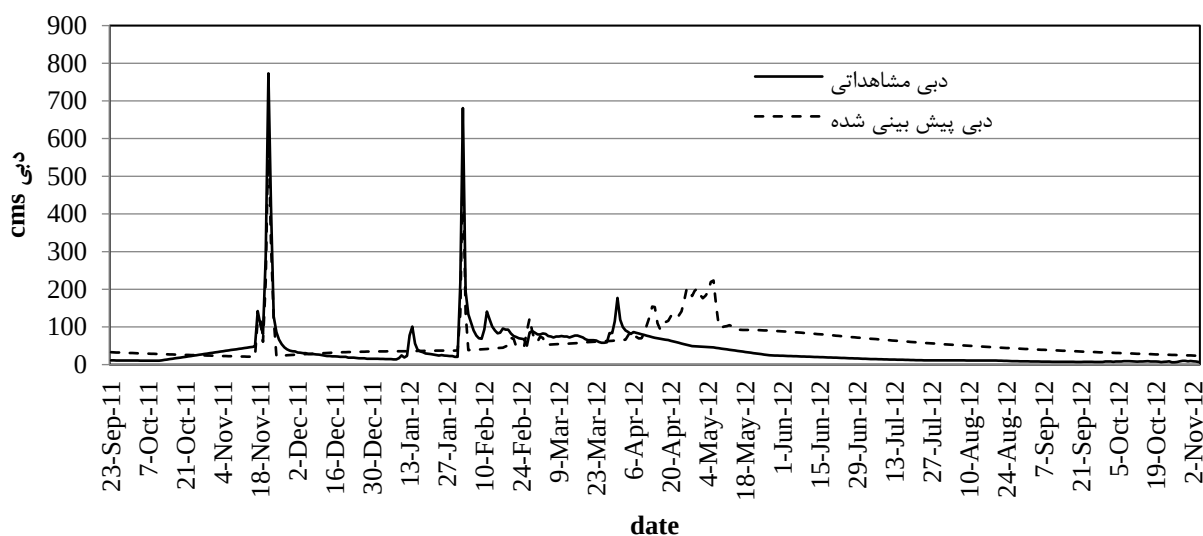
جدول ۶ معیارهای آماری نیکوئی برازش برای دوره کالیبراسیون، صحت‌سنجی و پیش‌بینی مدل HEC-HMS را نشان می‌دهد. به توجه به جدول ۶، درصد خطای حجمی کل بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی مدل برابر با ۲۳/۱- درصد بوده که بیانگر کم برآورد بودن مدل در برآورد حجم کل رواناب ولی با دقت نسبتاً قابل قبول است. مقدار ریشه میانگین مربعات خطا بین دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در مرحله کالیبراسیون مدل برابر با ۵۱/۲ متر مکعب در ثانیه بوده که بیانگر دقت خوب مدل در شبیه‌سازی بارش-رواناب است. مقدار ضریب ناش-ساتکلایف برای مرحله واسنجی مدل ۰/۶۴ به‌دست آمده که بیانگر دقت قابل قبول مدل در شبیه‌سازی بارش-رواناب در حوضه مارون است. مقدار ضریب ناش-ساتکلایف، ریشه میانگین مربعات خطا بین هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله صحت‌سنجی مدل به ترتیب برابر با ۰/۶۲ و ۴۸/۵ مترمکعب در ثانیه بوده که نشان‌دهنده کالیبراسیون مناسب مدل است. ضمناً به توجه به جدول ۶، درصد خطای حجمی کل بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله صحت‌سنجی مدل برابر با ۲۱/۶- درصد بوده که مشابه مرحله واسنجی مدل بیانگر کم برآورد بودن مدل در برآورد حجم کل رواناب ولی با دقت نسبتاً قابل قبول است.



شکل ۴- مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده با مدل HEC-HMS در مرحله واسنجی مدل



شکل ۵- مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده با مدل HEC-HMS در مرحله صحت‌سنجی مدل



شکل ۶- مقایسه هیدروگراف رواناب مشاهده‌ای و پیش‌بینی‌شده با مدل HEC-HMS

جدول ۲- مقادیر نهایی پارامترهای مدل ذخیره برگابی، ذخیره سطحی و تبدیل بارش به رواناب کلارک حاصل از واسنجی مدل HEC-HMS

زیرحوضه	مدل ذخیره برگابی		مدل ذخیره سطحی		روش تبدیل بارش به رواناب کلارک	
	Max Storage (mm)	Initial Storage (%)	Max Storage (mm)	Initial Storage (%)	t_c (hr)	R Clark (hr)
۱	۰	۰	۷	۰	۷/۴۲	۵/۰۵
۲	۰	۰	۶/۳	۰	۵/۹۷	۵/۸۶
۳	۰	۰	۵/۵	۰	۷/۰۸	۷/۹۳
۴	۰	۰	۴/۷	۰	۵/۸۳	۸/۰۹

جدول ۳- مقادیر نهایی پارامترهای مدل مخزن خطی حاصل از واسنجی مدل HEC-HMS

زیرحوضه	مخزن آب زیرزمینی اولیه ($m^3/s/km^2$)	ضریب آب زیرزمینی لایه اول (HR)	مخزن آب زیرزمینی لایه اول ($m^3/s/km^2$)	ضریب آب زیرزمینی لایه دوم (HR)	مخزن آب زیرزمینی لایه دوم ($m^3/s/km^2$)	مخزن آب زیرزمینی لایه دوم
۱	۰/۰۰۵	۱۰۰۰	۰/۰۰۱	۲۰۰۰	۰/۰۰۱	۱
۲	۰/۰۰۵	۱۲۵۰	۰/۰۰۱	۲۲۰۰	۰/۰۰۱	۱
۳	۰/۰۰۵	۱۵۰۰	۰/۰۰۱	۲۵۵۰	۰/۰۰۱	۱
۴	۰/۰۰۵	۱۷۵۰	۰/۰۰۱	۲۸۰۰	۰/۰۰۱	۱

جدول ۴- مقادیر نهایی پارامترهای مدل تلفات SMA حاصل از واسنجی مدل HEC-HMS

زیرحوضه	۱	۲	۳	۴
درصد رطوبت اولیه خاک	۸/۵	۶	۵	۴
درصد مقدار آب زیرزمینی در لایه اول	۱۴	۱۲/۵	۱۰	۹/۳
درصد مقدار آب زیرزمینی در لایه دوم	۱۸	۱۶	۱۵	۱۴/۵
حداکثر نفوذ (میلی متر در ساعت)	۳۵	۳۸	۴۰	۳۴
درصد غیرقابل نفوذ	۰	۰	۰	۰
ذخیره خاک (میلی متر)	۱۲۰	۱۱۵	۱۱۰	۱۱۵
تنش ذخیره ای (میلی متر)	۲۰	۲۰	۱۸	۲۰
نفوذ خاک (میلی متر در ساعت)	۶	۷	۷/۵	۸
درصد ذخیره آب زیرزمینی در لایه اول (میلی متر)	۱۶۵	۱۵۰	۱۴۵	۱۷۰
نفوذ آب زیرزمینی در لایه اول (میلی متر در ساعت)	۳/۵	۴	۴/۵	۵
ضریب آب زیرزمینی در لایه اول	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۵۰۰	۱۷۵۰
ذخیره آب زیرزمینی در لایه دوم (میلی متر)	۱۸۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰
نفوذ آب زیرزمینی در لایه دوم (میلی متر در ساعت)	۰/۰۲۵	۰/۰۳	۰/۰۲۶	۰/۰۵

جدول ۵- مقادیر نهایی پارامترهای مدل روندیابی ماسکینگام حاصل از واسنجی مدل HEC-HMS

بازه یا آبراهه	K (hr)	x
Reach-1	۲/۸۵	۰/۳۵
Reach-2	۳/۰۴	۰/۳
Idanak st-Marun Dam	۴/۰۹	۰/۲۵

جدول ۶- معیارهای آماری نیکوئی برازش برای دوره کالیبراسیون، صحت سنجی و پیش بینی

معیارهای آماری	واسنجی	صحت سنجی	پیش بینی
R^2	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۷
NS	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۵۶
PTVE (%)	-۲۳/۱	-۲۱/۶	-۱۸/۳
RMSE (cms)	۵۵/۲	۴۸/۵	۳۲/۲

با توجه به جدول ۶، مقدار ضریب ناش-ساتکلایف و ریشه میانگین مربعات خطا بین هیدروگراف مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده به ترتیب برابر با ۰/۵۶، ۳۲/۲ مترمکعب در ثانیه بوده که بیانگر دقت قابل قبول مدل در پیش‌بینی رواناب در حوضه مارون است. ضمناً با توجه به درصد خطای حجمی کل بین هیدروگراف مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده برابر با ۱۸/۳- درصد در دوره پیش‌بینی، می‌توان دریافت که مقادیر رواناب پیش‌بینی شده کمتر از مقادیر مشاهده‌ای متناظر با آن است. نتایج تحقیق خضریان نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در پیش‌بینی رواناب با مدل HEC-HMS با استفاده از بارش پیش‌بینی شده با مدل WRF، نشان داد که مقادیر رواناب پیش‌بینی شده کمتر از مقادیر مشاهده‌ای است.

۴- نتیجه‌گیری

شبیه‌سازی بارش-رواناب با مدل HEC-HMS نشان می‌دهد که مدل HEC-HMS در برآورد دبی جریان با مقادیر کم و پایه نسبت به دبی‌های اوج از دقت خوبی برخوردار است. علت آن این است که اولاً داده‌های ورودی مدل‌های موجود به صورت پیوسته و مستمر شامل بارش، دبی جریان، دمای هوا روزانه و تبخیر و تعرق روزانه برای شبیه‌سازی پیوسته فرایند بارش-رواناب به صورت روزانه است. در حالی که پارامترهای زمانی برآورد شده در زیرحوضه‌ها شامل زمان تمرکز، زمان تأخیر و ضریب ذخیره کلارک به صورت ساعتی است. با توجه به مقدار ضریب ناش-ساتکلایف و ریشه میانگین مربعات خطا بین هیدروگراف مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده می‌توان دریافت که دقت مدل HEC-HMS در پیش‌بینی رواناب در حوضه مارون قابل قبول است. علاوه بر این با توجه به درصد خطای حجمی کل بین هیدروگراف مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده برابر در دوره پیش‌بینی، می‌توان دریافت که مقادیر رواناب پیش‌بینی شده کمتر از مقادیر مشاهده‌ای متناظر با آن است.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- R^2
- 2- Nash-Sutcliffe (NS)
- 3- Percent of Total Volume Error (PTVE)
- 4- Root Mean Square Error (RMSE)

۶- مراجع

خضریان نژاد، ن.، حجام، س.، میرزایی، ا.، و مشکواتی، ا.ح.، (۱۳۹۱)، "پیش‌بینی رواناب حوضه آبریز تیره با استفاده از پیش‌بینی کمی بارش خروجی مدل WRF"، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۲، ۵۳-۶۸.

زلکی بدیلی، ن.، صیاد، غ.ع.، حمادی، ک.، اخوان، س.، و عبدی، ع.، (۱۳۹۱)، "شبیه‌سازی رواناب حوضه آبخیز سد مارون (ایدنک) با استفاده از مدل SWAT"، مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، ۳۵(۲)، ۲۵-۳۶.

غفوری، م.ر.، ثقفیان، ب.، طاهری شهرآئینی، ح.، و باقری شورکی، س.، (۱۳۹۱)، "مدل‌سازی جریان روزانه رودخانه کارون به کمک مدل تابع تلفات SMA"، مجله تحقیقات منابع آب، ۹، ۷۷-۷۳.

معصوم زاده، س.، و فتحیان، ح.، (۱۳۹۵)، "تفکیک جریان پایه از رواناب کل در حوضه دز با استفاده از مدل HEC-HMS"، سومین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

یعقوبی، م.، و مساح بوانی، ع.، (۱۳۹۳)، "تحلیل حساسیت و مقایسه عملکرد سه مدل مفهومی HBV، IHARCES و HEC-HMS در شبیه‌سازی بارش-رواناب پیوسته در حوضه‌های نیمه‌خشک (بررسی موردی: حوضه اعظم هرات-یزد)"، مجله فیزیک زمین و فضا، ۴۰(۲)، ۱۵۳-۱۷۲.

Gumindoga, W., Rwasoka, D. T., Nhapi, I., and Dube, T., (2017), "Ungauged runoff simulation in Upper Manyame catchment, Zimbabwe: Application of the HEC-HMS model", *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 100, 371-382.

Hydrologic Engineering Center (HEC), (2000), "Hydrologic modeling system HEC-HMS: Technical reference manual", U.S. Army Corps of Engineers", Hydrologic Engineering Center, Davis, California.

Koch, R., and Bene, K., (2013), "Continuous hydrologic modelling with HMS in the Aggtelek Karst region". *Hydrology*, 1(1), 1-7.

Razmkhah H. Saghafian B. Akhoundali A.M., and Radmanesh F., (2016), "Rainfall-runoff modeling considering soil moisture accounting algorithm, Case study: Karoon III river basin", *Water Resources* 43(4), 699-710.

Sengül, S., and Can, İ., (2011), "Stochastic modelling of mean monthly flows of Karasu river, in Turkey", *Water and Environment Journal*, 25(1), 31-39.

Singh, W.R., and Jain, M.K., (2015), "Continuous hydrological modeling using soil moisture accounting algorithm in Vamsadhara river basin, India", *Journal Water Resources Hydraulic Engineering*, 4(4), 398-408.

Sintayehu, L.G., (2015), "Application of the HEC-HMS model for runoff simulation of Upper Blue Nile river basin", *Hydrology Current Research*, 6(2), 2-8.

Sup, M.S., Taley, S.M., and Kale, M.U., (2015), "Rainfall-runoff modeling using HEC HMS for Wan river basin", *International Journal of Research in Engineering Science and Technologies*, 1(8), 20-28.

Valipour, M., (2015), "Long-term runoff using SARIMA and ARIMA models in the United States", *Meteorological Applications*, 22, 592-598.

Valipour, M., Banihabib, M.E., and Behbahani, S.M.R., (2012), "Monthly inflow forecasting using

autoregressive artificial neural network", *Journal of Applied Sciences*, 12(20), 2139-2147.

Yurekli, K., Kuruc, K., Ozturk, F., (2005), "Application of linear stochastic models to monthly flow data of Kellkit stream", *Ecological Modeling*, 183, 67-75.

A Review on Performance of Rotating Biological Contactor for Phenolic Wastewater Treatment

Vahab Ghaleh Khondabi¹, Alireza Fazlali^{2*},
Mohammad Arjomandzadegan³

1- PhD Student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.

2- Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.

3- Associate Professor, Department of Microbiology, Infectious Diseases Research Center, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran.

*Corresponding author, Email: a-fazlali@araku.ac.ir

Received: 6/10/2018

Revised: 7/2/2019

Accepted: 10/2/2019

Abstract

Phenolic compounds are amongst the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and are the most important environmental pollutants found in the waste effluent of many industries, including refineries, petrochemicals, steel industries, and iron foundries, with an average concentration of 10 to 2000 mg/l. Removing these compounds before releasing them in nature and reusing wastewater is accordingly of particular importance. Among phenol removal methods, biodegradation is an environmental friendly and cost effective method and rotating biological contactor (RBC) system is in particular recognized as one of the most efficient attached growth fixed bed wastewater treatment processes for stationary and advanced treatment with phenol removal efficiency of 85 to 99%. The advantages of RBC include resistance to hydraulic and organic shocks, little chance of creating anaerobic conditions, high sedimentation rate of sludge produced, low space requirements, very low energy costs, simplicity and easiness of operation, no need of expert personnel for supervision and operation, and low maintenance costs. The present review introduces RBC system, comparing with other phenolic purification methods, expressing the history, the reactor design and the operational parameters affecting it. Also the previous researches on phenol removal by RBC system has been evaluated.

Keywords: Attached growth biological treatment, Phenol, Rotating biological contactor, Wastewater.

مروری بر عملکرد سیستم تماس دهنده بیولوژیکی دوار برای تصفیه پساب‌های فنولی

وهب قلعه خندابی^۱، علیرضا فضلعلی^{۲*} و محمد ارجمندزادگان^۳

۱ - دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۲ - دانشیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۳ - دانشیار، گروه میکروبیولوژی، مرکز تحقیقات بیماری‌های عفونی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: a-fazlali@araku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۴

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۱۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱

چکیده

ترکیبات فنولیک جزء هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی (PAHs) و مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست هستند که در پساب بسیاری از صنایع از جمله پالایشگاه، پتروشیمی، صنایع فولاد سازی و کارخانه ذوب‌آهن با میانگین غلظت ۱۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر یافت می‌شوند. حذف این ترکیبات قبل از رها کردن آن‌ها در طبیعت و استفاده مجدد از پساب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از میان روش‌های حذف فنول، تصفیه زیستی یک روش دوست‌دار طبیعت و مقرون به‌صرفه به‌حساب می‌آید. در این بین سیستم تماس‌دهنده بیولوژیکی دوار (RBC) به‌عنوان یکی از کارآمدترین فرآیندهای تصفیه پساب رشد چسبیده بستر ثابت برای تصفیه ثانویه و پیشرفته با راندمان ۸۵ تا ۹۹ درصد در حذف فنول شناخته می‌شود. از مزیت‌های تماس دهنده‌های بیولوژیکی دوار می‌توان به مقاومت در مقابل شوک‌های هیدرولیکی و آلی، احتمال کم ایجاد شرایط بی‌هوازی، خاصیت ته‌نشینی بسیار بالای لجن تولید شده، نیاز به فضای کم، هزینه تامین انرژی بسیار پایین، سادگی و سهولت در راهبری و بهره‌برداری، عدم نیاز به افراد متخصص برای نظارت و بهره‌برداری و هزینه تعمیر و نگهداری پایین اشاره کرد. بررسی حاضر به معرفی سیستم RBC، مقایسه آن با دیگر روش‌های تصفیه فنول، بیان تاریخچه و نحوه طراحی راکتور و پارامترهای عملیاتی اثرگذار بر روی آن می‌پردازد. در پایان پژوهش‌های پیشین در زمینه حذف فنول توسط سیستم RBC مورد ارزیابی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: پساب صنایع، تصفیه بیولوژیکی رشد چسبیده، دیسک‌های بیولوژیکی دوار، فنول.

کربن دی اکسید و آب) تحت شرایط هوازی، بی هوازی و یا هوازی اختیاری استفاده می کنند. یک نسبت (۱:۵:۱۰۰) C:N:P برای رشد میکروارگانیسم ها کافی است (Chan et al., 2010). فرایندهای بیولوژیکی به رشد معلق، رشد چسبیده و فرایندهای هیبریدی تقسیم می شوند. در فرایند رشد چسبیده، میکروارگانیسم ها به یک ماده خنثی (سنگ، فلز یا پلاستیک) که قابلیت تولید بیوفیلم داشته باشد، می چسبند (Hsien and Lin, 2005). فرایندهای فیلم ثابت، از سیستم های تصفیه بیولوژیکی رشد چسبیده هستند، که می توان آن ها را به بیوراکتور بستر سیال (FBB) صافی چکنده (TF) و RBC تقسیم بندی کرد (Chavan and Mukherji, 2002).

در سیستم های لجن فعال (ASS)، جامداتی که قابلیت ته نشین شدن دارند به وسیله تانک های ته نشینی که بعد از فرایندهای فیزیکی و شیمیایی قرار می گیرند، جداسازی می شوند. در طول سال ها، ASS به منظور برآورده کردن کیفیت بالای خروجی واحدهای تصفیه پساب، بهبود یافت. سیستم های تصفیه جدید در جهت غلبه بر ضعف های ASS گسترش یافتند (Ganczarczyk, 1983). مقایسه فرایندهای توسعه یافته با سیستم لجن فعال نشان می دهد که سیستم RBC نیاز به طراحی فرایند و عملیات پیچیده تر (Dold, 1989) و هزینه های بیشتری برای ساخت و نگهداری راکتور نسبت به ASS دارد (Cassidy et al., 2000). همچنین عملکرد خیلی خوبی در حذف سمیت از خود نشان داده است (Gonzalez et al., 2007). در نهایت قابلیت خوبی برای ته نشینی لجن براساس طراحی راکتور دارد. ذرات بیولوژیکی درون راکتور باقی می ماند و به دلیل ته نشینی خوب لجن، احتمال کمی برای خارج شدن جامدات معلق وجود دارد (Dold, 1989).

۲- تاریخچه دیسک های بیولوژیکی چرخان

اولین بار این سیستم توسط ویگند در سال ۱۹۲۸ در کشور آلمان برای تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار گرفت. وسیله او با عنوان "توده هوازی چرخان" ثابت شده بر روی یک مدیای نگهدارنده معرفی شد (Chan and Stenstrom, 1981). همچنین اولین پلنت در سال ۱۹۲۹ در آمریکا با نام "صافی تماس دهنده" یا "چرخ بیولوژیکی"، که شامل یک سری چرخ های پره دار بود که در فاضلاب غوطه ور بوده و اکسیژن محلول فاضلاب را افزایش داده و مواد آلی را کاهش می داد، توسط آلن و مالابی ثبت شد و در همان سال دومان در آمریکا روی دیسک های فلزی که به طور موازی کنار هم قرار گرفته بودند کار کرد ولی نتیجه بخش نبود (Doman, 2008). پروفسور پوپل سیستم RBC را در اواخر دهه ۱۹۵۰ در دانشگاه استانگرات آلمان غربی توسعه داد که این

فنول با فرمول C_6H_5OH و وزن مولکولی $94/11 \text{ g/mol}$ در حالت خالص بی رنگ یا جامد سفید است که به شدت سمی بوده و در اشکال گوناگون و یا در ارتباط با عناصر دیگر به فراوانی یافت می شود (Rappoport, 2003). این ماده و مشتقات آن در صنایع متعددی از جمله صنایع تولید رزین، رنگ، سموم دفع آفات، داروسازی، معادن زغال سنگ و صنایع آلومینیوم کاربرد دارد (Patterson, 2003). به علت کاربرد گسترده فنول در فرایندهای صنعتی، این آلاینده به طرق مختلف به محیط زیست وارد می شود. با توجه به ویژگی فنول نظیر حلالیت زیاد در آب و پایداری در محیط زیست، این ترکیب برای مدت زمان طولانی در محیط باقی می ماند و از طریق منابع آب قادر به انتقال تا مسافت های طولانی است (Kinsley and Nicell, 2000). ترکیبات فنولی به دلیل ویژگی های خاص نظیر سمیت، اثر بر طعم و بوی آب و اثر سوء بر سلامت انسان و موجودات زنده، براساس طبقه بندی آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA) یکی از ۱۲۹ آلاینده دارای اولویت در سال ۱۹۷۷ شناخته شده است و سازمان جهانی محیط زیست (WHO) مقدار مجاز فنول در پساب خروجی صنایع را $0/5 \text{ mg/l}$ تعیین نموده است (DEFRA-EA, 2002).

برای تصفیه فاضلاب های حاوی فنول، روش های متعددی نظیر جذب سطحی (Dabrowski et al., 2005)، فیلترهای غشایی (Bodalo et al., 2009)، اکسیداسیون نوری (Iliev et al., 2002)، فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) (با استفاده از، اشعه ماورای بنفش، هیدروژن پراکسید و فرایند فنتون) (Murray and Parsons, 2004)، تخریب فتوکاتالیستی (Akbal and Nur onar, 2003)، روش های حذف آنزیمی (Singh and Singh, 2002) و تصفیه بیولوژیکی (Freeman, 2003) وجود دارد. در بین روش های بیان شده، سیستم های بیولوژیکی به دلیل مزایای خاصی که نسبت به سایر روش ها دارند، بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند، یکی از مزایای عمده این روش ها، سازگاری بیشتر با محیط زیست است (Kehma and Reed, 2003). همچنین در این روش، هیچ گونه ماده شیمیایی زیان آوری برای محیط زیست مصرف نمی شود، لذا دفع پساب و لجن حاصل از این فرایندها نسبت به فرایندهای شیمیایی، اثرات سوء کمتری در منابع پذیرنده به دنبال دارد (Tchobanoglous et al., 2003). روش های فیزیکوشیمیایی دارای معایبی از قبیل قیمت بالا، بازده پایین، مصرف انرژی زیاد و تولید لجن حاوی آهن بوده در حالی که روش تجزیه زیستی آسان، موثر و ارزان قیمت است (Ahmad et al., 2011).

فرایندهای بیولوژیکی از میکروارگانیسم ها به منظور اکسیداسیون مواد آلی و تبدیل آن ها به محصولات ساده (متان،

سرآغازی بر ساخت اولین RBC با مقیاس صنعتی در آلمان در سال ۱۹۶۰ بود (Rodgers and Zhan, 2003).

تغییرات عمده در شکل‌بندی سیستم و جنس دیسک‌ها پس از مقبولیت استفاده از پلی‌استایرن در دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ صورت پذیرفت. سیستم‌های RBC از سال ۱۹۷۹ با ساخت بیش از ۲۰۰ کارخانه در غرب آمریکا عمومیت یافتند (Leslie Grady et al., 1999). عمده کاربرد دیسک دوار بیولوژیکی در ایالات متحده مربوط به فرایند حذف اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5) و یا نیتروژن آمونیاکی (NH_3-N) و یا هر دو این موارد در روند تصفیه فاضلاب است. از لحاظ کمیت کاربرد سیستم دیسک دوار بیولوژیکی اشاره به این نکته لازم است که هم‌اکنون در حدود ۶۰۰ تصفیه‌خانه فاضلاب‌های شهری و بیش از ۲۰۰ تصفیه‌خانه فاضلاب‌های صنعتی در ایالات متحده و همچنین بیش از ۱۰۰۰ تصفیه‌خانه در اروپا به روش دیسک دوار بیولوژیکی در حال فعالیت هستند (Metcalf and Eddy et al., 2013).

۳- شرح فرآیند RBC

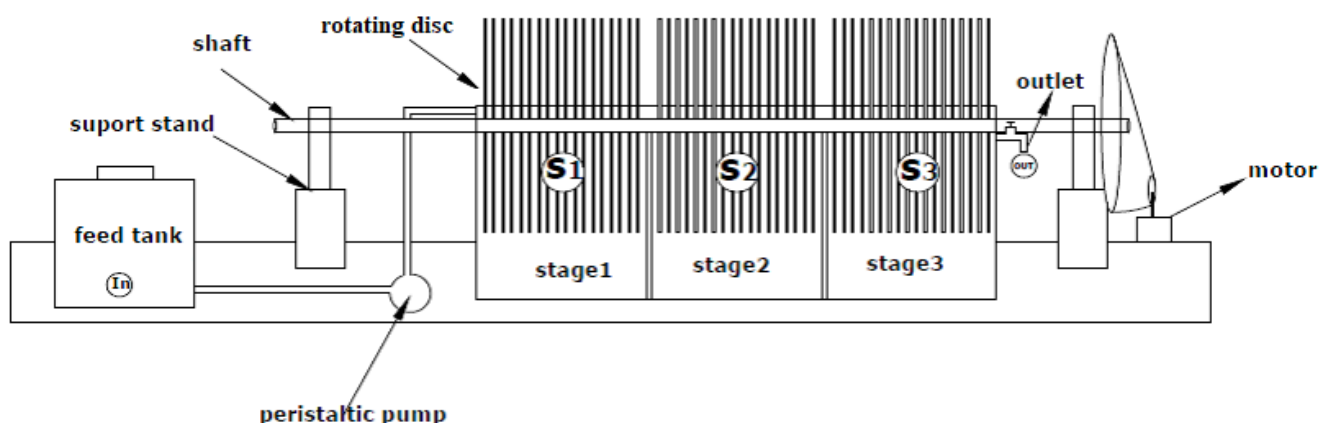
تماس دهنده‌های بیولوژیکی چرخان (شکل ۱) (Ebrahimi et al., 2009; Najafpour et al., 2006) یک راکتور بیولوژیکی فیلم ثابت و رشد چسبیده است که معمولاً برای حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، BOD و فرایند نیتریفیکاسیون استفاده می‌شوند. این تماس دهنده‌ها به‌طور معمول از تعدادی دیسک صاف یا شیاردار نزدیک به هم از جنس پلی‌استایرن، پلی‌اتیلن، فوم پلی‌اورتان، پلی‌وینیل کلراید، پلی‌متیل متاکریلات، پلی‌اتیلن دانسیته بالا و پلکسی گلاس تشکیل شده‌اند. این صفحه‌ها حدود ۴۰٪ در فاضلاب غوطه‌ور بوده و به‌آرامی با کمک نیروی محرکه وارد بر شافت که این صفحه‌ها بر آن سوار هستند می‌چرخند و در حین این عمل لایه بیوفیلمی به ضخامت ۱-۴ mm بر روی

دیسک‌ها تشکیل شده و عمل تصفیه انجام می‌پذیرد (Bitton, 2005). سیستم‌های بیولوژیکی دوار معمولاً شامل تجهیزاتی همچون مدیا، شافت، نیروی چرخاننده (نیروی مکانیکی یا دیفیوزر هوایی)، راکتور، پوشش و تجهیزات جانبی می‌شوند و آن‌ها را می‌توان به دو طریق سری و موازی کنار هم قرار داد و در صورت نیاز می‌توان با استفاده از بافل آن‌ها را بین ۶-۲ بخش مرحله‌بندی کرد (Wick, 2001).

۴- طراحی راکتور RBC

به‌منظور طراحی RBC، پارامترهای قطر و ضخامت دیسک‌ها، فاصله بین آن‌ها، درصد مستغرق بودنشان درون پساب، دبی جریان، زمان ماند هیدرولیکی و نرخ بار هیدرولیکی هرکدام در یک مقدار مشخص (در محدوده استاندارد مقیاس موردنظر) فرض می‌شوند. دقت طراحی توسط پیدا کردن مقادیر پارامترهای دیگر (مساحت و تعداد دیسک‌های موردنیاز، طول راکتور و شافت) و اطمینان حاصل کردن از این‌که این مقادیر در محدوده مجاز از معیارهای طراحی است (بررسی نرخ بار آلی)، ارزیابی می‌شود (Christian, 2013).

پارامترهای عمده تاثیرگذار بر عملکرد RBC را می‌توان در سه بخش فیزیکی، بیوشیمیایی و میکروبیولوژی طبقه‌بندی کرد. در جایی که پارامترهای فیزیکی شامل نرخ بارگذاری هیدرولیکی (HLR) (نسبت دبی حجمی جریان پساب ورودی به مساحت دیسک‌ها)، زمان اقامت هیدرولیکی (HRT) (نسبت حجم مخزن به جریان ورودی پساب)، دما (T)، سرعت چرخش دیسک‌ها (ω) و درصد استغراق دیسک‌ها (Ω) و پارامترهای بیوشیمیایی: نرخ بارگذاری آلی (OLR) (نسبت BOD پساب ورودی به مساحت دیسک‌ها)، اکسیژن محلول (DO)، pH و قلیائیت و پارامترهای میکروبیولوژی: باکتری و میکروارگانیسم‌ها هستند (WEF, 1998; Culp and Heim, 1978).



شکل ۱- شماتیک دیاگرام راکتور RBC (Ebrahimi et al., 2009; Najafpour et al., 2006)

از ۹۰٪ رسیده است. ۲-کلروفنول تنها به صورت جزئی در RBC قابل تجزیه بیولوژیکی بوده و اغلب نباید بازده حذف بالای ۵۰٪ انتظار داشت.

Tyagi et al. (1993) به مطالعه تجزیه بیولوژیکی پساب پالایشگاه نفت توسط سیستم RBC پرداختند و لجن فعال واحد تصفیه پالایشگاه و شهری را به سیستم تلفیق کردند. پس از ۳ روز یک بیوفیلم نازک بر روی دیسک مشاهده شده و بعد از آن خوراک را به ۱۰۰٪ پساب پالایشگاه تغییر دادند. در این بررسی، سیستم پس از ۳-۲ هفته به حالت پایدار رسید. آن‌ها در این مطالعه به ترتیب برای COD، روغن، آمونیوم نیتروژن و فنول به راندمان حذف ۸۷٪، ۸۰٪، ۹۹٪ و ۸۵٪ دست یافتند.

Banerjee (1997) عملکرد حذف فنول در پساب سنتتیک را در راکتور RBC مورد تحقیق و بررسی قرار داد. گروه باکتری‌های عمده‌ای که مسولیت تصفیه میکروبی فنل تا غلظت ۴۲۰ mg/l را برعهده داشته، گونه‌هایی از پseudomonas شناسایی شدند. او پس از آن که رشد قابل مشاهده از بیومس به رنگ طلایی-قهوه‌ای را بعد از ۲ هفته بر روی دیسک‌ها ملاحظه کرد، مطالعه بر روی سیستم به صورت پیوسته را شروع کرد. تاثیر متغیرهای مهم فرایندی و عملیاتی، همچون؛ غلظت فنول ورودی، بار فنول ورودی، بار هیدرولیکی ورودی، دمای پساب و سرعت چرخش دیسک‌ها بر روی بازده حذف در سیستم آزمایش کرد. یک واکنش مرتبه اول به همراه یک ثابت سرعت متوسط (K_d) با مقدار h^{-1} ۰/۱۳-۰/۱۰ در یک محدوده دمایی ۲۷-۲۰/۵ °C برای تجزیه فنول مشاهده کرد. در حالت کلی تصفیه پساب فنول دار در راکتور RBC، عملکرد حذف بهینه در انتهای مرحله دوم قابل ملاحظه بوده است. عملکرد حذف فنول در غلظت‌های بالای فنول ورودی بهبود یافته، در حالی که عملکرد حذف با افزایش بار هیدرولیکی ورودی بدتر شده است. تاثیر دما در بهبود بازده حذف در محدوده دمایی ۳۶-۱۳ °C چشمگیر بوده و نقش مثبت سرعت چرخش دیسک‌ها در تصفیه پساب قابل ذکر بوده است.

Radwan and Ramanujam (1997) از یک راکتور RBC اصلاح شده برای مطالعه تصفیه‌پذیری پساب سنتتیک ۴،۲-دی‌کلروفنول (2,4CP) استفاده کردند. پساب سنتتیک با غلظت ورودی ۲۰۰-۴۰ mg/l از ۴،۲-دی‌کلروفنول آماده کردند. چهار نرخ بار هیدرولیکی در محدوده $0.24-0.65 m^3.m^{-2}.d^{-1}$ و نرخ بار آلی در محدوده $2.4-13 g CP.m^{-2}.d^{-1}$ مورد استفاده قرار دادند. آن‌ها تاثیر بار هیدرولیکی و غلظت ورودی ۴،۲-دی‌کلروفنول را برای راندمان حذف ۴،۲-دی‌کلروفنول مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که ماکزیمم حذف در بارهای هیدرولیکی ۰/۲۴ و $0.46 m^3.m^{-2}.d^{-1}$ و همچنین یک مدل ریاضی را با استفاده از تحلیل رگرسیون برای آن پیش‌بینی کردند.

در طی سال‌ها مطالعات زیادی بر روی سیستم های RBC انجام گرفته است. در زیر به تحقیقات صورت گرفته در زمینه تصفیه پساب فنولی پرداخته می‌شود. همچنین پارامترهای طراحی سیستم دیسک‌های بیولوژیکی دوار که در این تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته، در جدول ۱ جمع‌آوری شده است. بدین منظور به بانک اطلاعاتی Science Direct و Scopus برای بررسی مقالات چاپ شده در مجلات این حوزه در انتشارات Elsevier، Taylor & Francis و Wiley، Springer مراجعه شده است.

Harlow et al. (1938) برای اولین بار از روش‌های بیولوژیکی در تصفیه پساب فنولی استفاده کرد. بعد از سال‌ها، میکروب‌های مقاوم به فنول در شکل‌های میله‌ای و کروی از صافی چکنده یافت شدند (Hamdy et al., 1956). Yang and Humphrey (1975) گزارش دادند که امکان کاهش فنول در پساب تا غلظت ۲ mg/l- توسط یک سیستم تک مرحله‌ای ناپیوسته RBC وجود دارد. بازده حذف فنول و محدوده تغییرات خواص پساب فنولی در صورت وجود لایه بیوفیلم بیشتر از عدم وجود آن است (Molin and Nilsson, 1985). Bracewell et al. (1980) بر روی تصفیه پساب رزین فنول-فرمالدهید توسط RBC مطالعاتی را انجام دادند که اهدافی همچون مشخص کردن تاثیر غلظت فنول ورودی، دامنه تغییرات نرخ بار آلی و تعریف رابطه‌ای بین بازده حذف و دیگر پارامترها را دنبال کردند.

Choung et al. (1988) به بررسی تصفیه پساب فنولی سنتتیک در RBC پرداختند. آن‌ها تاثیر هریک از پارامترهای سرعت چرخش، غلظت فنول ورودی و نسبت حجم راکتور به مساحت دیسک‌ها (G) بر روی تصفیه در RBC را مورد مطالعه قرار دادند. در حالی که غلظت فنول ورودی ۳۱۴-۵۰ mg/l بوده، غلظت خروجی کمتر از ۲ mg/l حاصل شده است و در واقع راندمان حذف بالای ۹۵٪ به دست آمده است. سرعت حذف مواد آلی را به عنوان یک واکنش مرتبه اول بین ورودی و خروجی نشان دادند. افزایش سطح دیسک سبب بهبود بازده حذف شده اما در $G > 8/2$ سرعت افزایش بازده، کاهش می‌یابد. سرعت چرخش دیسک‌ها، بازده حذف را افزایش می‌دهد اما در مورد سرعت چرخش ۵۰ دور در دقیقه، در لجن گیرافتادن بیومس چسبیده، سبب کاهش بازده می‌شود.

Tokuz (1989) تصفیه پساب فنولی سنتتیک در RBC را مورد مطالعه قرار داد. در این بررسی مدت زمان ۳ ماه برای تشکیل بیوفیلم بر روی دیسک‌ها طول کشید. نرخ حذف بالای ۹۰٪ COD در حضور ۱۱ mg/l از ۲-نیتروفنول و نرخ حذف بالای ۸۵٪ COD در حضور ۳ mg/l از ۲-کلروفنول قابل دسترسی بوده است. در این مطالعه، بازده حذف ۲-نیتروفنول به ندرت به کمتر

Israni et al. (2002) تجزیه بیولوژیکی پساب فنولی سنتتیک را در یک راکتور RBC مطالعه کردند. آن‌ها یک نمونه لجن از تانک هوادهی ثانویه واحد تصفیه پساب پتروشیمی که مقدار فنول آن در محدوده ۲۰-۱۵ mg/l بود، برای القاح به سیستم جمع‌آوری کردند و سیستم مدت زمان ۳ ماه را در مرحله سازگاری میکروارگانیسم‌ها با فنول در غلظت‌های ۲۰۰-۵۰ mg/l سپری کرد. یک رشد قابل مشاهده از بیومس بر روی دیسک‌ها بعد از یک هفته از تلقیح ملاحظه کردند. آن‌ها تاثیر متغیرهای فرایندی مانند: سرعت چرخش دیسک، بار فنول ورودی، بار هیدرولیکی ورودی و دمای پساب بر روی مقدار حذف فنول ورودی سیستم تحقیق کردند و مشاهده نمودند که افزایش دما، سرعت چرخش دیسک‌ها و نرخ بار آلی سبب بهبود در عملکرد سیستم شده و برعکس افزایش در نرخ بار هیدرولیکی سبب کاهش در نرخ حذف فنول می‌شود.

Alemzadeh et al. (2002) عملکرد حذف فنول در پساب سنتتیک در RBC را مورد مطالعه قرار دادند. مرحله سازگاری میکروبی را در مدت ۴ ماه تا غلظت ۲۰۰ mg/l از فنول انجام دادند و مخلوط ۵۰/۵۰ از لجن فعال کشتارگاه و شهری را به سیستم تلقیح کردند. پس از یک هفته یک لایه بیوفیلم نازک بر روی سطح دیسک‌ها مشاهده کردند. آن‌ها تاثیر متغیرهای اصلی فرایندی و عملیاتی، مانند: بار هیدرولیکی ورودی، بار COD ورودی و دمای پساب بر روی بازده حذف کلی سیستم آزمایش کردند. آن‌ها مشاهده کردند که عملکرد حذف فنول با افزایش بار هیدرولیکی بدتر شده و بازده بهینه کلی حذف فنول در بار آلی $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ و غلظت COD ۸۰۰ mg/l، ۹۹/۹۹٪ است. در حالت کلی در تصفیه پساب حاوی فنول در RBC، عملکرد حذف بهینه در پایان مرحله دوم در مقایسه با مرحله اول مشاهده شده، اما مرحله سوم تاثیر چشمگیری بر روی بازده حذف فنول نداشته است. تاثیر دما در افزایش بازده حذف فنول در محدوده دمایی ۴۳-۱۳ °C بیشتر بوده و شرایط عملیاتی در دمای ۳۶ °C در حالت بهینه خود قرار دارد. مطالعه مکانیسم‌های متفاوت حذف فنول نشان می‌دهد که ۱۰٪ فنول توسط جذب سطحی فیزیکی و تبخیر شدن در راکتور RBC حذف می‌شود.

Melo et al. (2005) لجن فعال یک واحد تصفیه پساب پتروشیمی را که یکی از اجزای آن فنول بود، خریداری و به فنول تا غلظت ۴۰۰ mg/l سازگاری دادند. برای تجزیه بیولوژیکی فنول از یک سیستم راکتور ناپیوسته و یک راکتور RBC استفاده کردند. تجزیه فنول را در راکتور ناپیوسته در خصوص بررسی تامین اکسیژن و به‌علاوه تاثیر غلظت بیومس مطالعه کردند. آن‌ها با توجه به نرخ تجزیه فنول تائید کردند که عملکرد سیستم با افزایش اکسیژن بهبود یافته است. به‌همین ترتیب، متناسب با

سرعت چرخش دیسک‌ها، ضریب انتقال جرم اکسیژن افزایش افزایش یافته که در نتیجه آن تجزیه فنول بهبود یافته است. Pradeep et al. (2011) به بررسی بازده حذف فنول در یک پساب سنتتیک در راکتور RBC پرداختند. آن‌ها آزمایش‌ها را پس از ۱۰ روز و بعد از آن‌که یک بیوفیلم قهوه‌ای رنگ قابل مشاهده بر روی دیسک‌ها ملاحظه شد، شروع کردند و تاثیر متغیرهای فرایندی همچون غلظت فنول، سرعت چرخش و مستغرق بودن دیسک‌ها بر روی حذف فنول آزمایش کردند. آن‌ها حذف فنول ۹۹٪ را در غلظت‌های ۱۸۰-۴۰ mg/l و بدتر شدن عملکرد راکتور را با افزایش غلظت فنول تا ۲۰۰ mg/l را مشاهده کردند. با افزایش سرعت چرخش دیسک‌ها، اکسیژن محلول افزایش و زمان اقامت هیدرولیکی کاهش یافته است و همچنین افزایش درجه مستغرق بودن دیسک‌ها سبب کاهش زمان اقامت هیدرولیکی شده است.

Duque et al. (2011) عملکرد RBC در بارهای شوک از ۲-فلوئورفنول (2-FP) تحقیق کردند. آن‌ها در یک دوره زمانی ۲ ماهه بار شوک آلی ۲۵ mg/l از 2-FP را به‌کارگرفتند. از آنجایی که هیچ‌گونه تجزیه بیولوژیکی از 2-FP مشاهده نکردند، سویه تجزیه کننده 2-FP به RBC اضافه کردند و در مدت زمان ۶ ماه، بار شوک آلی از 2-FP را در محدوده ۲۰۰-۲۵ mg/l به‌کار گرفتند. سیستم به مدت ۱۸ روز به‌صورت ناپیوسته کار کرده و از روز ۱۹ به بعد به‌حالت پیوسته تغییر کرد. تجزیه بیولوژیکی کامل از ۵۰ mg/l از 2-FP در طول عملیات راکتور مشاهده شد.

Khalil Ariya et al. (2012) تحقیقاتی را بر روی یک سیستم دوار بیولوژیکی متعارف برای حذف هیدروکینون (از ترکیبات فنلی با زنجیره آروماتیک) از فاضلاب سنتزی صورت دادند و نتایج حاصله را با نتایج خروجی از پایلوت RBC با سید محتوی آکنه تحت بارگذاری‌های آلی و هیدرولیکی برابر مورد مقایسه قرار دادند. مطابق با نتایج گزارش شده، کارایی سیستم دیسک دوار متعارف و سیستم با سید محتوی آکنه در حذف COD به‌ترتیب برابر ۹۲٪ و ۸۸٪ بوده است. همچنین با افزایش سرعت گردش دیسک‌های دوار از ۱۰ rpm به ۱۲/۵ rpm راندمان حذف سیستم کاهش پیدا کرده است.

Mirkhalili and Mirbagheri (2012) از پساب خروجی واحد شناورسازی با هوای محلول (DAF) تصفیه‌خانه و لجن خط برگشت سیستم لجن فعال پالایشگاه نفت شهید تندگویان تهران با نسبت ترکیبی ۲/۳ از DAF و ۱/۳ از خط برگشت لجن فعال در ران ۱ و به‌طور عکس در ران ۲ به‌عنوان خوراک راکتور RBC استفاده کردند. نتایج مطالعات بر روی سیستم گویای راندمان حذف ماکزیمم مطلوب ۹۵٪ شاخص آلایندگی COD و ۹۱٪ حذف جامدات معلق با غلظت متوسط COD ۶۲۰ mg/l ورودی به سیستم در دوره راه‌اندازی اولیه و راندمان قابل قبول حدود ۹۰٪

را به سیستم تلقیح کردند و مدت زمان ۳ هفته برای تشکیل بیوفیلم بر روی دیسک‌ها طول کشید. آن‌ها در این تحقیق به حذف کامل پیریدین و بنزن، حذف ۹۶-۸۵٪ فنول و نفتالن، حذف ۹۲/۶-۶۳٪ COD دست پیدا کردند.

در طول اجراهای دوگانه با غلظت‌های ورودی COD، ۱۱۲۰ mg/l و ۲۲۰۰ mg/l در این سیستم بوده است. Jeswani and Mukherji (2012) تجزیه ترکیبات فنولی و هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک در یک پساب سنتتیکی با میانگین COD=۱۳۸۸ mg/l در یک RBC مطالعه کردند. آن‌ها لجن فعال

جدول ۱- جزئیات تجهیزات و داده‌های آزمایشگاهی RBC در پژوهش‌های پیشین

مرجع	HRT (h)	Ω (%)	ω (rpm)	T (°C)	دیسک	راکتور	مراحل	جریان	مقیاس
Choung et al. (1988)	-	-	۲۰	۲۵	-	آکریلیک	۴	پیوسته	آزمایشگاهی
Tokuz (1989)	۲ ۳	-	۴	-	HDPE d=۵۰ cm	$A_T=23/2 \text{ m}^2$ $V_T=140 \text{ lit}$	۴	پیوسته	پایلوت
Tyagi et al. (1993)	۷/۶ ۳/۸ ۲/۵۳ ۱/۸۹	۴۲/۵	۱۰	-	PUF d=۲۵ cm No=۱۲ space=۲ cm	پلکسی گلاس $A_T=0/49 \text{ m}^2$ $V_W=6/2 \text{ lit}$	۴	ناپیوسته	آزمایشگاهی
Banerjee (1997)	-	-	۱ ۲۴	۲۰/۵ ۲۷	PS d=۴۱ cm No=۶۰	آلومینیوم Thk=۵ mm $A_T=1/98 \text{ m}^2$	۴	پیوسته	بنچ
Radwan and Ramanujam (1997)	-	۴۰	۱۲	-	Nechlon No=۳۲	پرسپکس گلاس $A_T=4/67 \text{ m}^2$	۴	پیوسته	آزمایشگاهی
Israni et al. (2002)	-	۵۰	۴۰ ۱۷۵	۲۰ ۳۰	Thk=۲ mm No=۹	استیل $V_W=0/5 \text{ dm}^3$	۱	پیوسته	بنچ
Alemzadeh et al. (2002)	-	-	۱۵	۱۳ ۲۳	پلکسی گلاس Thk=۳ mm d=۲۱ cm No=۷۲	پلکسی گلاس Thk=۵ mm $A_T=1/5 \text{ m}^2$ $V_T=7/5 \text{ lit}$	۳	پیوسته	بنچ
Melo et al. (2005)	-	-	۸۰	-	استیل d=۹ cm No=۹	شیشه $V_T=7/5 \text{ lit}$ $V_W=3 \text{ lit}$	۱	ناپیوسته	بنچ
Pradeep et al. (2011)	۲۴ ۲۸ ۳۶	۳۰ ۳۵ ۴۰	۵۰ ۷۵ ۱۰۰	۲۷ ۳۲	PMMA d=۱۸ cm No=۶	شیشه Thk=۵ mm $V_W=10 \text{ lit}$	۱	ناپیوسته	آزمایشگاهی
Duque et al. (2011)	۱۸/۶	۴۰	۱۲	-	PVC Thk=۳ mm d=۱۶/۵ cm	$V_T=10 \text{ lit}$	۵	پیوسته	آزمایشگاهی
Khalil Ariya et al. (2012)	-	۴۰	۲/۵ ۱۲/۵	۲۰ ۲۴	پلکسی گلاس d=۱۵ cm No=۵۴	پلکسی گلاس $A_T=12 \text{ m}^2$ $V_W=3 \text{ lit}$	۲	ناپیوسته	آزمایشگاهی
Mirkhalili and Mirbagheri (2012)	-	۴۰	۱۰	-	پلکسی گلاس Thk=۱ cm d=۲۵ cm No=۱۲	$A_T=0/39 \text{ m}^2$ $V_W=12/5 \text{ lit}$	۳	پیوسته	پایلوت
Jeswani and Mukherji (2012)	۱۲ ۲۴ ۳۶ ۴۸	۳۵	۱۰	-	d=۱۴ cm No=۲۷ $A_T=0/83 \text{ m}^2$	$V_W=4 \text{ lit}$	۳	ناپیوسته	آزمایشگاهی

DO مورد نیاز از طریق چرخش دیسک‌ها، سادگی و سهولت در اجرا و بهره‌برداری و راندمان بالا (۹۹-۸۵٪) می‌توان از این سیستم به‌عنوان جایگزینی برای فرآیند لجن فعال رایج و سیستم‌های گران و پیچیده استفاده کرد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که راکتور RBC در صورت راهبری مناسب قابلیت حذف فنول در غلظت‌های مختلف با کارایی نسبتاً مطلوب را دارد و این سیستم می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای اثربخش در تصفیه فاضلاب‌های با بار آلی خیلی بالا در نظر گرفته شود. در پایان پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی به‌منظور کاهش زمان موردنیاز برای تشکیل بیوفیلم و سازگاری سیستم با غلظت‌های بالا و همچنین کاهش حجم لجن تولیدی از باکتری‌های بومی (باکتری‌های مقاوم به فنول موجود در فاضلاب صنعتی موردنظر) استفاده شود.

۷- علائم اختصاری

AOPs: Advanced Oxidation Process
 ASS: Activated Sludge System
 BOD₅: Biochemical Oxygen Demand
 COD: Chemical Oxygen Demand
 DAF: Dissolved Air Flotation
 DO: Dissolved Oxygen
 FBB: Fluidized Bed Bioreactor
 HLR: Hydraulic Loading Rate
 HRT: Hydraulic Retention Time
 OLR: Organic Loading Rate
 PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon
 RBC: Rotating Biological Contactor
 TF: Trickling Filter
 USEPA: United States Environmental Protection Agency
 WHO: World Health Organization

۸- مراجع

- Ahmad, S.A., Syed, M.A., Arif, N.M., Abdul Shukor, M.Y., and Shamaan, N.A., (2011), "Isolation, identification and characterization of elevated phenol degrading *Acinetobacter* sp. Strain AQ5NOL 1", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(8), 1035-1045.
- Akbal, F., and Nur Onar, A., (2003), "Photocatalytic degradation of phenol", *Environmental Monitoring and Assessment*, 83(3), 295-302.
- Alemzadeh, I., Vossoughi, M., and Houshmandi, M., (2002), "Phenol biodegradation by rotating biological contactor", *Biochemical Engineering Journal*, 11(1), 19-23.
- Banerjee, G., (1997), "Treatment of phenolic wastewater in RBC reactor", *Water Research*, 31(4), 705-714.
- Bitton, G., (2005), *Wastewater microbiology*, John Wiley & Sons Inc Publication, 3rd Ed.
- Bodalo, A., Hidalgo, A.M., Gomez, E., Lopez, I., Gomez, M., and Murcia, M.D., (2009), "Nanofiltration membranes to reduce phenol concentration in wastewater", *Desalination*, 245(1-3), 307-313.

- مطالب ارائه شده در این مطالعه، تلاش‌های صورت گرفته برای تصفیه پساب حاوی فنول توسط سیستم RBC را شامل می‌شود. با بررسی پژوهش‌های صورت گرفته می‌توان به‌موارد زیر پی‌برد:
- برای تشکیل یک بیوفیلم (طلائی-قهوه‌ای رنگ) به ضخامت معمول (۱-۴ mm) بر روی دیسک‌ها مدت زمان تقریبی یک هفته تا یک ماه نیاز است؛
 - افزایش سطح دیسک‌ها سبب بهبود بازده حذف می‌شود اما در راکتورهای دارای تماس دهنده‌های با اندازه سطح بزرگتر، سرعت افزایش بازده حذف آلاینده کاهش می‌یابد؛
 - افزایش راندمان حذف آلاینده در انتهای مرحله دوم نسبت به حالت تک‌مرحله‌ای قابل‌ملاحظه بوده، اما اضافه کردن مرحله سوم تاثیر چشمگیری بر روی بازده حذف فنول نداشته است؛
 - تجزیه بیولوژیکی فنول توسط باکتری‌ها (عمدتاً باسیلوس و پseudomonas) یک واکنش مرتبه اول در نظر گرفته می‌شود؛
 - نقش فرآیند جذب سطحی و تبخیر در حذف فنول توسط راکتور RBC تنها در حدود ۱۰٪ است.
 - افزایش نرخ بار آلی باعث افزایش ضخامت لایه بیولوژیکی و بهبود در عملکرد سیستم شده اما از طرفی موجب تقلیل اکسیژن محلول می‌شود؛
 - افزایش جریان ورودی موجب افزایش نرخ بار هیدرولیکی می‌شود که به‌دنبال آن کاهش زمان اقامت را به‌همراه دارد و سبب کاهش در نرخ حذف فنول می‌شود؛
 - افزایش دما موجب افزایش سرعت فرآیند بیولوژیکی شده و در محدوده دمایی °C ۲۰-۳۶ بیشترین تاثیر دما در افزایش بازده حذف فنول مشاهده می‌شود؛
 - متناسب با افزایش سرعت چرخش دیسک‌ها، اکسیژن محلول و ضریب انتقال جرم اکسیژن افزایش یافته و زمان اقامت هیدرولیکی کاهش می‌یابد که در نتیجه آن بازده حذف فنول افزایش می‌یابد. اما در سرعت‌های بالا امکان گیر افتادن در لجن و کنده شدن لایه بیومس وجود دارد. از همین رو محدوده سرعت ۱۰-۱۲ rpm به‌عنوان حالت بهینه گزارش شده است؛
 - استغراق جزئی یا کلی برای راکتور RBC هوای استفاده می‌شود (۳۰-۵۰٪) و استغراق بیش از ۵۰٪ به‌دلیل فرو رفتن شافت درون پساب عملی نیست. با افزایش استغراق، زمان اقامت هیدرولیکی کاهش می‌یابد و انتخاب میزان ۴۰-۴۲٪ در استغراق امری رایج است.
 - با توجه به ویژگی‌های خوب این سیستم نظیر تحمل شوک‌های هیدرولیکی و آلی، عدم‌نیاز به هوادهی خارجی و تامین

- municipal wastewater Comparison between membrane bioreactor and conventional activated sludge treatment", *Chemosphere*, 67(2), 335-343.
- Hamdy, M.K., Sherrer, E.L., Randies, C.I., Weiser, H.H., and Sheets, W.D., (1956), "Some characteristics of a phenol-oxidizing pseudomonas", *Journal of Applied Microbiology*, 4(2), 71-75.
- Harlow, I.F., Powers, T.J., and Ehlers, B.B., (1938), "The phenolic waste treatment of the Dow chemical Co", *Sewage Works Journal*, 10(6), 1043-1059.
- Hsien, T-Y., and Lin Y-H., (2005), "Biodegradation of phenolic wastewater in a fixed biofilm reactor", *Biochemical Engineering Journal*, 27(2), 95-103.
- Iliev, V., Mihaylova, A., and Bilyarska, L., (2002), "Photooxidation of phenols in aqueous solution, catalyzed by mononuclear and polynuclear metal phthalocyanine complexes", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 184(1-2), 121-130.
- Israni, S.H., Koli, S.S., Patwardhan, A.W., Melo, J.S., and D'souza, S.F., (2002), "Phenol degradation in rotating biological contactors", *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 77(9), 1050-105.
- Jeswani, H., and Mukherji, S., (2012), "Degradation of phenolics, nitrogen-heterocyclics and polynuclear aromatic hydrocarbons in a rotating biological contactor", *Bioresource Technology*, 111, 12-20.
- Kehma, H., and Reed, G., (2003), *Biotechnology*, Wiley-Vch, Weinheim, Germany, 2nd Ed.
- Kinsley, C., and Nicell, J.A., (2000), "Treatment of aqueous phenol with soybean peroxidase in the presence of polyethylene glycol", *Bioresource Technology*, 73(2), 139-146.
- Khalil Ariya, F., Ayati, B., and Ganjidoost, H., (2012), "Comparison of current RBC and biodrum systems in Hydroquinone wastewater treatment", *Modares Civil Engineering journal*, 12(3), 11-19.
- Leslie Grady, C.P., Daigger, G.T., and Lim, H.C., (1999), *Biological wastewater treatment*, Marcel Dekker Inc., New York, 2nd Ed.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., Tsuchihashi, R., and Burton, F.L., (2013), *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery*, McGraw-Hill, 5th Ed.
- Melo, J.S., Kholi, S., Patwardhan, A.W., and D'Souza, S.F., (2005), "Effect of oxygen transfer limitations in phenol biodegradation", *Process Biochemistry*, 40(2), 625-628.
- Mirkhalili, H., and Mirbagheri, A., (2012), "Refinery wastewater treatment by rotating biological contactors (RBC reactor)", 2nd National Conference on Health, Environment and Sustainable Development, Bandar Abbas, Iran.
- Molin, G., and Nilsson, I., (1985) "Degradation of phenol by pseudomonas putida ATCC 11172 continuous culture at different ratios of biofilm surfaces to culture volume", *Applied and Environmental Microbiology*, 50(4), 946-950.
- Murray, C.A., and Parsons, S.A., (2004), "Advanced oxidation processes: Flowsheet options for bulk natural organic matter removal", *Water Science and Technology: Water Supply*, 4(4), 113-119.
- Najafpour, G.D., Zinatizadeh, A.A.L., and Lee, L.K., (2006), "Performance of a three-stage aerobic RBC reactor in food canning wastewater treatment", *Biochemical Engineering Journal*, 30(3), 297-302.
- Bracewell, L.W., Jenkins, D., and Cameron, W., (1980), "Treatment of phenol formaldehyde resin wastewater using rotating biological contactor", 1st National Symposium Workshop on RBC Technology, Champion, Pennsylvania, USA.
- Cassidy, D.P., Efendiev, S., and White, D.M., (2000), "A comparison of CSTR and SBR bioslurry reactor performance", *Water Research*, 34(18), 4333-4342.
- Chan, R., and Stenstrom, M., (1981), "Use of the rotating biological contactor for appropriate technology wastewater treatment", Research Leaflet Series, University of California.
- Chan, Y.J., Chong, M.F., and Law, C.L., (2010), "Biological treatment of anaerobically digested palm oil mill effluent (POME) using a lab-scale sequencing batch Reactor (SBR)", *Journal of Environmental Management*, 91(8), 1738-1746.
- Chavan, A., and Mukherji, S., (2002), "Treatment of hydrocarbon-rich wastewater using oil degrading bacteria and phototrophic microorganisms in rotating biological contactor: Effect of N: P ratio", *Journal of Hazardous Materials*, 154(1-3), 63-72.
- Choung, Y.K., Bae, B.H., and Ahn, K.H., (1988), "Treatment of phenolic wastewater using rotating biological contactors", *Advances in Water Pollution Control in Asia Pergamon Press Oxford*, Bangkok, Thailand.
- Christian, R.A., (2013), *Wastewater treatment: Concepts and design approach*, PHI Learning Pvt Ltd. 2nd Ed.
- Culp, G.L., and Heim, N.F., (1978), "Field manual for performance evaluation and troubleshooting at municipal wastewater treatment facilities", US Environmental Protection Agency Office of Water, Washington D.C., USA.
- Dabrowski, A., Podkoscielny, P., Hubichi, Z., and Barczdak, M., (2005), "Adsorption of phenolic compounds by activated carbon: A critical review", *Chemosphere*, 58(8), 1049-1070.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency (DEFRA-EA), (2002), "Collation of toxicological data and intake values for humans", Environment Agency, Bristol, UK.
- Dold, P.L., (1989), "Current practice for treatment of petroleum refinery wastewater and toxics removal", *Water Pollution Research Journal of Canada*, 24(3), 363-390.
- Doman, J., (2008), "Results of operation of experiment contact filter with partially submerged plates", *Sewage Works Journal*, 1(5), 555-560.
- Duque, A.F., Bessa, V.S., Carvalho, M.F., and Castro, P.M., (2011), "Bioaugmentation of a rotating biological contactor for degradation of 2-fluorophenol", *Bioresource Technology*, 102(19), 9300-9303.
- Ebrahimi, A., Asadi, M., and Najafpour, G.D., (2009), "Dairy wastewater treatment using three-stage rotating biological contactor (NRBC)", *International Journal Engineering Transactions B: Applications*, 22(2), 107-114.
- Freeman, H., (2003), "Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal", McGraw-Hill, USA.
- Ganczarczyk, J.J., (1983), *Activated sludge process: Theory and practice*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Gonzalez, S., Petrovic, M., and Barcelo, D., (2007), "Removal of a broad range of surfactants from

- Patterson, J.W., (2003), *Wastewater treatment technology*, Ann Arbor Science Publishers Inc., USA.
- Pradeep, N.V., Anupama, and Hampannavar, U.S., (2011), "Biodegradation of phenol using rotating biological contactor", *International Journal of Environmental Sciences*, 2(1), 105-113.
- Radwan, K.H., and Ramanujam, T K, (1997), "Studies on organic removal of 2, 4-dichlorophenol wastewaters using a modified RBC", *Bioprocess Engineering*, 16(4), 219-223.
- Rappoport, Z., (2003), *The chemistry of phenols*, John Wiley and Sons, Ltd., Canada.
- Rodgers M., and Zhan, X-M., (2003), "Moving-medium biofilm reactors", *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 2(2-4), 213-224.
- Singh, N., and Singh, J., (2002), "An enzymatic method for removal of phenol from industrial effluent", *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 32(2), 127-133.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., and Stensel, H.D., (2003), *Wastewater engineering treatment and reuse*, McGraw-Hill, Inc., USA, 4th Ed.
- Tokuz, R.Y., (1989), "Biodegradation and removal of phenols in rotating biological contactors", *Water Science and Technology*, 21(12), 1751-1754.
- Tyagi, R.D., Tran, F.T., and Chowdhury, A.K.M.M., (1993), "Biodegradation of petroleum refinery wastewater in a modified rotating biological contactor with polyurethane foam attached to the disks", *Water Research*, 27(1), 91-99.
- Water Environment Federation (WEF), (1998), "Design of municipal wastewater treatment plants", WEF Manual of Practice No. 8 ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 76, 5th Ed.
- Wick, R., (2001), "Rotating biological contactors in operation of wastewater treatment plants", California State University, Sacramento Foundation.
- Yang, R.D., and Humphrey, A.E., (1975), "Dynamics and steady state studies of phenol biodegradation in pure and mixed cultures", *Biotechnology and Bioengineering*, 17(8), 1121-1235.

Health and Safety and Environmental Risk Assessment and Management in Urmia Sewage Treatment Plant by FMEA Method

Kobra Setodemaram^{1*}, Taher Khajepasha² and
Rahime Alizade³

1- M.Sc. in Mechanical Engineering, Maintenance and Repairs Expert in West Azarbaijan Water and Sewage Company, Urmia, Iran.

2- B.Sc. in Mechanical Engineering, Urmia Sewage Treatment Plant Expert in West Azarbaijan Water and Sewage Company, Urmia, Iran.

3- M.Sc. in Environmental Health Engineering, Exploitation of Wastewater Treatment Plants Expert in West Azarbaijan Water and Sewage Company, Urmia, Iran.

*Corresponding author, Email:
asetodemaram@gmail.com

Received: 05/11/2018

Revised: 31/01/2019

Accepted: 02/02/2019

Abstract

Several sewage treatment plants are currently operational in Iran for supplying health conditions, better life of people, keeping the environment clean, and retrieval waste water and nutrient materials from collected sewage of houses and industrial units. In sewage treatment plants there are several potential health, safety and environment dangers (HSE dangers) which can cause occupational incident for personnel and through effluent wastewater which can cause soil and farmlands pollution and spread contagious disease. In this paper we recognized health, safety and environmental risks in first module of City of Urmia sewage plant and analyzed them by FMEA risk assessment method. Totally 29 HSE risks were identified from which 15 risks had high Risk Priority Number (RPN). This study proposed controlling and correctional proceeding for each of these risks. Chlorine gas leakage from disinfection unit of plant and environmental pollution (air and soil) due to the transfer of effluent from the wastewater treatment plant through the open channel to Urmia Lake have the highest RPN for which correctional and controlling approaches are proposed to prevent risks in plant.

Keywords: FMEA, Risk assessment, Treatment plant processes, Urmia sewage treatment plant.

ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب ارومیه با استفاده از روش FMEA

کبری ستوده مرام^{۱*}، طاهر خواجه پاشا^۲ و رحیمه علی زاده^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، کارشناس امور نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.

۲- کارشناس مهندسی مکانیک، کارشناس تصفیه خانه فاضلاب ارومیه، شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.

۳- دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، کارشناس بهداشت محیط بهره برداری تصفیه خانه ها، شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: asetodemaram@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۴

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

چکیده

در حال حاضر تصفیه خانه های فاضلاب متعددی در سطح کشور با هدف تأمین شرایط بهداشتی بهتر برای زندگی مردم، پاک نگه داشتن محیط زیست و بازیابی فاضلاب، احداث و وظیفه بازیافت آب و مواد مغذی را از فاضلاب جمع آوری شده از منازل و واحدهای صنعتی به عهده دارند. در تصفیه خانه های فاضلاب جنبه های متعدد بالقوه، خطرات ایمنی و بهداشت حرفه ای و زیست محیطی وجود دارند که بروز هر یک از آن ها پیامدهای ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی نامطلوبی را از جمله بروز حوادث شغلی برای پرسنل و خروج پساب کاملاً تصفیه نشده که باعث آلودگی خاک و آلودگی زمین های کشاورزی و شیوع انواع بیماری های واگیردار و غیره می شود. در مقاله حاضر جنبه های خطر ایمنی، بهداشت حرفه ای و زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب ارومیه در فرایندهای مختلف فاز یک تصفیه فاضلاب، شناسایی و با استفاده از روش ارزیابی ریسک FMEA نسبت به تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک و مشخص نمودن خطرات با ریسک های بالا اقدام شده است. از مجموع ۲۹ جنبه خطر ایمنی، بهداشت و زیست محیطی شناسایی شده، ۱۵ جنبه در رده ریسک های بالا قرار گرفت و برای هر کدام، روش های کنترلی و اقدامات اصلاحی مناسب برای حذف یا کاهش ریسک بروز خطرات پیشنهاد شد. از میان ریسک های با شدت بالا، ریسک آلودگی زیست محیطی (هوا و خاک) ناشی از انتقال پساب خروجی تصفیه خانه از طریق کانال روباز به دریاچه ارومیه و ریسک نشت گاز کلر است که در این مقاله اقدامات اصلاحی و کنترلی مناسب برای مقابله و جلوگیری از بروز ریسک پیشنهاد شد.

کلمات کلیدی: تصفیه خانه فاضلاب شهری ارومیه، ارزیابی ریسک، فرایندهای تصفیه فاضلاب ارومیه، تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن، FMEA.

پالایش مواد جامد و مایع حاصل از این جداسازی برای کاهش هرچه بیشتر آلاینده‌های آلی را برعهده دارد. این کار امکان دفع نهایی اجزای تثبیت شده فاضلاب را بدون ایجاد اثر سوء در محیط‌زیست فراهم می‌آورد. در مطالعات اولیه، جمعیت تحت پوشش تصفیه‌خانه را برای سال افق (۱۴۰۰) یک میلیون نفر پیش‌بینی شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه در پنج مدول مساوی و هریک به ظرفیت معادل ۲۰۰۰۰۰ نفر طراحی شده است. مدول‌های ۱ و ۲، تصفیه فاضلاب را به‌روش فرایند بیولاک انجام می‌دهند و در حال بهره‌برداری هستند و مدول ۳ با روش SPR در حال احداث است. شکل‌های ۱ و ۲ تصویر هوایی و شماتیک مدول ۱ تصفیه‌خانه را نشان می‌دهد.

تصفیه‌خانه فاضلاب وظیفه جدا کردن بخش جامد از مایع و پالایش مواد جامد و مایع حاصل از این جداسازی برای کاهش هرچه بیشتر آلاینده‌های آلی را برعهده دارد. این کار امکان دفع نهایی اجزای تثبیت شده فاضلاب را بدون ایجاد اثر سوء در محیط‌زیست فراهم می‌آورد. در مطالعات اولیه، جمعیت تحت پوشش تصفیه‌خانه را برای سال افق (۱۴۰۰) یک میلیون نفر پیش‌بینی شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه در پنج مدول مساوی و هریک به ظرفیت معادل ۲۰۰۰۰۰ نفر طراحی شده است. مدول‌های ۱ و ۲، تصفیه فاضلاب را به‌روش فرایند بیولاک انجام می‌دهند و در حال بهره‌برداری هستند و مدول ۳ با روش SPR در حال احداث است.

در روش بیولاک اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها توسط هوادهای عمقی تامین شده و فسفر و نیتروژن فاضلاب با راندمان بهتری حذف می‌شود. مشخصه این سیستم روش خاص هوادهای زنجیری معلق با زنجیره‌های پاندولی نوسانگر است. در این تحقیق ارزیابی ریسک خطرات مدول یک تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه مورد مطالعه قرار گرفته است (معروفی‌نیا، ۱۳۹۰).

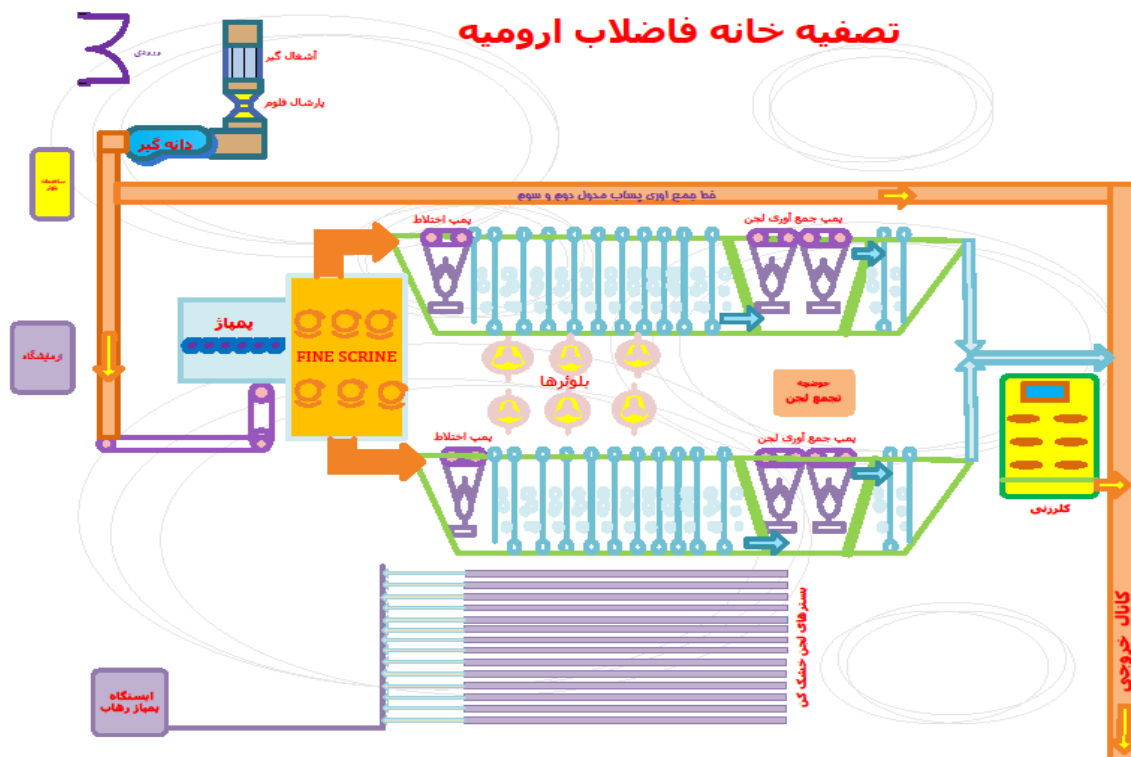
توسعه صنایع و پیشرفت فناوری در کنار آثار مثبت و ارزشمند خود همواره با آثار و پیامدهایی نظیر افزایش کمیت و کیفیت آلودگی‌های محیط کار و زندگی، حوادث و بیماری‌های ناشی از کار مواجه بوده است که بیش از پیش زندگی انسان‌ها و به‌ویژه کارکنان صنایع را مورد تهدید می‌دهد (شانکی، ۱۳۹۳). از جمله این صنایع می‌توان به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اشاره نمود. در حال حاضر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب متعددی در سطح کشور با هدف تأمین شرایط بهداشتی بهتر برای زندگی مردم، پاک نگه‌داشتن محیط‌زیست و بازیابی فاضلاب احداث شده و وظیفه بازیافت آب و مواد مغذی را از فاضلاب جمع‌آوری شده از منازل و واحدهای صنعتی به‌عهده دارند. وقوع شکست در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب پیامدهای نامطلوبی را همچون خروج پساب‌های کاملاً تصفیه نشده به محیط‌های شهری و زمین‌های کشاورزی را به‌دنبال خواهد داشت که می‌تواند در سطح جامعه بحران‌های جدی همچون شیوع بیماری‌های واگیر را ایجاد نماید (تابش، ۱۳۹۳). از این‌رو ارزیابی ریسک خطرات تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از جنبه‌های ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی از اهمیت بالائی برخوردار است.

۲- معرفی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه و فرایندهای مختلف مدول مورد مطالعه

تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه در مجاور جاده ریحان‌آباد ارومیه و در ارتفاع تقریبی ۱۳۳۰ متری از سطح دریای آزاد احداث شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب وظیفه جدا کردن بخش جامد از مایع و



شکل ۱- تصویر هوایی تصفیه‌خانه فاضلاب



شکل ۲- شماتیک کلی مدول ۱ تصفیه خانه فاضلاب ارومیه

وتحلیل عوامل شکست و آثار آن سابقه طولانی دارد. استفاده از FMEA برای اولین بار در دهه ۱۹۶۰ در صنایع هوا و فضای آمریکا برای ساخت سفینه آپولوی ۱۱ و پس از آن در دهه های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ برای موسسات اتمی به کار رفت. از سال ۱۹۷۷ به بعد برای صنایع خودروسازی نیز به کار گرفته شد. از سال ۲۰۰۰ تاکنون این روش یکی از پرکاربردترین روش های ارزیابی ریسک در تمامی صنایع است.

FMEA یک تکنیک مهندسی است که به منظور مشخص کردن و حذف خطاها، مشکلات و اشتباهات سیستم و فرایند تولید به کار برده می شود. FMEA در ارزیابی ریسک می کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه بندی کند. FMEA یک روش استقرایی بوده (رسیدن از جزء به کل) که برای مطالعه سیستماتیک نقص های اجزای یک سیستم و اثرات احتمالی آن ها به کار می رود. به کمک این روش می توان خطاها را ریشه یابی و از بروز آن ها جلوگیری نمود (طاهریان، ۱۳۹۳).

تکنیک FMEA دارای کاربردهای بسیاری بوده و متناسب با کاربردهای متنوع، FMEA های مختلفی هم وجود دارد، از جمله FMEA مربوط به محیط زیست (EFMEA) (عزیزی، ۱۳۹۶). به طور کلی اهداف یک مطالعه FMEA عبارتند از:

- شناسایی حالات نقص مهم که قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی، نگهداشت پذیری و به طور کلی ایمنی سیستم را تحت تأثیر قرار می دهند؛

واحدها و فرایندهای مختلف مورد استفاده در مدول ۱ تصفیه خانه فاضلاب ارومیه عبارتند از: آشغال گیر مکانیکی دهانه درشت، اندازه گیری جریان (پارشال فلوم)، دانه گیری، سیکلون کلاسیفایر (دانه شوی)، ایستگاه پمپاژ، فاین اسکرین، بلوئرها، بیولوژی واحد بیولوژیکی، لاگون های فرایند بیولاک، آزمایشگاه فاضلاب، گندزدایی و بسترهای لجن خشک کن. لازم به ذکر است که پساب تصفیه خانه فاضلاب ارومیه برای احیای دریاچه ارومیه به کار می رود و در حال حاضر از طریق نهر به دریاچه ارومیه می ریزد. ولی به دلیل بروز مشکلات زیست محیطی و ورود پساب شهرک های صنعتی، این شرکت نسبت به اجرای خط انتقال برای هدایت پساب به دریاچه ارومیه اقدام کرده است.

۳- روش تحقیق

ارزیابی ریسک یک روش سازمان یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرات و برآورد ریسک برای رتبه بندی آن ها و کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول است. روش های متعددی برای ارزیابی ریسک وجود دارد از جمله: FMEA، HAZAN و William Fine اشاره نمود که هر یک دارای مزایا و معایبی هستند. یک روش سودمند ارزیابی ریسک علاوه بر ساده بودن، متناسب با ماهیت فعالیت ها، فرایندها، فرهنگ و سایر ویژگی های سازمان مورد نظر است. روش FMEA یکی از روش های تجربه شده و بسیار مفید برای شناسایی، طبقه بندی، تجزیه و تحلیل خطاها و ارزیابی مخاطرات و ریسک های ناشی از آن است. روش تجزیه

• تعیین اثرات حالات مختلف نقص اجزای یک سیستم بر روی کارکردهای مختلف همان سیستم.

در این تحقیق روش ارزیابی ریسک FMEA برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی خطرات ایمنی و بهداشت و از روش EFMEA برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی خطرات زیست‌محیطی استفاده شده است.

به جدول‌های ۱ تا ۳ به‌دست می‌آید. اگر درجات این سه عامل در یکدیگر ضرب شود عدد اولویت ریسک RPN حاصل می‌شود (رابطه (۱)) که عددی بین ۱ تا ۱۰۰۰ خواهد بود. آن دسته از خطراتی که دارای نمره RPN بالاتری هستند، باید علت آن به‌سرعت بررسی و کنترل شوند.

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \quad (1)$$

به‌طور کلی در روش FMEA هیچ روش RPN مبنایی وجود ندارد که بتوان داده‌ها را با آن مقایسه و سطوح ریسک را تعیین کرد. به‌همین دلیل در این تحقیق، به‌منظور تعیین سطح ریسک و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری و برای تعیین شاخص ریسک از میانگین RPNها استفاده و سپس با استفاده از این شاخص معیار حد بالا و پایین ریسک‌ها مشخص شد. در این پژوهش برای شناسایی ریسک‌های ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی و پیامدهای هریک از آن‌ها نسبت به طرح مسئله، بررسی ویژگی‌های طرح، شناخت وضعیت ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی موجود از طریق بازدیدهای متعدد و مصاحبه با کارشناسان فنی تصفیه‌خانه فاضلاب، اقدام شده است.

در FMEA سه موضوع مهم را باید در نظر گرفت:

- احتمال وقوع^۲: احتمال یا به‌عبارت دیگر شمارش تعداد شکست‌ها نسبت به تعداد انجام فرآیند؛
- شدت خطر^۳: ارزیابی و سنجش نتیجه شکست (البته اگر به‌وقوع بپیوندد). شدت، یک مقیاس ارزیابی است که جدی بودن اثر یک شکست را در صورت ایجاد آن تعریف می‌کند.
- تشخیص^۴: احتمال تشخیص شکست قبل از آن‌که اثر وقوع آن مشخص شود. ارزش یا رتبه تشخیص وابسته به جریان کنترل است. تشخیص، توانایی کنترل برای یافتن علت و مکانیزم شکست‌ها است.

با توجه به اطلاعاتی که از فرآیند و یا محصول وجود دارد، خطر براساس سه عامل مذکور درجه‌بندی می‌شود. این طبقه‌بندی از ۱ تا ۱۰ (پایین به بالا) است که مقادیر آن‌ها با توجه

جدول ۱- شدت خطر

رتبه	شدت اثر	شرح
۱۰	خطرناک - بدون هشدار	وخامت تاسف‌بار، مثل خطر مرگ، تخریب کامل
۹	خطرناک - با هشدار	وخامت تاسف‌بار، اما همراه با هشدار است
۸	خیلی زیاد	وخامت جبران‌ناپذیر است، عدم توانایی انجام وظیفه اصلی، از دست دادن یک عضو بدن
۷	زیاد	وخامت زیاد، همانند آتش گرفتن تجهیزات، سوختگی بدن
۶	متوسط	وخامت کم است، مانند ضرب دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی
۵	کم	وخامت خیلی کم، مانند ضرب دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی
۴	خیلی کم	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند
۳	اثرات جزئی	اثر جزئی برجا می‌گذارد، مثل خراش دست هنگام تراشکاری
۲	خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی دارد
۱	هیچ	بدون اثر

جدول ۲- احتمال کشف خطر

رتبه	قابلیت کشف	معیار: احتمال کشف خطر
۱۰	مطلقاً هیچ	هیچ کنترلی وجود ندارد و یا درصورت وجود قادر به کشف خطر بالقوه نیست
۹	خیلی ناچیز	احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود
۸	ناچیز	احتمال ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود
۷	خیلی کم	احتمالی خیلی کمی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود
۶	کم	احتمال کمی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود
۵	متوسط	در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۴	نسبتاً زیاد	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۳	زیاد	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۲	خیلی زیاد	احتمال خیلی زیاد وجود دارد که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۱	تقریباً حتمی	تقریباً به‌طور حتم با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار می‌شود

جدول ۳- احتمال وقوع

رتبه	نرخ های احتمالی خطر	معیار: احتمال رخداد خطر
۱۰ ۹	۱ در ۲ یا بیش از آن ۱ در ۳	بسیار زیاد، خطر تقریباً اجتناب ناپذیر است
۸ ۷	۱ در ۸ ۱ در ۲۰	زیاد، خطرهای تکراری
۶ ۵ ۴	۱ در ۸۰ ۱ در ۴۰۰ ۱ در ۲۰۰۰	متوسط، خطرهای موردی
۳ ۲	۱ در ۱۵۰۰۰ ۱ در ۱۵۰۰۰۰	کم، خطرهای نسبتاً نادر
۱	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰ ...	بعید، خطر نامحتمل است

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، برای شناسایی جنبه‌های زیست‌محیطی از روش EFMEA استفاده می‌شود. به‌منظور کاربرد این روش هریک از جنبه‌های شناسایی شده به دو گروه تقسیم می‌شوند (عزیزی، ۱۳۹۶):

الف- جنبه‌های زیست‌محیطی که باعث انتشار یا تولید انواع آلودگی‌ها، ضایعات، پسماندها و فاضلاب در محیط‌زیست

می‌شوند؛

ب- جنبه‌های زیست‌محیطی که باعث کاهش یا اتلاف منابع طبیعی یا انرژی در اثر استفاده از آنها می‌شوند.

بر این اساس برای محاسبه ضریب تخریب زیست‌محیطی گروه اول از جنبه‌ها، از حاصل ضرب شدت در احتمال وقوع در گستره آلودگی مطابق جدول‌های ۴ تا ۸ استفاده شد.

جدول ۴- حدود RPN ایمنی و بهداشت

نوع ریسک	حدود RPN
ریسک پایین (L)	< 89
ریسک بالا (H)	≥ 89

جدول ۵- رتبه‌بندی شدت اثر (عزیزی، ۱۳۹۶)

امتیاز	احتمال وقوع
۵	رخداد بسیار زیاد و حتمی
۴	رخداد معمول
۳	رخداد محتمل و متوسط
۲	رخداد کم مقدار
۱	رخداد غیرممکن و بعید

جدول ۶- رتبه‌بندی احتمال وقوع (عزیزی، ۱۳۹۶)

امتیاز	تعریف شدت	شدت
۱	هیچ	تولید آلاینده ندارد / بدون اثر
۲	جزئی	تولید جزئی آلاینده/اثر جزئی بر محیط‌زیست
۳	کم	تولید کم آلاینده / اثر کم بر محیط‌زیست
۴	زیاد	تولید خیلی زیاد آلاینده / اثر خیلی زیاد بر محیط‌زیست
۵	شدید / فاجعه آفرین	تولید شدید آلاینده / اثر غیرقابل جبران بر محیط‌زیست

جدول ۷- رتبه‌بندی گستره آلودگی (عزیزی، ۱۳۹۶)

امتیاز	گستره آلودگی
۵	منطقه‌ای
۴	محدوده مستقیم طرح
۳	در سطح تصفیه‌خانه
۲	در سطح واحد
۱	در سطح ایستگاه کاری

جدول ۸- حدود RPN زیست‌محیطی

نوع ریسک	حدود RPN
ریسک پایین (L)	< 37
ریسک بالا (H)	≥ 37

۴- نتایج

قرار داشتند. برای آن دسته از ریسک‌هایی که در سطح بالا قرار دارند، لازم است اقدامات کنترلی و اصلاحی ارائه و اجرا شده و بدین ترتیب عدد اولویت ریسک (RPN) کاهش پیدا کند.

با توجه به نتایج ارزیابی جدول ۹ بالاترین عدد ریسک ایمنی و بهداشت (RPN=۲۵۰) مربوط به نشت گاز کلر از سیلندرهای کلر واحد گندزدائی تصفیه‌خانه است که در صورت عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مخصوص گاز کلر و نداشتن آگاهی لازم و آموزش کافی اپراتورها برای اطفای نشتی، منجر به مرگ اپراتورها و افراد در معرض نشت گاز کلر خواهد شد.

طبق نتایج به‌دست آمده از روش FMEA حدود ۲۱ جنبه ایمنی و بهداشت و ۷ جنبه زیست‌محیطی مطابق جدول‌های ۹ و ۱۰ در جدول ۱ تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه شناسایی شد. از جنبه‌های ایمنی و بهداشت، ۱۰ جنبه در سطح پایین و ۱۱ جنبه در سطح بالا قرار داشتند. به عبارت دیگر ۴۸٪ از جنبه‌ها در سطح ریسک پایین و ۵۲٪ در سطح ریسک بالا قرار دارند. از جنبه‌های زیست‌محیطی نیز ۷ جنبه شناسایی شد که ۳ جنبه در سطح بالا

جدول ۹- شناسایی خطرات و آنالیز ریسک‌های ایمنی و بهداشت تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه به روش FMEA

نام واحد / نوع فعالیت	خطر	اثر خطر	علت خطر	ارزیابی ریسک‌های موجود				اقدامات کنترلی پیشنهادی
				شدت خطر	احتمال وقوع	کشف خطر	RPN	سطح ریسک
واحد آشفالگیری: گریس‌کاری و تنظیم سیم بوکسل‌ها	سقوط داخل کانال	شکستگی اعضای بدن	عدم وجود تکیه‌گاه و جایگاه مناسب برای انجام فعالیت و عدم استفاده از لوازم حفاظت فردی	۸	۵	۱	۴۵	L
واحد آشفالگیری: تعمیر شانه آشفالگیر	سقوط شانه آشفالگیر روی افراد هنگام جوشکاری شانه	شکستگی اعضای بدن	رد کردن شانه و افتادن آن هنگام جوشکاری	۸	۵	۳	۱۲۰	H
واحد آشفالگیری: نوار نقاله	گیر کردن دست افراد بین نوار نقاله و پایه ثابت آن	شکستگی/جراحت	سهل‌انگاری اپراتور و خاموش نبودن دستگاه	۶	۵	۱	۳۵	L
واحد دانه‌گیر	سقوط در کانال به عمق ۶ متر	خفگی	برخورد پل دانه‌روب با اپرتور هنگام آچارکشی لوله‌های هواده به دلیل عدم وجود جایگاه مناسب برای انجام فعالیت	۱۰	۷	۱	۷۰	H

واحد دانه گیر	سقوط در کانال به عمق ۶ متر	شکستگی اعضای بدن	برخورد پل دانه روب با اپراتور هنگام آچارکشی لوله های هواده به دلیل عدم وجود جایگاه مناسب برای انجام فعالیت	۱۰	۷	۱	۷۰	H	آموزش اپراتور و استفاده از کمر بند هارنس
رفع انسداد سیلیکون کلاسیفایر و پمپ های دانه گیر	بریدگی با اجسام برنده	بریدگی	بریدگی بوسیله آشغال های برنده مانند تیغه، شیشه و سرنگ های بیمارستانی	۴	۸	۵	۱۶۰	H	استفاده از دستکش های ایمنی
واحد دانه گیر: بیرون کشیدن پمپ ها	سقوط از ارتفاع	شکستگی	کار در ارتفاع و عدم وجود جایگاه مناسب برای کار	۶	۵	۲	۶۰	L	استفاده از کمر بند ایمنی و نردبان مناسب
ایستگاه پمپاژ: انجام سرویس های دوره ای	سقوط پمپ	شکستگی اعضای بدن	هنگام خارج نمودن پمپ با زنجیر به دلیل پارگی زنجیر یا رد کردن قلاب	۸	۴	۳	۹۶	H	کنترل سالم بودن زنجیر و قلاب جرثقیل
	برق گرفتگی	مرگ	اتصال بدنه گیر کردن کابل برق اصلی و زدگی کابل و برق گرفتگی از میله ها / سیم بوکسل	۱۰	۵	۳	۱۵۰	H	کنترل سالم بودن کابل ها قبل از انجام کار
واحد فاین اسکرین: آچارکشی کلمپ های نگهدارنده لوله ها و تعویض رابط اسکرین	سقوط از ارتفاع ۲ متر	شکستگی	امکان انجام تعمیرات مناسب نیست	۶	۵	۲	۶۰	L	ساخت جایگاه مناسب برای انجام تعمیرات
واحد فاین اسکرین: تعمیر گیربکس	سقوط گیربکس روی افراد هنگام تعمیر	شکستگی عضو	مکان انجام تعمیرات مناسب نیست	۸	۴	۵	۱۶۰	H	ساخت جایگاه مناسب برای انجام تعمیرات
واحد اسکرابر های (لاگون های) حذف فسفر و اسکرابر های لجن روب و لجن برگشتی: تعمیر یا تعویض پمپ ها	سقوط اسکرابر روی افراد	مرگ	اشکال جرثقیل یا خطای اپراتور موقع خارج کردن پکیج	۱۰	۵	۳	۱۵۰	H	آموزش اپراتور و کنترل سالم بودن جرثقیل
	سقوط در لاگون به عمق ۵ متر	خفگی و مرگ	انجام تعمیر روی قایق و واژگونی آن و افتادن اپراتور داخل لagoon	۱۰	۵	۲	۱۰۰	H	حضور یک نفر به عنوان نجات غریق و استفاده از قایق نجات در محل
واحد لagoon های هوادهی، انجام تعمیرات روی شیلنگ های هوادهی و دیفیوزرها	سقوط در آب استخر هوادهی	خفگی	انجام تعمیر روی قایق و واژگونی آن و افتادن اپراتور داخل لagoon	۱۰	۵	۲	۱۰۰	H	حضور یک نفر به عنوان نجات غریق و استفاده از قایق نجات در محل
واحد گندزدائی، کلرزنی گازی	نشت گاز کلر	مرگ	نشت گاز کلر از بدنه سیلندر گاز کلرو یا نشت از شیر کلر سیلندر	۱۰	۵	۵	۲۵۰	H	تست و اطمینان از سالم بودن سنسورهای تشخیص گاز کلر و آلارم آن، تهیه لوازم حفاظت فردی مخصوص گاز کلر، افزایش مهارت و آموزش پرسنل برای اطفای نشت گاز کلر، سرویس های دوره ای و آماده به کار نمودن

دستگاه اسکرابرو در صورت لزوم افزایش ظرفیت آن									
واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماری‌ها از جمله هیپاتیت و کزاز	L	۳۵	۱	۷	۵	قرار گرفتن داخل حوضچه فاضلاب	ابتلاء به بیماری‌های عفونی	تماس پوستی با فاضلاب به مدت چند ساعت	لایروبی حوضچه‌های دانه‌گیرها
واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماری‌ها از جمله هیپاتیت و کزاز	L	۳۵	۱	۷	۵	انجام تعمیرات	ابتلاء به بیماری‌های عفونی	قرار گرفتن اپراتورها در معرض بخارات فاضلاب	انجام سرویس‌های دوره‌ای ایستگاه پمپاژ
استفاده از ماسک مجهزه کپسول اکسیژن	L	۴۲	۱	۷	۶	به دلیل قرار گرفتن اپراتور در داخل درام برای جوشکاری	مسمومیت	قرار گرفتن در معرض دود جوشکاری و استیل و بخارات فاضلاب	واحد فاین اسکرین - جوشکاری درام
واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماری‌ها از جمله هیپاتیت و کزاز	L	۳۵	۱	۷	۵		ابتلاء به بیماری‌های عفونی	تماس با فاضلاب و بخارات آن	واحد پرس هیدرولیکی
واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماری‌ها از جمله هیپاتیت و کزاز	L	۳۵	۱	۷	۵	انجام تعمیرات	ابتلاء به بیماری‌های عفونی	ریزش فاضلاب روی اپراتورها	واحد اسکراب‌های (لاگون‌های) حذف فسفر و اسکراب‌های لجن روب و لجن برگشتی، تعمیر یا تعویض پمپ‌ها
استفاده از جرثقیل	L	۶۴	۱	۸	۸	بلند کردن اجسام سنگین (دیفیوزر به همراه شیلنگ ۵ متری)	دیسک کمر	آسیب ستون فقرات اپراتور	واحد لاگون‌های هوادهی، انجام تعمیرات روی شیلنگ‌های هوادهی و دیفیوزرها

مستقیمی که برای بهداشت مردم دارد به نتایج دیگری هم از قبیل ایجاد مناظر زشت و بوی ناخوشایند و تولید حشرات موزی منجر می‌شود (عزیزی، ۱۳۹۶).

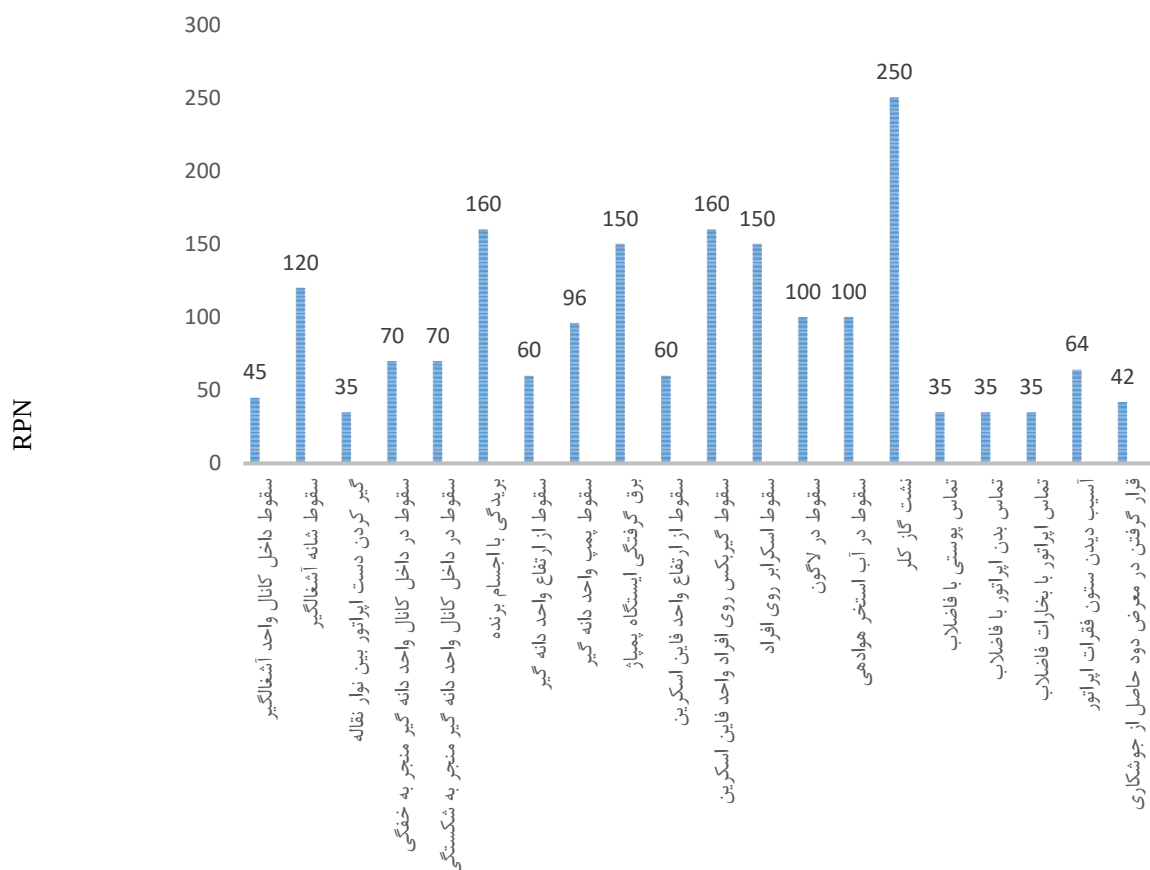
شکل‌های ۳ و ۴ نتایج ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی برای هر ریسک را به تفکیک عدد اولویت ریسک نشان می‌دهند.

در نتایج ارزیابی جدول ۱۰ بالاترین عدد ریسک زیست‌محیطی ($RPN=80$) هم مربوط به آلودگی زیست‌محیطی ناشی از ورود فاضلاب تصفیه نشده به کانال خاکی انتقال پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب است که باعث خارج شدن آلاینده‌های پساب از استانداردهای زیست‌محیطی (BOD, COD) و آلودگی هوا و خاک خواهد شد. این امر علاوه بر خطرات

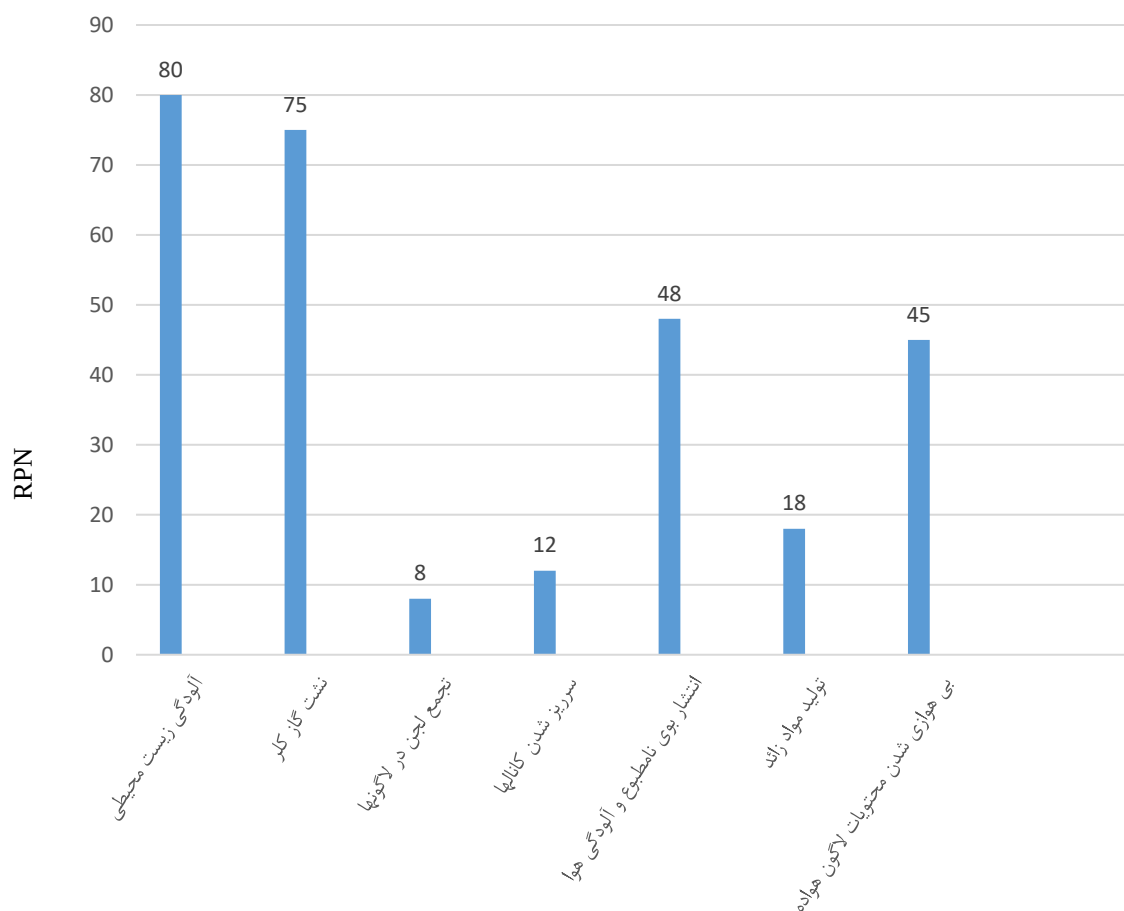
جدول ۱۰- شناسایی خطرات و تحلیل ریسک‌های زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه به روش FMEA

اقدامات کنترلی پیشنهادی	ارزیابی ریسک‌های موجود					علت خطر	اثر خطر	خطر	نوع فعالیت
	سطح ریسک	RPN	گستره آلودگی	احتمال وقوع	شدت خطر				
استفاده از علائم هشدار دهنده صوتی در محیط تزریق و نگهداری کپسول‌های گاز، افزایش مهارت و آموزش پرسنل برای اطفای نشت گاز کلر،	H	۷۵	۵	۳	۵	بروز نشت از بدنه / شیر سیلندر، نشت از لوله‌های تزریق گاز کلر به دلیل پوسیدگی لوله‌ها	آلودگی هوا	نشت گاز کلر	کلرzeni

تهیه تجهیزات حفاظت فردی مخصوص گاز کلر، کپسول‌های اکسیژن با ظرفیت مناسب، افزایش ظرفیت دستگاه اسکرابر موجود و خارج نمودن آن از محل نگهداری کپسول‌های گاز کلر									
سیستم پمپاژ لجن برگشتی به داخل لاگون‌ها	تجمع لجن در لاگون‌های هوادهی و قسمت ته‌نشینی لجن	بالا رفتن بار آلی پساب و خارج شدن از معیارهای زیست‌محیطی	نقص فنی پمپ‌ها	۲	۲	۲	۸	L	بازدید دوره‌ای و تعمیر و نگهداری پمپ‌ها براساس برنامه PM
سیستم پمپاژ لجن مازاد به داخل بسترهای لجن خشک‌کن	تجمع لجن در لاگون‌های هوادهی و قسمت ته‌نشینی لجن	بالا رفتن بار آلی پساب و خارج شدن از معیارهای زیست‌محیطی	نقص فنی پمپ‌ها	۲	۲	۲	۸	L	بازدید دوره‌ای و تعمیر و نگهداری پمپ‌ها بر اساس برنامه PM و تعبیه آشغالگیر رزرو
آشغالگیر	پر و سرریز شدن کانال/ ورود فاضلاب به محیط	آلودگی محیط	گرفتگی آشغالگیر	۳	۲	۲	۱۲	L	تعمیر و نگهداری آشغالگیرهای مکانیکی براساس برنامه PM و تعبیه آشغالگیر رزرو
ایستگاه پمپاژ	انتشار بوی نامطبوع	آلودگی هوا	خرابی پمپ‌ها و تجمع فاضلاب خام در ایستگاه پمپاژ	۴	۳	۴	۴۸	H	تعبیه پمپ رزرو و انجام تعمیر و نگهداری براساس برنامه PM
فعالیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه	تولید مواد زائد حین عملیات واحد های مختلف	آلودگی خاک در صورت دفن غیر اصولی	تولید موادم زائد در واحدهای مختلف	۳	۲	۳	۱۸	L	جمع‌آوری و تحویل پسماند به شهرداری و دفن بهداشتی پسماندها توسط شهرداری
خط انتقال پساب خروجی تصفیه‌خانه	ورود فاضلاب تصفیه نشده به کانال خاکی انتقال پساب تصفیه خانه فاضلاب از سایر منابع	افزایش میزان آلاینده‌های پساب و تخطی پارامترهای کیفی (BOD, COD, TSS) از استانداردهای زیست‌محیطی	انتقال پساب از طریق کانال خاکی و احتمال سرریز پساب تصفیه نشده شهرک‌های صنعتی یا روستاهای مجاور و ایجاد بوی نامطبوع (آلودگی هوا) و خاک	۴	۴	۵	۸۰	H	تکمیل اجرای خط انتقال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب
واحد هوادهی لاگون‌ها (بلوئرهای هوا)	بی‌هوایی شدن محتویات لاگون هواده	انتشار بوی نامطبوع و بالا رفتن بار آلی پساب و خارج شدن پارامترهای کیفی از معیارهای زیست‌محیطی	نقص فنی بلوئرهای هوادهی	۵	۳	۳	۴۵	H	تعبیه دستگاه رزرو و انجام تعمیر و نگهداری براساس برنامه PM



شکل ۳- ریسک‌های ایمنی و بهداشت به تفکیک RPN



شکل ۴- ریسک‌های زیست محیطی به تفکیک RPN

تابش، م.، بدلی باوانی، ا.، عسگریان، م.، و روزبهانی، ع.، (۱۳۹۳)، "تدوین الگوریتمی برای تحلیل و مدیریت ریسک تصفیه‌خانه فاضلاب"، *تحقیقات منابع آب/ایران*، ۱۰(۳)، ۵۳-۶۵.

شانکی باورساد، م.، احمدی مقدم، م.، و ریاحی خرم، م.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی و مدیریت ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی تصفیه‌خانه‌های آب اهواز"، *اولین همایش ملی محیط‌زیست*، دانشگاه پیام نور، ۱ خرداد، اصفهان.

طاهریان، م.، بهرامی، م.، و مرادی نژاد، ص.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی اطمینان‌پذیری تصفیه‌خانه فاضلاب با استفاده از آنالیز درخت خطا"، *تحقیقات منابع آب/ایران*، ۱۰(۲)، ۱-۱۱.

عزیزی، آ.، پورخبا، ح.ر.، و جوانمردی، س.، (۱۳۹۶)، "ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری با کاربرد روش FMEA"، *سومین کنفرانس سالانه بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی*، شیراز.

معروفی‌نیا، ا.، رضائی، ح.، قادری، س.ج.، و عصمت ساعتلو، س.م.، (۱۳۹۰)، "معرفی بیولاک روشی کارا در تصفیه فاضلاب با نگاهی بر تصفیه فاضلاب شهر ارومیه"، *اولین کنفرانس ملی عمران و توسعه*، تهران.

در این مقاله به‌منظور شناسایی و ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی مدول یک تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه از تکنیک FMEA استفاده شد. ازجمله مزایای روش ارزیابی FMEA می‌توان به‌موارد ذیل اشاره نمود (عزیزی، ۱۳۹۶):

- تکنیک FMEA به‌عنوان یک‌روش پیشگیری از خطرات است؛
- این تکنیک برای کلیه صنایع به‌خصوص صنایع فرایندی مناسب است؛
- این تکنیک شیوه‌ای مطمئن برای پیش‌بینی مشکلات و تشخیص موثرترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌حل پیشگیرانه است.

برای ارزیابی ریسک با روش مذکور، ضمن مصاحبه با پرسنل و کارشناسان آشنا به فرایند تصفیه فاضلاب، اقدام به شناسایی فعالیت‌ها و فرایندهای مختلف تصفیه فاضلاب و جنبه‌های خطر شد. در مجموع ۲۷ جنبه ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی شناسایی و با استفاده از روش FMEA مورد ارزیابی قرارگرفت. پس از ارزیابی ریسک، ریسک‌های با شدت بالا مشخص و نسبت به اولویت‌بندی آن‌ها و ارائه اقدامات اصلاحی و کنترلی مناسب اقدام شد.

نتایج ارزیابی نشان داد بالاترین عدد ریسک ایمنی و بهداشت مربوط به نشت گاز کلر واحد گندزدایی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه است که در این مقاله اقدامات اصلاحی و کنترلی مناسب از جمله کاهش تعداد سیلندرهای پر و نگهداری تعداد مورد نیاز در واحد، آزمایش و اطمینان از سالم بودن سنسورهای تشخیص گاز کلر و آلارم آن، تهیه لوازم حفاظت فردی مخصوص گاز کلر، افزایش مهارت و آموزش پرسنل برای اطفای نشت گاز کلر، سرویس‌های دوره‌ای و آماده به‌کار نمودن دستگاه اسکرابرو و در صورت لزوم افزایش ظرفیت آن برای مقابله و جلوگیری از بروز ریسک پیشنهاد شده که تعدادی از آن‌ها انجام شده است.

بالاترین عدد ریسک زیست محیطی نیز مربوط به آلودگی زیست محیطی (هوا و خاک) ناشی از انتقال پساب خروجی تصفیه‌خانه از طریق کانال روباز به دریاچه ارومیه است و این امر به‌دلیل احتمال سرریز پساب تصفیه نشده شهرک صنعتی و فاضلاب روستاهای مجاور به کانال مذکور تست که در حال حاضر شرکت نسبت به اجرای خط انتقال اقدام نموده است.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Environmental Failure Mode and Effect Analysis
- 2- Occurrence
- 3- Severity
- 4- Detect

Simulation of Electrical Conductivity of Behbahan Plain Using ANN and ANN-PSO Models

شبیه‌سازی هدایت الکتریکی دشت بهبهان با استفاده از مدل‌های ANN و ANN-PSO

Fahimeh Sayadi Shahraki^{1*} and Atefeh Sayadi Shahraki²

1- Faculty member, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

2- Young Researchers and Elite Club, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

*Corresponding author, Email: sayadi.f2009@gmail.com

فهیمة صیادی شهرکی^{۱*} و عاطفه صیادی شهرکی^۲

۱- عضو هیأت علمی گروه مهندسی برق دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: sayadi.f2009@gmail.com

Received: 8/12/2018

Revised: 16/4/2019

Accepted: 16/4/2019

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

Abstract

چکیده

One of the main aims of water resource planning and management is to estimate and predict groundwater quality parameters which would be used in decision-making. In this regard, many models have been developed which proposed better managements in order to maintain water quality. Most of these models require input parameters which are hardly available or their measurements are time consuming and expensive. Among them, Artificial Neural Network (ANN) models inspired by human's brain are a better choice. The present studied stimulated the electrical conductivity of water quality parameters of Behbahan Plain, using ANN and ANN+PSO models and in the end compared their results with measured data. Data for NO_3^- , EC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , K^+ , TH and pH were collected during 2009-2016 as input data. The results indicated that the highest prediction accuracy of quality parameters was related to the ANN + PSO model so that the MAE and RMSE statistics had the minimum and R^2 had the maximum value for the model. Considering the high efficiency of artificial neural network model, by training the Particle Swarm Optimization algorithm, it can be used in order to make managerial decisions and ensure the results of monitoring and reducing costs.

برآورد و پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی به منظور تصمیم‌گیری‌های مدیریتی یکی از اهداف مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب تلقی می‌شود. در این راستا تعداد زیادی مدل در زمینه مدیریت بهتر برای حفظ کیفیت آب گسترش یافته است. بیشتر این مدل‌ها نیازمند پارامترهای ورودی هستند که یا دسترسی به آن‌ها مشکل است و یا این‌که اندازه‌گیری آن‌ها محتاج صرف هزینه و زمان زیاد است. در این میان مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی که با الهام از ساختار مغز بشر عمل می‌نمایند، به‌عنوان گزینه‌ای برتر معرفی می‌شوند. پژوهش حاضر به‌منظور شبیه‌سازی پارامتر کیفی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت بهبهان با استفاده از مدل‌های ANN و ANN-PSO و درنهایت مقایسه نتایج آن‌ها با داده‌های اندازه‌گیری شده، انجام شده است. پارامترهای هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم، سولفات، بی‌کربنات، کلر، پتاسیم، سختی و اسیدیته در بازه سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ در دشت بهبهان جمع‌آوری شد و به‌عنوان ورودی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد بالاترین دقت پیش‌بینی پارامتر کیفی EC مربوط به مدل ANN-PSO است، به‌طوری‌که مقدار آماره‌های RMSE و MAE کمترین مقدار و R^2 بیشترین مقدار را برای مدل مذکور دارد. با توجه به کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی با آموزش الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات می‌توان از این مدل برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی و حصول اطمینان از نتایج پایش و کاهش هزینه استفاده کرد.

Keywords: Artificial Neural Network, Electrical Conductivity, Particle Swarm Optimization Algorithm.

کلمات کلیدی: الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات، شبکه عصبی مصنوعی، هدایت الکتریکی.

پیش‌بینی شوری آب زیرزمینی یکی از مسائل مهم و ضروری تلقی می‌شود. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در مطالعات هیدرولوژیکی دهه اخیر، نشان می‌دهد این مدل توانایی بالایی در کشف رابطه بین داده‌ها و شناخت الگوها دارند. شبکه‌های عصبی مصنوعی از لحاظ عملکرد، مدل‌های بسیار کارایی هستند که سرعت محاسباتی آن‌ها کاملاً مستقل از پیچیدگی ریاضیاتی الگوریتم‌ها یا روش مورد استفاده در تهیه مثال‌های آن‌ها است.

در زمینه بررسی پارامترهای کیفی آب با استفاده از مدل شبکه عصبی می‌توان به مطالعه Musavi-Jahromi and (2008) Golabi اشاره کرد. آن‌ها پارامترهای SAR، EC و TDS رودخانه کارون را با استفاده از مدل ANN پیش‌بینی کرده و دقت مدل را برای شبیه‌سازی بیش از ۹۰٪ اعلام نمودند. (Najah et al. 2009) توانایی بالای شبکه‌های عصبی را در تخمین شاخص‌های کیفی آب رودخانه جوهر مالزی در برآورد مقدار EC، TDS و کدورت مورد تاکید قرار دادند. میرزاوند و همکاران (۱۳۹۴)، به شبیه‌سازی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج این پژوهش، دقت بالای مدل شبکه عصبی در شبیه‌سازی را نشان داد.

بانژاد و همکاران (۱۳۹۲)، به تخمین پارامترهای کیفی آب شامل SAR، EC و TDS با استفاده از مدل‌های هیبرید شبکه‌های عصبی-موجکی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها کارایی بالای مدل شبکه عصبی-موجکی در تخمین پارامترهای کیفی آب را نشان می‌دهد. در پژوهشی دیگر Barzegar et al. (2016) برای پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. ایشان در تحقیق خود از داده‌های دبی، دما، اسیدیته، هدایت الکتریکی، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کربنات، بی‌کربنات، سولفات و کلر بهره گرفتند. نتایج آن‌ها نشان داد، بالاترین همبستگی نسبت به هدایت الکتریکی مربوط به پارامترهای کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات و کلر است.

از آنجایی که روش شبکه عصبی مصنوعی با آموزش پس انتشار خطا در برخی مواقع موجب کاهش دقت شبیه‌سازی می‌شود، برای رفع این مشکل از مدل شبکه عصبی با آموزش الگوریتم بهینه‌سازی ذرات (PSO) هم برای شبیه‌سازی استفاده می‌شود. احمدی و همکاران (۱۳۹۴)، به پیش‌بینی عمق سطح ایستابی دشت نجف آباد با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ذرات پرداختند. نتایج تحقیقات نشان داد که مدل PSO دقت بالایی در پیش‌بینی نوسانات سطح ایستابی دارد و می‌توان از آن به عنوان یک مدل شبیه‌ساز برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف منابع آب استفاده کرد. همچنین صیادی شهرکی و همکاران (۱۳۹۵)، از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ذرات و ژنتیک برای شبیه‌سازی نیتрат دشت بهبهان استفاده کردند که نتایج

محدودیت منابع آب سطحی مناسب، تقاضای مصرف آب به دلیل افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی، انسان‌ها را به سمت بهره‌برداری از ذخایر آب زیرزمینی سوق داده است (شمسایی، ۱۳۸۱). آب‌های زیرزمینی به عنوان تنها منبع مورد اعتماد مصرف آب در زمینه‌های شرب، کشاورزی و صنعت در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند (میرزایی و ناظمی، ۱۳۸۹). در سال‌های اخیر برداشت بی‌رویه از یک سو و فعالیت در جهت تامین غذا از سوی دیگر باعث لطمات جبران ناپذیری به این منابع از نقطه نظر کمی و کیفی شده است (دهقانی و همکاران، ۱۳۸۸). لذا مطالعات کیفی شامل مطالعه آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی حایز اهمیت هستند. از طرفی مدل‌های رایانه‌ای ابزاری برای مدیریت منابع آب فراهم نموده‌اند و امروزه استفاده از مدل‌های ریاضی نرم افزاری برای پایش و مدیریت آب‌های زیرزمینی توسعه چشم‌گیری یافته است (غلامی و همکاران، ۱۳۹۱).

امروزه در دنیا آب و منابع آب به عنوان یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار به شمار می‌روند و علاوه بر کمیت، کیفیت آب نیز جزء پارامترهای مهم مورد توجه قرار می‌گیرد. در این راستا پارامترهای کیفی آب جزو مولفه‌هایی هستند که باید در برنامه‌ریزی‌ها به دقت شبیه‌سازی و تخمین زده شوند (عسگری و همکاران، ۱۳۹۰). شوری خاک و بالا بودن سطح ایستابی از مهم‌ترین مشکلات محیطی هستند که علاوه بر تاثیر منفی بر روی رشد و توسعه گیاه، سبب تخریب اراضی نیز می‌شوند. این مسئله در مناطق خشک و نیمه خشکی همچون ایران بارزتر است. خاک‌های مناطق مرکزی و جنوب شرقی ایران بیشتر از سایر نقاط این کشور تحت تاثیر شوری و سطح ایستابی کم عمق قرار دارند (مختاران، ۱۳۹۳). شور شدن منابع آب و خاک به دلایل مختلفی از جمله بیش‌آباری، آبیاری با آب‌های شور و نامتعارف، فقدان زهکشی مناسب، بالا آمدن سطح ایستابی یا ماندابی شدن، تخلیه فاضلاب‌ها و ... رخ می‌دهد. امروزه به دلیل کاهش ذخایر آب با کیفیت مناسب و نیاز روز افزون جمعیت فزاینده در بخش‌های مختلف، استفاده از منابع آب شور برای آبیاری محصولات که از طریق کشاورزی آبی یا پمپاژ آب از آبخوان‌ها تولید می‌شوند، امری اجتناب ناپذیر است (Moghaddam and Koocheki, 2004). برآورد پارامترهایی نظیر شوری با استفاده از مدل‌ها موجب کاهش هزینه‌ها و دسترسی به آمار جامعی خواهد شد. مدل‌سازی در مناطق خشک برای مدیریت بهینه منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از فاکتورهای مهم در مدیریت صحیح در هر زمینه‌ای داشتن یک دید و نگرش مناسب از اتفاقات آینده در آن زمینه است.

استان خوزستان واقع شده است. اقلیم منطقه مطالعاتی به روش دومارتن، نیمه خشک تعیین شده است. متوسط سالانه ریزش های جوی در ناحیه دشت ۴۵۰/۲ میلی متر، حداقل مطلق درجه حرارت ۱/۵- درجه سانتی گراد و حداکثر مطلق آن ۵۰/۵ درجه سانتی گراد است. حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۵۶۰ متر و حداقل آن ۲۵۷ متر است. شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد.

۲-۲- مدل شبکه عصبی مصنوعی^۲ (ANN)

عنصر کلیدی این الگو ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات آن است و از تعداد زیادی عناصر (نرون) با ارتباطات قوی داخلی که هماهنگ با هم برای حل مسائل مخصوص کار می کنند تشکیل شده است. شبکه های عصبی مصنوعی با پردازش روی داده های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کند که به این عمل یادگیری می گویند. با استفاده از دانش برنامه نویسی رایانه می توان ساختار داده ای طراحی کرد که همانند یک نرون عمل نماید. سپس با ایجاد شبکه ای از این نرون های مصنوعی به هم پیوسته، ایجاد یک الگوریتم آموزشی برای شبکه و با اعمال این الگوریتم به شبکه، آن را آموزش داد. در حالت کلی یک شبکه عصبی از سه لایه تشکیل شده است: لایه ورودی: فقط اطلاعات را دریافت کرده و مشابه متغیر مستقل عمل می کند. بنابراین تعداد نرون های لایه ورودی براساس طبیعت مسئله تعیین می شود و بستگی به تعداد متغیرهای مستقل دارد. لایه خروجی: نیز همانند متغیر وابسته عمل نموده و تعداد نرون های آن بستگی به تعداد متغیر وابسته دارد. اما بر خلاف لایه های ورودی و خروجی، لایه پنهان: بیانگر هیچ مفهومی نبوده و تنها یک نتیجه میانی در فرآیند محاسبه ارزش خروجی است. شکل ۲ نمای کلی یک شبکه عصبی مصنوعی را نشان می دهد.

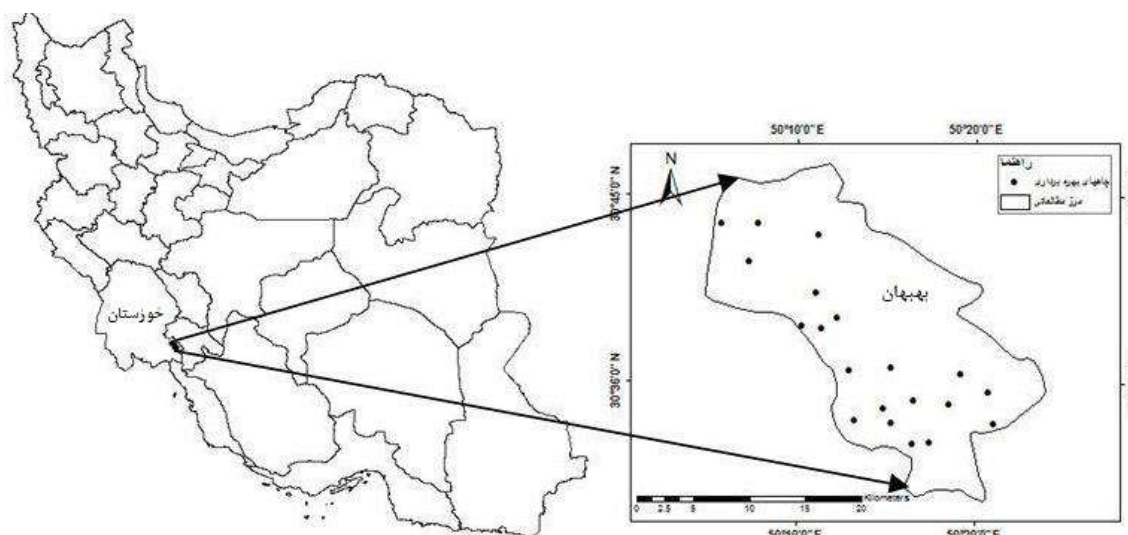
پژوهش آن ها نشان داد مدل شبکه عصبی با الگوریتم بهینه سازی ذرات دقت بالاتری نسبت به الگوریتم ژنتیک دارد. (2013) Moasheri et al. به تخمین توزیع مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان با روش ترکیبی زمین آمار، شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک پرداختند. نتایج آن ها، عملکرد دقیقی را از رویکرد ترکیبی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک به منظور برآورد پارامترهای کیفی نشان داد. در پژوهشی دیگر (Emami 2015) Skardi et al. از ترکیب الگوریتم مورچگان و شبکه عصبی مصنوعی در مدل شبیه سازی-بهینه سازی چند هدفه استفاده کردند. مدل سازی برای کنترل آلودگی در مقیاس حوضه ای صورت گرفت و نتایج آن نشان داد روش ترکیبی، زمان محاسبات را تا ۹۰٪ کاهش داده و نتایج قابل قبولی دارد.

با بررسی مطالعات گذشته، به نظر می رسد مطالعات شبیه سازی- بهینه سازی پارامترهای کیفی جایگاه خاصی داشته است. از آن جایی که مدل شبکه عصبی مصنوعی معمولی به دلیل روش آموزش پس انتشار خطا در برخی مواقع موجب کاهش دقت شبیه سازی می شود، برای رفع این مشکل از دو الگوریتم پس انتشار خطا و PSO^۱ برای آموزش مدل شبکه عصبی استفاده شد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر شبیه سازی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت بهبهان با استفاده از دو مدل ANN و ANN- PSO در محیط نرم افزار MATLAB و در نهایت مقایسه نتایج آن ها با داده های اندازه گیری شده، است.

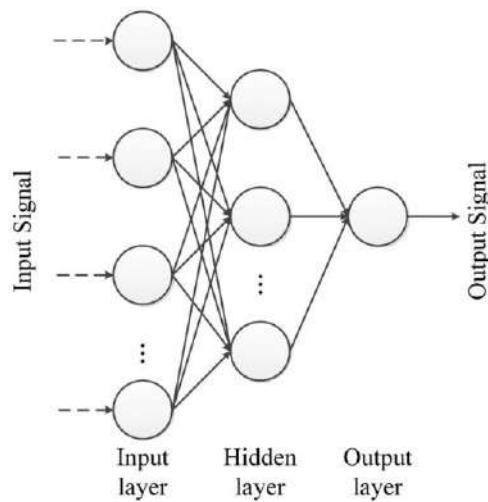
۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مطالعاتی

آبخوان دشت بهبهان با مساحتی حدود ۴۳۰ کیلومتر مربع و مختصات جغرافیایی ۳۰°۴۰'۱۵" تا ۳۰°۳۵'۴۵" عرض شمالی و ۵۰°۴۶'۵۶" تا ۵۰°۳۳'۴۹" طول شرقی، در بخش جنوب شرقی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی



شکل ۲- نمای کلی یک شبکه عصبی مصنوعی

نشان داده می‌شود. موقعیتی که به بهترین تابع برازش مربوط است به عنوان بهترین موقعیت جاری مربوط به آن، ثبت می‌شود. این موقعیت به صورت $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$ در نظر گرفته می‌شود و تابع برازش متناظر، $Pbest_i$ نامیده و ثبت می‌شود. بهترین موقعیت سراسری در جمعیت مربوط به بهترین مقدار برازش با عنوان Gbest به صورت $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD})$ ثبت می‌شود. سرعت، یعنی نرخ تغییر وضعیت، برای ذره i ام، به صورت $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$ نشان داده می‌شود. در طول پروسه تکرار، سرعت و موقعیت ذره i ام مطابق روابط زیر به‌هنگام می‌شود.

$$V_{id}(t+1) = K \left(V_{id}(t) + rand(0, \varphi_1) \cdot (P_{id}(t) - X_{id}(t)) + rand(0, \varphi_2) \cdot (P_{gd}(t) - X_{id}(t)) \right) \quad (1)$$

$$X_{id}(t+1) = X_{id}(t) + V_{id}(t+1) \quad d = 1, 2, \dots, D \quad (2)$$

$$K = \frac{2}{\varphi - 2 + \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}} \quad (3)$$

که $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ ، فاکتور انقباض و تابعی از φ_1 و φ_2 است و مقادیر ثابت شتاب φ_1 و φ_2 ، نشان‌دهنده وزن‌دهی شتاب تصادفی ذرات برای گرایش به سمت بهترین موقعیت فردی و سراسری است. توابع $rand(0, \varphi_1)$ و $rand(0, \varphi_2)$: به ترتیب اعدادی تصادفی در محدوده $[0, \varphi_1]$ و $[0, \varphi_2]$ ، تولید می‌کنند. مطابق رابطه (۲)، سرعت فعلی پرواز ذرات سه بخش را شامل می‌شود: بخش اول سرعت قبلی ذره و بخش‌های دوم و سوم، نشان‌دهنده مدل تک‌خویشاوندی و مدل دسته‌جمعی هستند. در مدل تک‌خویشاوندی، هر فرد جدا بوده و به‌طور مستقل از افکار و تجربیات شخصی خود استفاده می‌کند؛ در حالی که در مدل

مراحل طراحی و پیاده‌سازی مدل شبکه عصبی عبارتند از:

- اندازه‌گیری و استانداردسازی داده‌های ورودی مدل شبکه عصبی
 - تعیین مدل، مشخص کردن معماری، تعداد لایه‌ها (در این پژوهش از مدل ۳ لایه استفاده شده است) و تعیین تابع محرک مناسب برای مدل شبکه عصبی مورد نظر (تابع محرک مورد استفاده تانژانت سیگموئید^۳ و لگاریتم سیگموئید^۴ هستند).
 - آموزش دادن شبکه با قسمتی از داده‌ها (تعیین مقدار وزن‌ها و بایاس‌ها)
 - ارزیابی و آزمایش شبکه با باقی‌مانده داده‌ها
 - نمایش خروجی و نتایج شبیه‌سازی توسط مدل
- در این پژوهش ۷۰٪ داده‌ها برای آموزش، ۱۵٪ برای اعتبارسنجی و ۱۵٪ نیز برای آزمون مدل در نظر گرفته شدند. از معضلاتی که در استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی به کار رفته وجود دارد، مسئله آموزش آن است که به‌روش پس انتشار خطا آموزش داده می‌شود. در انجام این پژوهش با استفاده از آموزش به کمک الگوریتم PSO تلاش می‌شود این مشکل برطرف شود.

۲-۳- الگوریتم بهینه‌سازی ذرات (PSO)

اصل این الگوریتم بر این اساس است که افراد جمعیت در یک فضای جستجو به سمت نواحی موفقیت‌آمیز قبلی وفق داده می‌شوند و از موفقیت افراد همسایه هم تاثیر می‌پذیرند. این ایده صریحاً به صورت زیر بیان می‌شود:

هر فرد در جمعیت ذرات، یک جزء یا "particle" نامیده می‌شود که یک حل بالقوه را نشان می‌دهد و در فضای جستجو، موقعیت خود را تغییر داده و سرعت خود را براساس تجربیات پرواز خود و اجزای همسایه، به‌هنگام کرده که برای کسب موقعیت بهتر کمک می‌کند. یک ذره i ، به صورت $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$

دسته جمعی، افراد بر اساس تجربیات موثر همسایگان به سمت موفقیت حرکت می‌کنند (Eberhart et al., 1996). اگرچه الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات قادر است ناحیه جواب بهینه را سریع بیابد، ولی با رسیدن به این ناحیه سرعت همگرایی به شدت کاهش می‌یابد. برای رفع این مشکل، رابطه (۱) به صورت زیر اصلاح می‌شود.

$$V_{id}(t+1) = \omega \left(V_{id}(t) + c_1 \text{rand}(0, \varphi_1) \cdot (P_{id}(t) - X_{id}(t)) + c_2 \text{rand}(0, \varphi_2) \cdot (P_{gd}(t) - X_{id}(t)) \right) \quad (4)$$

که ω : وزن اینرسی، c_1 : پارامتری مثبت به نام پارامتر شناختی و c_2 : پارامتری مثبت به نام پارامتر اجتماعی هستند.

استفاده از پارامتر وزن اینرسی باعث می‌شود که مصالحه‌ای بین توانایی اکتشاف سراسری و محلی دسته، ایجاد شود. وزن اینرسی بزرگ، محرکی برای بزرگتر شدن مقدار بردار سرعت ذرات در سراسر ناحیه جواب‌ها (حرکت به سمت مناطقی از فضای جستجوی جواب مسئله که پیشتر تجربه نشده‌اند) بوده، در حالی که یک وزن اینرسی کمتر سبب کوچک شدن فضای جواب مسئله در ناحیه کوچک فعلی می‌شود. در واقع وزن کمتر باعث می‌شود که جستجو در مناطقی که در گذشته تجربه شده‌اند، با دقت بیشتری ادامه پیدا نماید. انتخاب مناسب ω متضمن برقراری تعادل مطلوب بین فضای جواب‌های محلی و سراسری بوده و در نتیجه باعث افزایش کارایی الگوریتم می‌شود. در نتیجه مقدار ω در ابتدای جستجو برابر ۱ انتخاب شده و به تدریج به صفر میل می‌کند.

مفهوم آموزش شبکه عصبی در حقیقت تعیین مقادیر وزن‌ها و بایاس‌ها در شبکه است. در شبکه عصبی معمول از روش پس انتشار خطا برای آموزش شبکه استفاده می‌شود که اصلی‌ترین عیب آن همگرایی زودرس به بهینه محلی است. در بهینه‌سازی با

استفاده از PSO متغیرهای بهینه‌سازی در آموزش یک شبکه عصبی شامل وزن‌ها و بایاس‌های مربوط به شبکه می‌شوند. روند کار بدین ترتیب است که ابتدا N بردار موقعیت X_i که N برابر با تعداد اعضای دسته است، به صورت تصادفی تولید می‌شود. جمعیت دسته نیز معمولاً ۴ تا ۵ برابر تعداد متغیرهای بهینه‌سازی انتخاب می‌شود. شبکه عصبی به ازای پارامترهایی برابر با متغیرهای این بردارها اجرا شده و خطای به دست آمده از هر اجرا به عنوان میزان برازندگی بردار متغیر آن شبکه در نظر گرفته می‌شود. این روند آن قدر تکرار می‌شود تا همگرایی نهایی حاصل شود. منظور از همگرایی نهایی رسیدن به بردار موقعیت بهینه (مقادیر وزن‌ها و بایاس‌های بهینه)، به نحوی است که خطای آموزش به ازای آن کمینه شود. بنابراین تابع هدفی که در این بهینه‌سازی باید حداقل شود عبارت است از میزان خطای پیش‌بینی.

در این مقاله تعداد لایه‌ها ۳ و تعداد نرون‌ها در لایه پنهان ۱۲ عدد است. بنابراین تعداد وزن‌ها عبارت است از تعداد وزن بین ورودی و لایه پنهان + تعداد وزن بین لایه پنهان و خروجی (تعداد ورودی‌ها $\times$ تعداد نرون‌های لایه پنهان + تعداد نرون لایه پنهان = $3 \times 12 + 12 = 48$). تعداد بایاس‌ها عبارتند از تعداد کل نرون‌ها که ۱۳ عدد هستند. بنابراین تعداد کل متغیرهای تصمیم ۶۱ عدد بوده و هر دسته از جمعیت شامل ۵ بردار با این بعد است.

۴-۲- پارامترهای ورودی مدل

در این پژوهش به منظور شبیه‌سازی شوری آب زیرزمینی از داده‌های کیفی دشت بهبهان طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۵ به صورت ماهیانه استفاده شد. اطلاعات ورودی به مدل‌ها برای شبیه‌سازی هدایت الکتریکی (EC) آب زیرزمینی به صورت ماهانه و شامل نیترات (NO_3^-)، کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+})، سولفات (SO_4^{2-})، بی‌کربنات (HCO_3^-)، کلر (CL^-)، پتاسیم (K^+)، سختی (TH) و (PH) است. مشخصات ورودی پارامترهای کیفی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات آماری پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت بهبهان

پارامترهای کیفی آب	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
NO_3^-	mg/lit	۱/۱۸	۱۱۲/۷	۲۴/۹۵	۱۷/۴۱
EC	$\mu\text{s}/\text{cm}$	۵۰۲	۶۹۵۱	۲۴۲۳/۰۷	۱۵۹۳/۲۹
Ca^{2+}	mg/lit	۴۲/۰۱	۱/۲۱	۱۳/۸۳	۹/۸۸
Mg^{2+}	mg/lit	۰/۵۴	۲۸/۵۱	۶/۷۷	۵/۵
SO_4^{2-}	mg/lit	۰/۷۹	۴۷/۸۶	۲۶/۸۸	۱۲/۹۶
HCO_3^-	mg/lit	۱/۰۴	۵/۸۸	۳/۴۷	۰/۹
CL^-	mg/lit	۰/۴	۳۴/۵۵	۱۸/۲۶	۶/۰۳
K^+	mg/lit	۰/۰۱	۲/۰۱	۰/۱۳۳	۰/۱۷۴
TH	mg/lit	۵۱/۵	۲۸۵۰/۳	۹۳۸/۳	۴۰۹/۷
PH	...	۶/۰۵	۸/۱	۷/۲۳	۰/۳۵

یک درصد استفاده شد. همچنین با برازش منحنی بین نقاط شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده مقدار ضریب R^2 محاسبه شد.

برای تعیین میزان دقت مدل‌ها از مقادیر MAE ، $RMSE$ و R^2 به شرح زیر استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

با مروری بر منابع موجود از جمله (Musavi-Jahromi 2008) and Golabi و بانژاد و همکاران (۱۳۹۲)، می‌توان دریافت که انتخاب پارامترهای Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Na^+ ، HCO_3^{2-} ، PH ، SO_4^{2-} ، SAR و EC در مدل‌سازی پارامترهای کیفی مورد بحث، نتایج خوبی را ارائه داده است. لذا ترکیب‌های مختلف همین پارامترها به‌عنوان ورودی مدل‌ها استفاده شد. کلیه محاسبات پژوهش حاضر در محیط نرم افزار MATLAB و Excel انجام شد. تحلیل میزان همبستگی بین متغیرهای ورودی و متغیر هدف، کاری بسیار ارزشمند است، زیرا اطلاعات مفیدی در مورد میزان وابستگی هر کدام از پارامترهای ورودی نسبت به پارامتر هدف در اختیار می‌گذارد. جدول ۲ میزان همبستگی بین نیترات و سایر پارامترهای ورودی مدل را نشان می‌دهد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{observed,i} - y_{predicted,i})^2} \quad (5)$$

$$MAE = 100 * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_{observed,i} - y_{predicted,i}| \quad (6)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{predicted,i} - y_{observed,i})}{\sum_{i=1}^n y_{predicted,i}^2 - \frac{y_{observed,i}^2}{n}} \quad (7)$$

که $y_{predicted}$: مقادیر پیش‌بینی شده، $y_{observed}$: مقادیر مشاهداتی و n : تعداد داده‌ها هستند. هرچه $RMSE$ و MAE به صفر نزدیک‌تر و مقدار R^2 به یک نزدیک‌تر باشد، دقت مدل در پیش‌بینی بهتر است.

برای مقایسه آماری بین مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده از آزمون مقایسه میانگین جامعه آماری به روش t در سطح خطای

جدول ۲- ماتریس همبستگی بین نیترات و متغیرهای ورودی مدل

متغیر	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CL^-	K^+	TH	PH
EC	۰/۶۲**	۰/۷۹**	۰/۷۲**	۰/۵۱**	۰/۴۲	۰/۲۱	۰/۵۵**	۰/۱۴	-۰/۴۸

** معنی‌داری در سطح یک درصد

۱-۳- ارزیابی دقت شبیه‌سازی مدل‌ها

مقادیر MAE ، $RMSE$ و R^2 بین نقاط شبیه‌سازی شده با استفاده از نتایج شبیه‌سازی دو مدل ANN-PSO و ANN و مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت الکتریکی محاسبه شد. جدول‌های ۳ تا ۵ به‌ترتیب آماره‌های محاسبه شده در مرحله آموزش، اعتبارسنجی و آزمون مدل‌ها را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۲ از بین کلیه پارامترهای ورودی مدل بیشترین میزان همبستگی با هدایت الکتریکی در سطح اطمینان ۰/۹۹ مربوط به یون کلسیم و منیزیم است. علاوه بر کلسیم و منیزیم، نیترات، پتاسیم و سولفات هم همبستگی بالایی در سطح اطمینان ۰/۹۹ نسبت به هدایت الکتریکی نشان داده‌اند.

جدول ۳- آماره‌های محاسبه شده در مرحله آموزش

مدل	ANN			ANN-PSO		
پارامتر	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE
EC	۱/۵۱	۱/۳	۰/۴۲	۰/۱۵	۰/۵۷	۰/۹۸۴

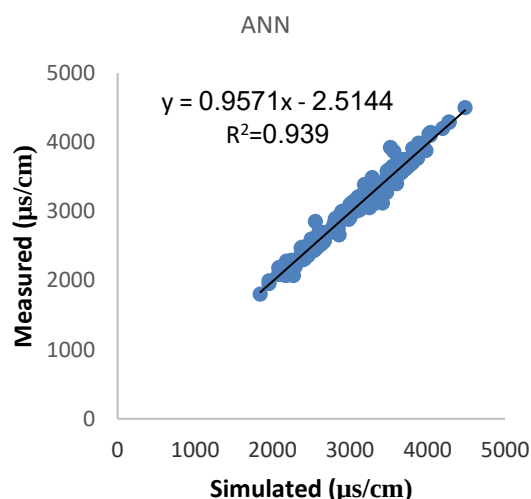
جدول ۴- آماره‌های محاسبه شده بین نقاط اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی در مرحله اعتبارسنجی

مدل	ANN			ANN-PSO		
پارامتر	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE
EC	۱/۰۷	۰/۹۶	۰/۷۶۵	۰/۲۴	۰/۲۴۱	۰/۹۵

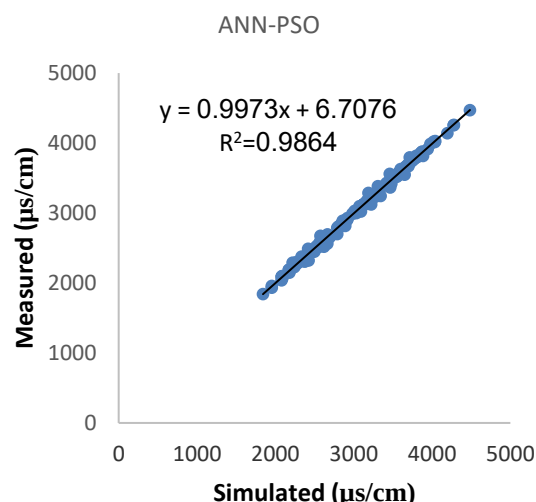
جدول ۵- آماره‌های محاسبه شده بین نقاط اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی در مرحله آزمون

مدل	ANN			ANN-PSO		
پارامتر	R^2	MAE	RMSE	R^2	MAE	RMSE
EC	۰/۹۹۸	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۱۱۷	۰/۳۱	۰/۹۶۲

برحسب موقعیت‌ها و سرعت‌هایشان تلاش می‌کنند، بهینه‌ترین نقاط را در هر تکرار انتخاب و به‌روز کنند و به‌همین علت نتایج شبیه‌سازی با دقت ارائه می‌شود. از جمله مزایای دیگر این الگوریتم می‌توان به پیاده‌سازی آسان، پارامترهای کم الگوریتم و سرعت همگرایی بالای آن اشاره کرد. شکل ۳ برازش منحنی بین نقاط اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده هدایت الکتریکی در مرحله آزمون، را با استفاده از دو مدل ANN و ANN-PSO نشان می‌دهد.



با توجه به جدول‌های ۳ تا ۵ بالاترین دقت در شبیه‌سازی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت بهبهان مربوط به مدل شبکه عصبی تلفیقی با الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات است، به‌طوری‌که مقدار RMSE و MAE کمترین مقدار و شاخص R^2 بیشترین مقدار را نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آموزش، اعتبارسنجی و در مرحله آزمون دارد. الگوریتم بهینه‌سازی ذرات (PSO)، براساس جست و جو عمل کرده و در این‌صورت می‌تواند تا حدودی برای هرچه بیشتر تصادفی شدن انتخاب نقاط با یک روش غیرقطعی تلاش کند. ذرات در این روش



شکل ۳- نمودار پراکندگی داده‌های اندازه‌گیری و شبیه‌سازی پارامتر کیفی EC

حاضر به‌منظور شبیه‌سازی پارامتر کیفی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت بهبهان با استفاده از مدل‌های ANN و ANN-PSO و درنهایت مقایسه نتایج آن‌ها با داده‌های اندازه‌گیری شده، انجام گرفته است. پارامترهای هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم، سولفات، بی‌کربنات، کلر، پتاسیم، سختی و اسیدیته در بازه سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ به‌صورت ماهانه در دشت بهبهان جمع‌آوری شد و به‌عنوان ورودی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد بالاترین دقت پیش‌بینی پارامتر کیفی EC مربوط به مدل ANN-PSO است، به‌طوری‌که مقدار آماره‌های RMSE و MAE کمترین مقدار و R^2 بیشترین مقدار را برای مدل مذکور دارد. مقادیر آماره‌های RMSE، MAE و R^2 در مرحله آموزش برای مدل ANN به‌ترتیب برابر ۱/۵۱، ۱/۳ و ۰/۴۲ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر به‌دست آمد. این آماره‌ها برای مدل ANN-PSO به‌ترتیب برابر ۰/۱۵، ۰/۵۷ و ۰/۹۸۴ میکرو زیمنس بر ثانیه تعیین شدند. در مرحله آزمون نیز پارامتر RSME برای مدل‌های ANN و ANN-PSO به‌ترتیب برابر ۰/۹۹۸ و ۰/۱۱۷ (میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) محاسبه شد. آماره MAE برای این دو مدل به‌ترتیب برابر ۰/۷۹ و ۰/۳۱ (میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) و آماره R^2 به‌ترتیب برابر ۰/۸۱ و ۰/۹۶۲ برآورد شدند. نتایج این پژوهش

در نمودارهای شکل ۳ مقدار ضریب تبیین R^2 و معادله برازش بین نقاط مشخص شده است. همان‌گونه که ذکر شد، بالا بودن مقدار ضریب تبیین نشان دهنده نزدیک بودن مقادیر تخمین‌زده به مقادیر اندازه‌گیری شده است. معادله برازش خطی برای هر نمودار به‌صورت $y = ax + b$ تعریف شده است. ضریب a هرچه قدر به سمت ۱ میل کند و فاصله کمتری با ۱ داشته باشد، نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل مربوطه است. با توجه به شکل ۳، مقدار ضریب a در مدل شبکه عصبی تلفیق شده با الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات، بیشتر و در نتیجه عملکرد بهتری نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی در پژوهش حاضر دارد.

۴- نتیجه‌گیری

شبکه عصبی مصنوعی ابزار مناسبی برای انطباق، یادگیری و دسته‌بندی اطلاعات است. بسیاری از محققین تمایل زیادی در استفاده از این ابزار را دارند، اما چالش آموزش شبکه‌های عصبی را در پیش روی دارند. ترکیب دو ایده هوش جمعی و شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند پاسخی برای این چالش محسوب شود. پژوهش

بیانگر آن است که مدل ANN-PSO قادر به شبیه‌سازی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در حجم بالا که احتیاج به اندازه‌گیری و کارهای آزمایشگاهی با زمان و هزینه زیاد دارند، است.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- Particle Swarm Optimization
- 2- Artificial Neural Network
- 3- Tan sig
- 4- Log sig

۶- مراجع

- احمدی، ز.، صفوی، ح.ر.، ذکری، م.، و بیجامی، ا.، (۱۳۹۴)، "پیش‌بینی عمق سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ذرات"، دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، تبریز، ۸ صفحه.
- بازداد، ح.، کمالی، م.، امیر مرادی، ک.، و علیانی، ا.، (۱۳۹۲)، "تخمین برخی پارامترهای کیفی رودخانه‌ها با استفاده از مدل هیبرید شبکه‌های عصبی-موجکی (منطقه مطالعاتی: رودخانه جاجرود تهران و قره‌سو کرمانشاه)"، *مجله سلامت و محیط*، ۶(۳)، ۲۷۷-۲۹۴.
- دهقانی، ا.، عسکری، م.، و مساعدی، ا.، (۱۳۸۸)، "مقایسه سه روش شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی و زمین‌آمار در میان‌یابی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت قزوین)"، *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۶(۱)، ۵۳۶-۵۱۷.
- شمسایی، ا.، (۱۳۸۱)، *هیدرولیک جریان آب در محیط‌های متخلخل*، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۲۳۴ صفحه.
- صیادی شهرکی، ع.، ناصری، ع.ع.، و احمدی، م.، (۱۳۹۵)، "شبیه‌سازی غلظت نترات آب زیرزمینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های تجمع ذرات (PSO) و ژنتیک (GA) (مطالعه موردی: دشت بهبهان)"، *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، DOI: 10.22034/jest.2018.17097.2568.
- عسگری، م.، آریافر، ا.، و ضیا، ح.، (۱۳۹۰)، "پیش‌بینی پارامترهای کیفی EC، TDS و TH در آب زیرزمینی دشت بیرجند با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی"، *هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران*، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۱ صفحه.
- غلامی، و.، درخشان، ش.، و درواری، ز.، (۱۳۹۱)، "بررسی روش رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی

- شوری آب زیرزمینی در سواحل مازندران"، *مجله پژوهش آب در کشاورزی*، ۲۶(۳)، ۶۱-۷۰.
- مختاران، ر.، (۱۳۹۳)، "مطالعه دینامیک فصل مشترک آب شور و شیرین تحت آبیاری در مزارع کشت نیشکر"، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۰۱ صفحه.
- میرزایی، ع.، و ناظمی، ا.، (۱۳۸۹)، "پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی"، *اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی*، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- میرزاوند، م.، قاسمیه، ه.، ساداتی نژاد، س.، و اکبری، م.، (۱۳۹۴)، "شبیه‌سازی تغییرات کیفی آب زیرزمینی با مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: آبخوان کاشان)"، *مجله منابع طبیعی ایران*، ۶۸(۱)، ۱۵۹-۱۷۱.

- Barzegar, R., Adamowski, J., and Asghari Moghaddam, A., (2016), "Application of wavelet-artificial intelligence hybrid models for water quality prediction: A case study in Aji-Chay river, Iran", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(7), 1797-1819.
- Eberhart, R.C., Simpson, P., and Dobbins, R., (1996), *Computational intelligence PC tools*, Academic Press.
- Emami Skardi, M.J., Afshar, A., Saadatpour, M., and Solis, S.S., (2015), "Hybrid ACO-ANN-based multi-objective simulation-optimization model for pollutant load control at basin scale", *Environmental Modeling and Assessment*, 20(1), 29-39.
- Moghaddam, P.R., and Koocheki, A., (2004), "History of research on salt-affected lands of Iran: Present status and future prospects-halophytic ecosystems", *In Prospects of Saline Agriculture in the Arabian Peninsula: Proceedings of the International Seminar on Prospects of Saline Agriculture in the GCC Countries*, Taha, F.K., Ismail, S., and Jaradat, A., (eds.), 18-20 March 2001, Dubai, 83-95.
- Moasheri, S.A., Rezapour, O.M., Beyranvand, Z., and Poornoori, Z., (2013) "Estimating the spatial distribution of groundwater quality parameters of Kashan plain with integration method of Geostatistics - Artificial Neural Network optimized by Genetic-Algorithm", *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 5(20), 2434-2442.
- Musavi-Jahromi, S.H., and Golabi, M., (2008), "Application of Artificial Neural Networks in the river water quality modeling: Karoon river, Iran", *Journal of Applied Sciences*, 8(23), 24-28.
- Najah, A., Elshafie, A., Karim, O.A., and Jaffar, O., (2009), "Prediction of Johor river water quality parameters using Artificial Neural Networks", *European Journal of Scientific Research*, 28(4), 22-35.

The Relationship between Economic Added Value and Water Consumption in Agriculture and Industry Sectors

ارتباط ارزش افزوده اقتصادی و مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت

Reza Maaboudi^{1*} and Darioush Hassanvand¹

1- Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Humanities, University of Ayatollah Ozma Borujerdi, Borujerd, Iran.

*Corresponding author, Email: maaboudi@abru.ac.ir

رضا معبودی^{۱*} و داریوش حسنوند^۱

۱- استادیار و عضو هیات علمی گروه اقتصاد دانشگاه آیت الله

بروجردی (ره)

* نویسنده مسئول، ایمیل: maaboudi@abru.ac.ir

Received: 20/1/2019

Revised: 15/4/2019

Accepted: 16/4/2019

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

Abstract

This Paper has studied the relationship between water consumption and value-added in the agriculture and industry sectors based on the Kuznets curve hypothesis, considering the low water demand and the need for water consumption management in different economic sectors of Iran. For this purpose, data of water consumption and value-added related to Iran's agriculture and industry sectors from 1991-2016 have been used. To analyze the relationship between variables, the method of Bootstrap Quintile Regression has been used. Results indicated that during the studied period there was a significant relationship between water consumption and agriculture value added, which is consistent with the Kuznets curve hypothesis. As production and value-added increased, water consumption has increased up to its maximum point and then with continued growth in production; water consumption has decreased. Also, there was a positive and significant linear relationship between value-added and water consumption in the industry sector. So, the Kuznets curve hypothesis was not confirm in the industry sector.

Keywords: Added Value, Agriculture Sector, Bootstrap Method, Industry Sector, Water Consumption.

چکیده

با توجه به پدیده کم‌آبی و لزوم مدیریت مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور، پژوهش حاضر رابطه بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش‌های کشاورزی و صنعت را بر پایه فرضیه منحنی کوزنتس بررسی کرده است. به این منظور از داده‌های مصرف آب و ارزش افزوده مربوط به بخش‌های کشاورزی و صنعت طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۵ استفاده و برای تجزیه و تحلیل روابط بین متغیرها از روش Bootstrap رگرسیون کوانتایل بهره‌برداری شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که طی دوره مورد مطالعه رابطه کوهانی شکل بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش کشاورزی وجود دارد که با فرضیه منحنی کوزنتس سازگار است. به طوری که با افزایش تولید و ارزش افزوده، مصرف آب در ابتدا تا نقطه بیشینه افزایش یافته و با ادامه رشد تولید، مصرف آب کاهش یافته است. اما رابطه بین ارزش افزوده و مصرف آب در بخش صنعت به صورت خطی مثبت و معنادار است. از این رو، فرضیه منحنی کوزنتس در بخش صنعت تایید نمی‌شود.

کلمات کلیدی: مصرف آب، ارزش افزوده بخش کشاورزی، ارزش افزوده بخش صنعت، روش Bootstrap.

افزایش جمعیت و افزایش درآمد سرانه به ازدیاد تقاضای آب و کمیابی منابع آب شرب منجر می‌شوند (Rock, 1998). از طرف دیگر و از دیدگاه اقتصادی، میزان آب مصرفی از یک سو نهاده‌ای برای تولید است و از سوی دیگر مصرف آن به معنی کاهش ذخایر و منابع در دسترس جامعه است. بنابراین ارتباط بین مصرف آب و تولید اقتصادی حایز اهمیت است. در بلندمدت عدم مصرف بهینه آب در بخش‌های تولیدی در کنار بروز کمیابی منابع آب تهدیدی برای توسعه اقتصادی کشور محسوب می‌شوند. بر این اساس، به منظور مدیریت صحیح منابع از دیدگاه اقتصادی تجزیه و تحلیل ارتباط بین آب مصرفی و توسعه اقتصادی مهم و ضروری است.

بررسی مصرف آب در بخش‌های مختلف کشور حاکی است طی دو دهه اخیر بیشترین سهم مصرف آب کشور مربوط به بخش کشاورزی بوده و در مقابل، بخش صنعت در مصرف آب سهم پائینی داشته است. جدول ۱ متوسط سهم مصرف آب و سهم ارزش افزوده از تولید ناخالص داخلی را در دو بخش کشاورزی و صنعت برای دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۵ نشان می‌دهد. اطلاعات مربوطه به مصرف آب بر حسب اطلاعات میزان مصرف آب زیر زمینی و مصرف سدهای مخزنی بزرگ کشور گردآوری شده‌اند.

دستیابی به توسعه پایدار همراه با افزایش تولید و اشتغال مهم‌ترین سیاست‌های اقتصادی کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شوند. در نتیجه افزایش تولید با افزایش مصرف منابع طبیعی از جمله آب همراه است. در دهه‌های اخیر بحران کاهش منابع آبی همراه با گرم شدن کره زمین باعث شده‌اند کم‌آبی و رابطه آن با رشد اقتصادی بیشتر مورد توجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی قرار گیرند. علاوه بر این، ایران کشوری در حال توسعه با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک است. از این رو، اهمیت ارتباط رابطه تولید و مصرف آب بسیار مهم‌تر از کشورهایی می‌شود که مشکل کم آبی کمتری دارند. کاهش سرانه منابع تجدید شونده آب، افزایش دمای زمین و همچنین وقوع خشکسالی مهم‌ترین عواملی هستند که مدیریت صحیح مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی را پررنگ‌تر می‌سازند.

همان‌گونه که Gleick (1993) بیان می‌کند در کنار سایر نهاده‌های تولید، دسترسی به منابع آب تازه و قابل شرب از جنبه تحرک و رشد صنعت، رشد تولید محصولات غذایی و تولید انرژی الکتریسیته مهم و قابل تامل است. مطالعات تجربی نشان می‌دهند

جدول ۱- سهم آب مصرفی و ارزش افزوده در بخش‌های کشاورزی و صنعت کشور (سالنامه آماری، سالنامه آب کشور و بانک مرکزی)

سهم مصرف	دوره زمانی	۱۳۷۰	۱۳۹۵	۱۳۷۰-۱۳۹۵
سهم آب مصرفی در بخش کشاورزی (%)		۸۸/۶۶	۸۲	۸۶
سهم آب مصرفی در بخش صنعت (%)		۱/۹۷	۲/۳	۲/۰۴
سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی (%)		۱۲/۳۲	۹/۹۶	۹/۰۲
سهم ارزش افزوده بخش صنعت از تولید ناخالص داخلی (%)		۱۶/۳۶	۱۲/۲۹	۱۴/۲۴

و صنعت کشور از مزایای رشد ارزش افزوده به منظور مدیریت مصرف آب بهره برده‌اند یا خیر؟ برای پاسخ به این پرسش پژوهش حاضر با استفاده از منحنی زیست‌محیطی کوزنتس^۱ رابطه بین مصرف آب و ارزش افزوده را در بخش‌های کشاورزی و صنعت بررسی می‌کند. مهم‌ترین کاربرد تحلیل منحنی زیست محیطی کوزنتس بررسی کارآیی میزان مصرف آب در بخش‌های تولیدی است. همراه با افزایش ارزش افزوده بخش صنعت و کشاورزی، میزان مصرف آب در کشور نیز افزایش می‌یابد. با استفاده از منحنی کوزنتس محیط‌زیست می‌توان بررسی کرد که آیا با تداوم تولید و رشد اقتصادی، تغییرات تکنیکی به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب صورت گرفته‌است یا خیر.

آگاهی از میزان تاثیرپذیری و کشش میزان مصرف آب نسبت به ارزش افزوده، از یک سو سیاست‌گذاران حوزه منابع و انرژی کشور را در برآورد دقیق تغییرات مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت یاری می‌کند و از سوی دیگر امکان برنامه‌ریزی صحیح به منظور حفظ و ذخیره منابع آب و همچنین تدوین الگوی بهینه

بررسی میزان مصرف آب و ارزش افزوده تولید در دو بخش کشاورزی و صنعت نشان می‌دهند در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۹۵ سهم مصرف آب در بخش کشاورزی به ترتیب برابر ۸۸/۶۶ و ۸۲ درصد است. همچنین، سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی در سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۹۵ برابر ۱۲/۳۲ و ۹/۹۶ درصد است. در مقابل، سهم مصرفی آب بخش صنعت در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۹۵ به ترتیب به میزان ۱/۹۷ و ۲/۳ درصد است، در حالی که سهم ارزش افزوده بخش صنعت از تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۹۵ برابر ۱۶/۳۶ و ۱۲/۲۹ درصد است. با مقایسه دو سال ۱۳۷۰ و ۱۳۹۵ یافته‌های تجربی اقتصاد ایران حاکی‌اند در بخش کشاورزی نسبت ارزش افزوده به تولید ناخالص داخلی کاهش معناداری داشته ولی سهم مصرف آب در این بخش همچنان بالا و چشمگیر است. بررسی بخش صنعت نیز بر افزایش مصرف آب و کاهش سهم ارزش افزوده آن از تولید دلالت دارد. با توجه به تاکید بر مدیریت صحیح مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران سوال مهم این است که آیا بخش کشاورزی

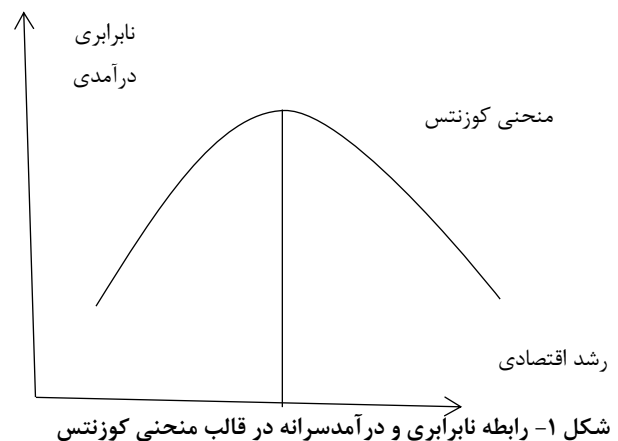
مصرف فراهم می‌سازد. بر این اساس، فرضیه پژوهش بر وجود رابطه کوهانی شکل (U معکوس) در بخش‌های کشاورزی و صنعت استوار است. برای این منظور داده‌های سری زمانی کشور طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۵ و رویکرد Bootstrap رگرسیون کوانتایل^۲ استفاده می‌شوند.

سازماندهی پژوهش به این شکل است که پس از بیان مقدمه، ادبیات موضوع در بخش دوم بررسی می‌شود. در بخش سوم، روش‌شناسی پژوهش تشریح می‌شود. در بخش چهارم، یافته‌های تجربی پژوهش ارائه می‌شوند. بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد اختصاص دارد.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- مبانی نظری

در مقاله حاضر، وجود رابطه بین مصرف آب و ارزش افزوده در بخش‌های کشاورزی و صنعت در قالب منحنی کوزنتس محیط‌زیست تحلیل می‌شود. (Kuznets (1955) ارتباط بین نابرابری درآمدی و توسعه اقتصادی کشورهای توسعه یافته را بررسی کرد. نتایج وی نشان دادند بین سطح توسعه‌یافتگی و نابرابری درآمد یک رابطه کوهانی شکل (U معکوس) وجود دارد. در شکل ۱ محور افقی و عمودی به ترتیب درآمد سرانه و نابرابری درآمدی را نشان می‌دهند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در ابتدا با افزایش درآمد سرانه میزان نابرابری افزایش می‌یابد. زمانی که اقتصاد از منافع حاصل از رشد بهره می‌برد، اقتصاد از نقطه چرخش^۳ عبور کرده و ارتباط بین دو متغیر منفی می‌شود. به بیان دیگر با رشد و پیشرفت اقتصادی و تخصیص بهینه منابع و عوامل تولید، با افزایش درآمد سرانه نابرابری درآمدی کاهش می‌یابد.



از سال ۱۹۹۰ به بعد منحنی کوزنتس در بحث محیط‌زیست کاربرد فراوان یافت که در آن، رابطه آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی (تولید سرانه) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و تحت عنوان منحنی کوزنتس محیط‌زیست مشهور است. (Rock (1998) بیان

می‌دارد در رابطه با مسئله مصرف آب و منابع آن، جوامع سه فاز مختلف را طی می‌کنند. در فاز اول که مراحل اولیه توسعه اقتصادی و اجتماعی است، میزان منابع آب و لزوم حفظ و یا تجدید آن چندان مورد نظر جوامع نیست و مدیریت هدف‌داری در مورد آن دیده نمی‌شود. در این مرحله جامعه از میزان عرضه آب و کاهش منابع آبی نگرانی ندارد. در فاز دوم که همراه با رشد و توسعه اقتصادی است، افزایش جمعیت و نیاز به مواد غذایی و تولیدی در جامعه بیشتر می‌شود و چون حجم منابع آبی در دسترس ثابت هستند، نیازهای بشری نسبت به منابع موجود آب افزایش می‌یابند. در مرحله سوم، بحث مصرف آب و نحوه مدیریت آن اهمیت می‌یابد. در این مرحله هزینه دسترسی به آب شرب و تازه برای جامعه افزایش یافته و جامعه بدنبال حل مشکلات کم‌آبی و احیای منابع زیر زمینی و یا حداقل مدیریت بهینه منابع آبی است.

مرحله اول و دوم را می‌توان در قالب منحنی کوزنتس در رابطه مستقیم بین مصرف آب و تولید اقتصادی توضیح داد. افزایش تولید و درآمد و افزایش سطح توسعه جامعه با افزایش مصرف آب همراه است. اما زمانی که اقتصاد با مسایل بهینگی در مصرف آب و حداقل کردن هزینه‌های مصرف آب همراه با تولید بیشتر روبرو می‌شود، اقتصاد به نقطه چرخش منحنی کوزنتس نزدیک می‌شود. اتخاذ سیاست‌های مناسب مدیریت مصرف آب در بخش‌های مختلف و استفاده از فناوری‌های مناسب باعث می‌شوند تا اقتصاد رابطه‌ای منفی بین مصرف منابع آبی و درآمد را تجربه کند. در این مرحله که فاز سوم (Rock (1998) است همراه با افزایش رشد و سطح توسعه اقتصادی میزان مصرف منابع آبی کاهش می‌یابند.

۲-۲- پیشینه تحقیق

در زمینه ارتباط مصرف آب و رشد اقتصادی مطالعات متعددی صورت گرفته‌اند. (Rock (1998) با استفاده از داده‌های سری زمانی دوره ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷ رابطه بین مصرف آب شرب و درآمد سرانه را در بین ایالت‌های مختلف آمریکا بررسی کرد. نتایج وی نشان دادند رابطه‌ی کوهانی شکل بین مصرف آب شرب و درآمد سرانه برقرار بوده‌است. همچنین رابطه مصرف آب و درآمد سرانه به کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی و سیاست‌های تجاری اتخاذ شده در نوع کالاهای تولیدی بستگی دارد. با در نظر گرفتن تاثیر عوامل فوق، (Rock (1998) معتقد است در رابطه با مصرف صحیح منابع آب شرب و اجتناب از مسایل کم‌آبی، لازم است تا منابع آب تازه و شرب طی یک فرآیند اقتصادی-اجتماعی توسعه‌یافته مدیریت و برنامه‌ریزی شوند.

(Zhou and Tol (2005) با استفاده از داده‌های استانی کشور چین طی دوره ۱۹۹۷-۲۰۰۳ و رویکرد داده‌های پانلی ارتباط بین

درآمد و مصرف آب را در بخش صنعت و کشاورزی بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهند در هر دو بخش صنعت و کشاورزی بین میزان مصرف آب و تولید رابطه منفی و معنی‌داری وجود دارد. در بخش کشاورزی دمای هوا و بعد خانوار با مصرف آب رابطه مثبت داشته‌اند. در بخش صنعت دمای هوا و منابع آب رابطه مثبت و قیمت آب با مصرف آب رابطه منفی داشته‌اند. (Jia et al. (2006) رابطه بین تغییر مصرف آب صنعتی و درآمد را بر پایه منحنی کوزنتس در کشورهای مختلف طی دوره ۱۹۶۰-۲۰۰۰ بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهند در کشورهای توسعه‌یافته همراه با افزایش مصرف آب صنعتی، درآمد افزایش یافته و پس از رسیدن اقتصاد به نقطه چرخش همراه با افزایش سطح درآمد میزان تغییر در مصرف آب صنعتی کاهش می‌یابد. بنابراین، فرضیه منحنی کوزنتس برای کشورهای توسعه‌یافته پذیرفته می‌شود. در کشورهای در حال توسعه رابطه مصرف آب صنعتی و درآمد سرانه مثبت بوده‌است، ولی وجود منحنی کوزنتس برای این کشورها تایید نمی‌شود.

(Bhattarai (2008) با استفاده از فرضیه کوزنتس محیط‌زیست رابطه میزان آبیاری اراضی و درآمد و همچنین عوامل اثرگذار بر ارتباط بین آبیاری اراضی و درآمد سرانه را در ۶۶ کشور در حال توسعه منتخب و دوره زمانی ۱۹۷۲-۱۹۹۲ بررسی کردند. یافته‌ها نشان می‌دهند در اوایل مرحله توسعه تقاضای آبیاری زمین‌ها بالا است، ولی با افزایش درآمد این تقاضا کاهش یافته‌است. در مجموع در کشورهای مورد مطالعه فرضیه کوزنتس محیط‌زیست بین آبیاری اراضی و درآمد پذیرفته شده‌است. (Hemati et al. (2011 با استفاده از داده‌های بین کشوری مربوط به ۱۳۲ کشور در سال ۲۰۰۶ و رویکرد رگرسیون، انتقال ملایم رابطه میزان آب مصرفی و درآمد را در بخش صنعت بررسی کردند. نتایج حاکی است که رابطه بین مصرف آب و درآمد بخش صنعت غیرخطی و به شکل کوهانی است. عواملی چون درجه توسعه‌یافتگی، سطح درآمد، کمیابی منابع آب و ساختار اجتماعی-اقتصادی کشورها بر رابطه بین مصرف آب و درآمد بخش صنعت اثرگذارند.

(Thompson (2014 بر پایه منحنی کوزنتس محیط‌زیست ارتباط آلودگی آب و درآمد را در بین سی کشور متعلق به قاره اروپا و آمریکا بررسی کرد. این تحقیق، از داده‌های مربوط به سی کشور طی دوره ۱۹۸۰-۲۰۰۰ استفاده کرده‌است که در آن میزان اکسیژن بیوشیمیایی (BOD) در آب به‌عنوان شاخص آلودگی آب انتخاب شده‌است. در این مطالعه کشورها برحسب این که دارای رودخانه مرزی هستند و یا فاقد رودخانه مرزی‌اند، به دو گروه تقسیم شده‌اند. نتایج تحقیق حاکی است منحنی کوزنتس محیط‌زیست در هر دو گروه پذیرفته شده‌است. با این تفاوت که نقطه چرخش منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در کشورهای دارای رودخانه مرزی نسبت به کشورهای فاقد رودخانه مرزی کوچک‌تر

بوده‌است. به بیان دیگر کشورهای دارای رودخانه مرزی زودتر از گروه دوم به سیاست‌ها و راهبردهای کاهش آلودگی اقدام کرده‌اند. (Najafi Alamdarlo (2016 ارتباط بین مصرف آب، ارزش افزوده و آلودگی ناشی از دی‌اکسید کربن را در بخش کشاورزی ایران بررسی کرده است. در این مطالعه برای تحلیل روابط بین متغیرها داده‌های استانی طی دوره ۱۳۸۲-۱۳۹۴ و رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته پانلی استفاده شده است. یافته‌ها حاکی است همراه با رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی ابتدا آلودگی زیست‌محیطی افزایش و سپس کاهش یافته‌است. همچنین، رابطه کوهانی شکل بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش کشاورزی در بین استان‌های کشور تایید شده‌است.

(Gu et al. (2017 با استفاده از داده‌های تولید ناخالص داخلی و مصرف آب در بخش صنعت فرضیه منحنی کوزنتس محیط‌زیست را طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۴ برای کشور چین آزمون کردند. در این مطالعه منحنی کوزنتس یکبار برای کل کشور و بار دوم به تفکیک کشور برحسب هشت ناحیه مانند نواحی شمالی، غربی، جنوبی و شرقی کشور برآورد شده‌است. نتایج نشان دادند بین رشد اقتصادی و مصرف سرانه آب در بخش صنعت هم در کل کشور و هم در نواحی هشت‌گانه رابطه کوهانی شکل وجود داشته‌است.

(Miglietta et al. (2017 در مطالعه‌ای بین کشوری با استفاده از رویکرد داده‌های پانلی، فرضیه کوزنتس محیط‌زیست را برای مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی و درآمد ملی داخلی آزمون کردند. در این مطالعه از اطلاعات آماری ۹۴ کشور طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۵ و روش حداقل مربعات معمولی بهره گرفته شده‌است. یافته‌ها نشان می‌دهند ارتباط بین مصرف آب و درآمد ملی داخلی به شکل N است. بنابراین، طی دوره مورد مطالعه فرضیه کوزنتس محیط‌زیست برای مصرف آب رد شده‌است.

(Zhang et al. (2017 فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را براساس ارتباط مصرف آب صنعتی و رشد اقتصادی کشور چین طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۴ آزمون کردند. یافته‌ها نشان دادند که فرضیه کوزنتس محیط‌زیست برای مصرف آب رد نمی‌شود. به بیان دیگر، رابطه کوهانی شکلی بین مصرف آب صنعتی و تولید ناخالص داخلی وجود داشته‌است. همچنین عواملی چون تعدیل ساختار صنعت، افزایش کارایی مصرف آب و استفاده از فن‌آوری مناسب باعث می‌شوند همراه با افزایش تولید میزان رشد مصرف آب صنعتی کاهش یابد. (Wang and Li (2018 رابطه مصرف آب صنعتی شهری و توسعه اقتصادی شهر تیانجین کشور چین را بررسی کردند. آن‌ها به منظور بررسی معنی‌داری بین متغیرهای تحقیق از داده‌های مصرف آب صنعتی و ارزش افزوده صنایع تولیدی و جمعیت طی دوره ۲۰۰۵-۲۰۱۵ استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد طی دوره مورد بررسی همراه با افزایش رشد

اقتصادی میزان مصرف آب صنعتی روندی کاهشی و سپس افزایشی را تجربه کرده است. همچنین، نرخ رشد مصرف آب صنعتی کم تر از نرخ رشد اقتصادی است.

مهرآرا و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه ای بین کشوری به منظور آزمون منحنی زیست محیطی کوزنتس مبتنی بر منابع طبیعی اثرات درآمد سرانه بر میزان برداشت سرانه آب در بخش کشاورزی بررسی کردند. در این مطالعه از داده های مقطعی ۱۶۳ کشور در سال ۲۰۰۶ استفاده شده است. یافته ها حاکی از آن است که فرضیه کوزنتس مبتنی بر ارتباط کوهانی شکل بین درآمد سرانه و میزان برداشت آب در بخش کشاورزی تایید شده است. همچنین نتایج نشان می دهند کشور ایران در سال ۲۰۰۶ از حیث میزان برداشت آب در وضعیت بحرانی قرار داشته است. کیانی و سیدی-ویند (۱۳۹۲) رابطه گسترش بخش های اقتصادی و کارآیی مصرف آب در استان های مختلف را با فراوانی آب بررسی کردند. آن ها برای این منظور با استفاده از دو شاخص دیویژیا و دیویژای تصحیح شده الگوی مصرف آب در ایران را برای سال ۱۳۸۷ ارزیابی کردند. نتایج نشان می دهند شدت مصرف کل آب در استان های کم آب تر خراسان جنوبی، خراسان رضوی، خوزستان، سیستان و بلوچستان، فارس، قم، کرمان و هرمزگان از میانگین کشور بیشتر است. همچنین، در استان های کم آب تر خراسان جنوبی، خراسان رضوی، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس و کرمان گسترش ساختار اقتصاد با کمیابی آب متناسب نبوده و اقتصاد در بخش ها با آب بری بیشتر گسترش یافته است.

کرباسی و رفیعی دارانی (۱۳۹۳) با استفاده از اطلاعات جدول داده-ستانده تاثیر تغییر در اجزای تقاضای نهایی اقتصاد بر مصرف آب کشاورزی استان خراسان رضوی را محاسبه کردند. یافته ها نشان دادند افزایش اجزای تقاضای نهایی به افزایش مصرف آب منجر شده است. بر این اساس، با افزایش ۲۰ درصد صادرات و مصرف بخش خصوصی میزان مصرف کل آب کشور به ترتیب به میزان ۸۶۰۳۴۲ و ۷۱۲۷۴۶ هزار مترمکعب افزایش یافته است. سهم بخش کشاورزی از این افزایش به ترتیب برابر ۹۵/۷۴ و ۹۸/۰۵ درصد است. همچنین کشش مصرف آب نسبت به تغییرات اجزای تقاضای نهایی کوچک تر از ۱ برآورد شده است که از بی کشش بودن آن نشان دارد.

حیدری (۱۳۹۵) رابطه رشد اقتصادی و مصرف آب را در ۶۰ کشور از جمله ایران با استفاده از روش داده های پانلی و اثرات ثابت طی دوره زمانی ۱۹۹۲-۲۰۱۲ بررسی کرده است. نتایج نشان می دهند بین رشد اقتصادی و مصرف آب رابطه ای کوهانی شکل وجود داشته است. بنابراین در دوره مورد مطالعه فرضیه ی منحنی زیست محیطی کوزنتس برای کشورهای منتخب از جمله ایران برقرار است. به این معنی که با افزایش درآمد سرانه، مصرف آب تا نقطه بیشینه افزایش یافته و با ادامه رشد اقتصادی، مصرف

آب کاهش می یابد. عرب مازار و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از الگوی تعمیم یافته داده-ستانده در قالب دو رویکرد مقداری و ترکیبی ارزشی-مقداری و با بهره گیری از اطلاعات سال ۱۳۹۰ روابط بین بخشی آب در اقتصاد ایران را بررسی کردند. نتایج نشان می دهند بخش کشاورزی علی رغم حجم بالای مصرف مستقیم از کم ترین ضرایب فزاینده مصرف آب، یعنی آب بری کل به مستقیم، برخوردار است. بر اساس نتایج این تحقیق، لایه پنهان مبادلات بین بخشی مصرف آب نیز نشان می دهد بخش کشاورزی از منظر بخش عرضه کننده و تقاضاکننده به ترتیب ۹۲ و ۵۸ درصد از کل منابع کشور را به خود اختصاص داده است.

نصراللهی و زارعی (۱۳۹۷) با استفاده از رهیافت داده-ستانده ایران مربوط به سال ۱۳۹۰ جریان های آب مجازی بین بخش های مختلف اقتصادی کشور را به تفکیک منابع آب داخلی و وارداتی بررسی کردند. یافته ها نشان می دهند اگر تمام بخش های اقتصادی به منظور افزایش تولید اقتصادی خود یک متر مکعب آب اضافی مصرف کنند، در مجموع در اقتصاد حدود ۳۳۲ مترمکعب آب به شکل غیرمستقیم استفاده خواهد شد که ۷۵ درصد آن از منابع داخلی تامین می شود. سهم بخش کشاورزی از حجم آب مصرفی حدود ۸۱/۴ درصد است که با توجه به حجم مصرف زیاد آن افزایش کارآیی مصرف آب در بخش کشاورزی توصیه شده است. جدول ۲ خلاصه ای از مطالعات انجام شده در زمینه ارتباط بین درآمد و مصرف آب را نشان می دهد.

۳- روش شناسی پژوهش

۳-۱- تصریح الگو

به منظور بررسی ارتباط بین مصرف آب و ارزش افزوده از رابطه (۱) بهره برده می شود که در آن لگاریتم مصرف آب به صورت تابعی درجه سه و برحسب لگاریتم ارزش افزوده در بخش مورد نظر تعریف شده است.

$$\log W_t = \beta + \gamma \log y_t + \mu (\log y_t)^2 + \theta (\log y_t)^3 + \varepsilon_t \quad (1)$$

که W و y : به ترتیب مصرف آب و ارزش افزوده در بخش مورد نظر هستند؛ β : عرض از مبدأ، γ : شیب رگرسیون نسبت به لگاریتم ارزش افزوده، μ : شیب رگرسیون نسبت به مجذور لگاریتم ارزش افزوده و θ : شیب تابع نسبت به مکعب لگاریتم ارزش افزوده را نشان می دهند؛ ε : نیز جمله خطا است که فرض می شود از فرآیند نوفه سفید پیروی می کند. در صورت وجود فرضیه کوزنتس در بخش مورد مطالعه، انتظار از بعد نظری آن است که پارامترهای γ و μ به ترتیب مثبت و منفی و پارامتر θ صفر باشند.

جدول ۲- خلاصه مطالعات صورت گرفته پیرامون مصرف آب و درآمد (تولید ناخالص داخلی)

نام نویسندگان (سال)	دوره زمانی (کشور)	هدف تحقیق	نتایج
Rock (1998)	۱۹۹۴-۱۹۹۷ (آمریکا)	بررسی ارتباط بین مصرف آب شرب و درآمد سرانه	رابطه کوهانی شکل بین مصرف آب شرب و درآمد سرانه تایید شده است.
Zhou and Tol (2005)	۱۹۹۷-۲۰۰۳ (چین)	بررسی ارتباط بین درآمد و مصرف آب را در بخش صنعت و کشاورزی	در هر دو بخش صنعت و کشاورزی بین میزان مصرف آب و تولید رابطه منفی و معنی داری وجود داشته است.
Jia et al. (2006)	۱۹۶۰-۲۰۰۰ (بین کشوری)	بررسی رابطه بین مصرف آب صنعتی و درآمد	فرضیه منحنی کوزنتس در کشورهای توسعه یافته پذیرفته شده است.
Bhattarai (2008)	۱۹۷۲-۱۹۹۲ (بین کشوری)	مطالعه رابطه بین میزان آبیاری اراضی و درآمد سرانه	وجود ارتباط کوهانی شکل بین میزان آبیاری اراضی و درآمد سرانه پذیرفته شده است.
Hemati et al. (2011)	۲۰۰۶ (بین کشوری)	بررسی رابطه میزان آب مصرفی و درآمد در بخش صنعت	وجود رابطه کوهانی شکل بین مصرف آب شرب و درآمد سرانه در بخش صنعت تایید شده است.
Thompson (2014)	۱۹۸۰-۲۰۰۰ (بین کشوری)	بررسی ارتباط بین آلودگی آب و درآمد	رابطه ی کوهانی شکل بین آلودگی آب و درآمد وجود داشته است.
Najafi Alamdarlo (2016)	۱۳۸۲-۱۳۹۴ (ایران)	مطالعه ارتباط بین مصرف آب، ارزش افزوده و آلودگی ناشی از دی اکسید کربن در بخش کشاورزی	وجود رابطه کوهانی شکل بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش کشاورزی تایید شده است.
Gu et al. (2017)	۲۰۰۲-۲۰۱۴ (چین)	بررسی رابطه بین مصرف آب در بخش صنعت و رشد اقتصادی	بین رشد اقتصادی و مصرف سرانه آب در بخش صنعت رابطه کوهانی وجود داشته است.
Miglietta et al. (2017)	۱۹۹۵-۲۰۰۵ (بین کشوری)	مطالعه ارتباط بین مصرف آب و درآمد ملی داخلی	ارتباط بین مصرف آب و درآمد ملی داخلی به شکل N (درجه سه) بوده است.
Zhang et al. (2017)	۲۰۱۴-۲۰۰۲ (چین)	مطالعه ارتباط مصرف آب صنعتی و رشد اقتصادی	رابطه کوهانی شکلی بین مصرف آب صنعتی و تولید ناخالص داخلی وجود داشته است.
Wang and Li (2018)	۲۰۰۵-۲۰۱۵ (چین)	بررسی میزان مصرف آب صنعتی و ارزش افزوده صنایع تولیدی	همراه با افزایش رشد اقتصادی میزان مصرف آب صنعتی روندی کاهشی و سپس افزایشی را تجربه کرده است.
مهرآرا و همکاران (۱۳۹۰)	۲۰۰۶ (بین کشوری)	بررسی اثر درآمد سرانه بر میزان برداشت سرانه آب در بخش کشاورزی	رابطه کوهانی شکل بین درآمد سرانه و میزان برداشت سرانه آب در بخش کشاورزی وجود داشته است.
کبانی و سیدی ویند (۱۳۹۲)	۱۳۸۷ (ایران)	مطالعه رابطه گسترش بخش های اقتصادی و کارآیی مصرف آب	شدت مصرف کل آب در استان های کم آب از میانگین کشور بیشتر بوده و ساختار اقتصادی با مصرف آب متناسب نبوده است.
کرباسی و رفیعی (۱۳۹۳)	۱۳۸۹ (ایران)	بررسی تاثیر تغییر در اجزای تقاضای نهایی اقتصاد بر مصرف آب کشاورزی استان خراسان رضوی	افزایش اجزای تقاضای نهایی به افزایش مصرف آب منجر شده است. بخش کشاورزی بالاترین سهم مصرف آب را دارا بوده است.
عرب مازار و همکاران (۱۳۹۵)	۱۳۹۰ (ایران)	مطالعه روابط بین بخشی آب در اقتصاد ایران	بخش کشاورزی با سهم آب بری بالا سهم کمی در تولید اقتصادی را به خود اختصاص داده است.
حیدری (۱۳۹۵)	۱۹۹۲-۲۰۱۲ (بین کشوری)	مطالعه ارتباط رشد اقتصادی و مصرف آب	بین رشد اقتصادی و مصرف آب رابطه ی کوهانی شکل وجود داشته است.
نصراللهی و زارعی (۱۳۹۷)	۱۳۹۰ (ایران)	بررسی جریان های آب مجازی بین بخش های مختلف اقتصادی کشور به تفکیک منابع آب داخلی و وارداتی	سهم مصرف آب کشور از منابع داخلی آب ۷۵ درصد بوده است. همچنین در بین بخش های مختلف اقتصادی، بخش کشاورزی بیشترین سهم مصرف آب را دارا بوده است.

۲-۳- معرفی داده ها

برای بررسی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در بخش کشاورزی و صنعت از داده های دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۵ استفاده می شود. قلمرو مکانی پژوهش دربرگیرنده کشور ایران است. مآخذ داده ها سالنامه آماری آب وزارت نیرو، سالنامه آماری مرکز آمار

ایران و بانک مرکزی است. برای تحلیل روابط بین متغیرها از داده های شاخص قیمتی مصرف کننده، مصرف آب و ارزش افزوده تولید در بخش کشاورزی و صنعت استفاده شده است. داده های ارزش افزوده با استفاده از شاخص قیمتی مصرف کننده به قیمت های ثابت سال ۱۳۹۰ حقیقی شده اند. با توجه به پایین

بودن تعداد مشاهدات نخست نرمال بودن توزیع داده‌ها آزمون می‌شوند. در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها برای برآورد ارتباط بین متغیرهای پژوهش از رویکرد پارامتری و در غیر این صورت از رویکرد ناپارامتری استفاده می‌شود. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از روش (Royston 1991) استفاده می‌شود. فرض صفر در این آزمون به نرمال بودن توزیع داده‌ها دلالت دارد و فرض مقابل، نرمال بودن توزیع داده‌ها را رد می‌کند. نتایج حاصل از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها در سطح معنی‌داری ۵٪ در جدول

جدول ۳- نتایج آزمون Royston

متغیر	obs	Pr (Skewness)	Pr (Kurtosis)	Joint	
				adj chi ² (2)	Prob>chi ²
ارزش افزوده بخش صنعت	۲۶	۰/۰۲۷۲	۰/۰۴۲۸۹	۶/۵۷	۰/۰۳۸۴
ارزش افزوده بخش کشاورزی	۲۶	۰/۰۲۳۹	۰/۰۳۵۶	۹/۷۹	۰/۰۰۷۵
مصرف آب در بخش صنعت	۲۶	۰/۰۳۷۸	۰/۰۰۴۹	۱۰/۷۷	۰/۰۰۳۲
مصرف آب در بخش کشاورزی	۲۶	۰/۰۳۵۱	۰/۰۰۷۳	۱۴/۹۸	۰/۰۰۱۸

کرده، ضرایب دقیق‌تری برآورد و فاصله اطمینان ضرایب را با اعتماد بیشتری تعیین می‌کند. از این‌رو، روش‌های نمونه‌گیری مجدد با حداقل هزینه، خطای نمونه‌گیری را نسبت به روش‌های مرسوم کاهش می‌دهند (سهیلی و همکاران، ۱۳۹۴). از این‌رو، در اینجا برای تجزیه و تحلیل آماری و برآورد معادله (۱) رگرسیونی از نرم‌افزار Stata نسخه ۱۴ بر اساس رویکرد Bootstrap رگرسیون کوانتایل استفاده می‌شود.

۴- یافته‌های تجربی پژوهش

بررسی همبستگی به روش ناپارامتری بین متغیرها حاکی از وجود رابطه مثبت بین ارزش افزوده و مصرف آب در بخش‌های کشاورزی و صنعت کشور است. با توجه به آماره Spearman همبستگی بین متغیرهای ارزش افزوده و مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت معنی‌دار و به ترتیب برابر ۰/۶۷۱ و ۰/۷۴ است. همچنین آزمون رتبه‌ای Kendal با فرض صفر مبنی بر استقلال و عدم ارتباط بین دو متغیر به منظور معنی‌داری ارتباط بین متغیرها استفاده شده است. جدول ۴ نتایج آزمون همبستگی بین متغیرهای مصرف آب و ارزش افزوده در بخش‌های کشاورزی و صنعت را نشان می‌دهد. سطح معنی‌داری برای آزمون یک درصد در نظر گرفته شده است. در صورت کوچک‌تر بودن سطح احتمال از یک درصد فرض صفر رد می‌شود.

با توجه به آماره آزمون و سطح احتمال گزارش شده مشاهده می‌شود که عدم استقلال دو متغیر معنی‌دار است. بنابراین بر اساس رویکرد ناپارامتریک همبستگی مثبت بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش‌ها و وجود ارتباط و عدم استقلال آن‌ها تایید

۳-۳- روش برآورد الگو

همان‌گونه که اشاره شد برای برآورد الگوی پژوهش از روش ناپارامتری استفاده می‌شود. بزرگ‌ترین مزیت روش ناپارامتری این است که نیازی به در نظر گرفتن شکل و توزیع خاصی برای تابع نیست. بنابراین، زمانی که توزیع داده‌ها نرمال نیست، در رابطه با استنتاج نتایج نگرانی وجود ندارد. در چنین شرایطی برآوردهای ناپارامتری نتایج سازگار و کارآتری به دست می‌دهند. یکی از مشکلات متداول در رگرسیون، داده‌های پرت^۴ است که وجود این داده‌ها باعث تغییر پارامترهای مدل می‌شود.

از دیگر مشکلاتی که در این‌جا به منظور رفع آن بحث می‌شود، فرض نرمال بودن اجزای اختلال است که آماره‌های مدل اعتبار خود را از دست می‌دهند. یکی از روش‌های حل این مسئله استفاده از کوانتایل است. در رگرسیون کوانتایل به داده‌های پرت وزن کمتری داده می‌شود (سلیمی‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). با استفاده از رگرسیون کوانتایل، می‌توان از شاخص‌های پراکندگی و مرکزی مختلف برای به دست آوردن یک تجزیه و تحلیل جامع‌تر از رابطه متغیرها استفاده کرد. رویکرد رگرسیون کوانتایل که توسط (Koenker and Bassett 1978) معرفی شد. همانند رگرسیون معمولی (میانگین) برای تبیین ارتباط متغیر وابسته با کوانتایل‌ها و پیش‌بینی متغیر وابسته استفاده می‌شود. بر مبنای رگرسیون کوانتایل توزیع متغیر وابسته در سطوح مختلف متغیر مستقل شناسایی می‌شود. برای این منظور، از برازش‌های متعدد مدل رگرسیون بر یک مجموعه داده به ازای کوانتایل‌های مختلف استفاده می‌شود. روش نمونه‌گیری مجدد Bootstrap نیز بادر نظر گرفتن تمامی حالات تشکیل نمونه با ایجاد نمونه‌های متعدد شرایط نمونه مورد مطالعه را به شرایط جامعه واقعی نزدیک

می‌شود. در ادامه نتایج حاصل از برآورد الگوی رگرسیونی در بخش کشاورزی و صنعت ارایه می‌شوند. به‌منظور تخمین معادله (۱) از الگوریتم فرآیند Bootstrap با ۱۰۰۰ بار نمونه‌گیری و مقادیر کوانتایل ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۰/۹ استفاده شده‌است.

۴-۱- نتایج برآورد الگو در بخش کشاورزی

برآورد اولیه نشان داد که ضریب توان سوم لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی در سطح هیچ یک از کوانتایل‌ها معنی‌دار نیستند. لذا شکل تبعی رگرسیون به معادله درجه دوم تقلیل و سپس معادله مورد نظر برآورد شد. نتایج حاصل از برآورد در جدول ۵ مشاهده می‌شوند. مقدار آماره t-student و سطح معنی‌داری حاکی‌اند ضرایب از لحاظ آماری معنادار هستند. یافته‌های حاصل از برآورد نشان می‌دهند در فاصله اعتماد ۹۵٪ (سطح احتمال ۵٪) در مقادیر کوانتایل ۰/۵ و پایین‌تر از آن وجود فرضیه منحنی کوزنتس محیط زیست بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش کشاورزی تایید می‌شود. همچنین در مقادیر

کوانتایل بالاتر از ۰/۵ منحنی کوزنتس محیط‌زیست بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش کشاورزی در فاصله اعتماد ۹۰٪ تایید می‌شود. در ابتدا رابطه مصرف آب و ارزش افزوده در بخش کشاورزی مثبت بوده ولی با افزایش تولید و ارزش افزوده بخش صنعت ارتباط بین دو متغیر منفی شده‌است. بنابراین فرضیه کوزنتس آب در بخش کشاورزی پذیرفته می‌شود. البته نکته مهم این است که ضریب مجذور لگاریتم ارزش افزوده در مقایسه با لگاریتم ارزش افزوده بسیار کوچک است.

۴-۲- نتایج برآورد الگو در بخش صنعت

برآورد اولیه معادله (۱) در بخش صنعت نشان داد ضرایب درجه سوم و درجه دوم لگاریتم ارزش افزوده در الگوی رگرسیونی معنادار نیستند. از این‌رو، برای بررسی ارتباط بین دو متغیر تنها ارتباط خطی بین متغیرها برآورد شده‌است. نتایج برآورد ارتباط لگاریتم ارزش افزوده و لگاریتم مصرف آب در بخش صنعت در جدول ۶ خلاصه شده‌اند.

جدول ۴- نتایج آزمون همبستگی

نتایج آزمون	فرض صفر
۰/۰۰۰۱۱۸۰	متغیرهای مصرف آب و ارزش افزوده در بخش صنعت مستقل از هم هستند.
۰/۰۰۰۱۱۷۷	متغیرهای مصرف آب و ارزش افزوده در بخش کشاورزی مستقل از هم هستند.

جدول ۵- نتایج برآورد رابطه مصرف آب و ارزش افزوده در بخش کشاورزی

نام متغیر	مقدار کوانتایل	مقدار ضرایب	t	$p > t $	فاصله اطمینان در سطح ۹۵٪
لگاریتم ارزش افزوده کشاورزی	۰/۱۰	۳/۶۵۳۳۱۸	۲/۲۰۲	۰/۰۳۹	(-۰/۵۲۸۴۳۷۸ و ۷/۸۳۵۰۷۳)
	۰/۲۵	۳/۱۹۸۴۳۸	۲/۱۶	۰/۰۴۱	(۰/۱۴۰۰۷۸ و ۶/۲۵۶۷۹۷)
	۰/۵	۳/۰۹۰۲۲۴	۴/۵۲	۰/۰۰۰	(۲/۱۸۸۶۵ و ۵/۹۰۰۵۰۹)
	۰/۷۵	۲/۸۹۱۵۸۷	۱/۸۳	۰/۰۶۱	(۱/۳۴۵۹۷ و ۴/۲۶۱۹۷۲)
	۰/۹۰	۲/۱۷۱۶۸۵	۱/۷۴	۰/۰۶۸	(۱/۰۱۱۳۷ و ۳/۸۵۶۰۱۴)
مجذور لگاریتم ارزش افزوده کشاورزی	۰/۱۰	-۰/۳۰۷۱۱۱۲	-۲/۲۳	۰/۰۳۶	(-۰/۷۷۷۴۲۹۴ و -۰/۵۴۸۴۱۸)
	۰/۲۵	-۰/۳۱۳۱۹۴۸	-۲/۱۴	۰/۰۴۳	(-۰/۶۱۶۲۸۵۸ و -۰/۰۱۰۱۶۳۸)
	۰/۵	-۰/۳۰۳۴۴۶	-۴/۴۹	۰/۰۰۰	(-۰/۵۸۵۲۶ و -۰/۲۱۵۳۹۶)
	۰/۷۵	-۰/۲۶۳۱۷۵	۱/۷۹	۰/۰۷۲	(-۰/۴۷۵۰۳ و -۰/۱۴۶۰۸۵)
	۰/۹۰	-۰/۲۱۰۴۲۸	۱/۷۱	۰/۰۸۱	(-۰/۳۸۲۷۰۱ و -۰/۰۲۸۱۶۴۱)

جدول ۶- نتایج برآورد رابطه مصرف آب و ارزش افزوده در بخش صنعت

نام متغیر	مقدار کوانتایل	مقدار ضرایب	t	$p > t $	فاصله اطمینان در سطح ۹۵٪
عرض از مبدا	۰/۱۰	۲/۵۵۵۸۳۴	۲/۱۱	۰/۰۴	(-۰/۰۴۰۳۷۸۱ و ۶/۱۵۴۷۶۹)
	۰/۲۵	۲/۵۱۰۶۳۱	۲۲/۴۲	۰/۰۰۰	(۲/۲۷۹۵۴۷ و ۲/۷۴۱۷۱۷)
	۰/۵	۲/۳۶۴۴۳	۱۷/۴۱	۰/۰۰۰	(۰/۰۹۹۶۲۴۴ و ۰/۲۱۳۰۲۱۴)
	۰/۷۵	۲/۳۸۴۵۹	۱۵/۱۶	۰/۰۰۰	(۲/۰۶۰۰۲ و ۲/۹۶۶۱۹۱)
	۰/۹۰	۲/۶۸۴۳۱۶	۴/۰۱	۰/۰۰۱	(۱/۲۹۷۷۷۴ و ۴/۰۷۰۹۰۷)
لگاریتم ارزش افزوده صنعت	۰/۱۰	۰/۰۹۵۱۶۹۴	۲/۰۱	۰/۰۴۷	(-۰/۱۰۳۴۶۷۱ و ۱/۱۹۰۵۳۰۸)
	۰/۲۵	۰/۱۱۸۲۴۹۱	۵/۱۳	۰/۰۰۰	(۰/۰۷۰۷۳۴۷ و ۰/۰۱۰۱۶۳۸)
	۰/۵	۰/۱۵۶۱۴۳	۵/۶۷	۰/۰۰۰	(۲/۰۸۴۱۳۲ و ۲/۶۴۴۷۳۸)
	۰/۷۵	۰/۱۵۵۲۹۴۶	۵/۶۹	۰/۰۰۰	(۰/۰۹۸۹۹۴ و ۰/۲۱۱۵۵۵۱)
	۰/۹۰	۰/۱۰۸۳۳۹۸	۲/۸۳	۰/۰۰۳	(-۰/۱۲۸۹۰۲۶ و ۰/۳۴۵۵۸۲۲)

با توجه به آماره t-student و سطح احتمال آماره آن، مشاهده می‌شود در تمامی کوانتایل‌های مورد بررسی، عرض از مبدا و ضریب لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعت در فاصله اعتماد ۹۵٪ معنی‌دار هستند. بنابراین ارتباط بین مصرف آب و ارزش افزوده در بخش صنعت خطی و صعودی است. هرچند مصرف آب در این بخش نسبت به بخش کشاورزی پایین است، ولی در بلندمدت می‌تواند مهم و قابل توجه باشد. از سوی دیگر، معادله رگرسیون (۱) به صورت لگاریتمی دو طرفه تعریف شده است. بنابراین، ضرایب رگرسورها به کشش مصرف آب نسبت به ارزش افزوده اشاره دارند. مقایسه کشش آب نسبت به ارزش افزوده بخش کشاورزی و صنعت حاکی است کشش مصرف آب نسبت به ارزش افزوده در بخش کشاورزی بزرگ‌تر از بخش صنعت است. یعنی با افزایش یک درصد ارزش افزوده اقتصادی مصرف آب در بخش کشاورزی بیشتر از بخش صنعت افزایش می‌یابد. بنابراین بخش کشاورزی با تولید کمتر از مصرف آب بیشتری برخوردار است.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به پدیده کم‌آبی و لزوم مدیریت مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور، پژوهش حاضر با استفاده از فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس رابطه بین آب مصرفی و ارزش افزوده را در بخش‌های کشاورزی و صنعت بررسی کرده است. به منظور تجزیه و تحلیل روابط علی بین متغیرها از داده‌های مصرف آب و ارزش افزوده در بخش‌های کشاورزی و صنعت طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۵ و رویکرد Bootstrap رگرسیون کوانتایل استفاده شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند طی دوره مورد مطالعه رابطه کوهانی شکل بین مصرف آب و ارزش افزوده بخش کشاورزی وجود داشته است که با فرضیه منحنی کوزنتس آب سازگار است. بنابراین با افزایش تولید و ارزش افزوده، مصرف آب تا نقطه بیشینه افزایش و با ادامه تولید، مصرف آب کاهش یافته است.

نکته مهم در این بررسی این است که نقطه برگشت با شیب بسیار کم شروع شده است. یعنی، میزان کاهش در رشد مصرف آب از رشد ارزش افزوده کم‌تر بوده است. بررسی کشش مصرف آب و ارزش افزوده در بخش کشاورزی نشان داد ۱٪ افزایش ارزش افزوده، مصرف آب را در حدود ۴/۱٪ افزایش داده است. میزان مصرف بالای آب با توجه به سهم پایین ارزش افزوده بخش کشاورزی در تولید کشور می‌تواند در دهه‌های آتی در صورت عدم اتخاذ سیاست‌های مناسب به کاهش هرچه بیشتر تولید و بهره‌وری بخش کشاورزی و کاهش ذخایر آبی منجر شود. یافته‌های فوق با نتایج مطالعات (Bhattarai, Rock (1998)، (Najafi Alamdarlo (2016)، (۱۳۹۰)، (2008)، مهرآرا و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد. از سوی دیگر، بررسی ارتباط

مصرف آب و ارزش افزوده در بخش صنعت رابطه خطی مثبت و معنادار بین دو متغیر را تایید کرد. بنابراین طی دوره مورد مطالعه فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در بخش صنعت پذیرفته نمی‌شود. نکته مهم این است که با وجود مصرف پایین آب در بخش صنعت، وجود رابطه خطی و صعودی بین تولید و مصرف آب در این بخش حایز اهمیت است.

شواهد تجربی ایران حاکی است طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۵ بیشترین سهم مصرف آب مربوط به بخش کشاورزی است. از این رو، مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی حیاتی است. استفاده از فن‌آوری‌های دوست‌دار محیط زیست همراه با مصرف بهینه آب، افزایش بهره‌وری تولید و کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی برای مدیریت مصارف آب ضروری هستند. برای جلوگیری از کاهش منابع آبی کشور اقداماتی چون مهار آب‌های سطحی و ذخیره آب‌هایی که از کشور خارج می‌شوند، لازم و مفید هستند. علاوه بر مدیریت منابع و مصارف آب، سیاست‌گذاران حوزه آب می‌توانند تولیدات محصولات کشاورزی را متناسب با ارزش اقتصادی آب، خصوصیات اقلیمی و ویژگی‌های جوی هر منطقه برنامه‌ریزی کرده و برای دستیابی به الگوی مصرف بهینه آب در بخش‌های مختلف تولیدی، مصرف تحقق یافته آب را کنترل کنند. با اتخاذ چنین تصمیماتی می‌توان آسیب‌های اجتماعی-اقتصادی آتی در اثر کم‌آبی را کاهش و زمینه تولید و توسعه اقتصادی کشور را به صورت پویا مطابق با چشم‌انداز سند توسعه فراهم کرد.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Environmental Kuznets Curve
- 2- Bootstrap Quintile Regression
- 3- Turning Point
- 4- Outliers

۷- مراجع

- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، بانک اطلاعات سری‌های زمانی، حساب‌های ملی ایران، www.tsd.cbi.ir.
- حیدری، م.، (۱۳۹۵)، "اثر رشد اقتصادی بر مصرف منابع آب (در چارچوب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
- سلیمی فر، م.، مجتهدی، س.، حداد مقدم، م. و زنده‌دل شهرنوی، ه.، (۱۳۹۱)، "بررسی تأثیر تورم بر عملکرد بازارهای مالی در ایران طی سال‌های ۱۳۵۲-۱۳۸۶"، *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، (۱)، ۲، ۱۷۷-۲۱۵.

- Koenker, R., and Bassett, G. (1978), "Regression quintiles", *Econometrica*, 46, 33-50.
- Miglietta, P. P., De Leo, F., and Toma, P., (2017), "Environmental Kuznets curve and the water footprint: an empirical analysis", *Water and Environment Journal*, 31, 20-30.
- Najafi Alamdarlo, H., (2016), "Water consumption, agriculture value added and carbon dioxide emission in Iran, environmental Kuznets curve hypothesis", *International Journal of Environmental Science Technology*, 13, 2079-2090.
- Rock, M. T., (1998), "Freshwater use, freshwater scarcity, and socioeconomic development", *Journal of Environment Development*, 7, 278-301.
- Thompson, A., (2014), "Environmental Kuznets curve for water pollution: the case of border countries", *Journal of Modern Economy*, 2014, 5, 66-69.
- Zhang, y., Gu, A., and Bolin, P., (2017), "Relationship between industrial water consumption and economic growth in China based on environmental Kuznets curve", *Journal of Energy Procedia*, 105, 3557-3564.
- Zhao, X., Fan, X., and Liang, J., (2017), "Kuznets type relationship between water use and economic growth in China", *Journal of Cleaner Production*, 168, 1091-1100.
- Zhou, Y., and Tol, R.S.J., (2005), "Economic analysis of domestic, industrial and agricultural water demands in China", *Water Science and Technology: Water Supply*, 5(6), 85-93.
- Wang, S., and Li, R., (2018), "Toward the coordinated sustainable development of urban water resource use and economic growth: An empirical analysis of Tianjin city, China", *Journal of Sustainability*, 10(5), 1-13.
- سهیلی، ک.، فتاحی، ش.، و سرخوندی، م.، (۱۳۹۴)، "ارزیابی راهبردهای پولی بانک مرکزی ایران نسبت به شکاف تولید و انحراف تورم، رویکرد Bootstrap"، *فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی*، ۶(۲۱)، ۲۶۱-۲۲۱.
- عرب مازار یزدی، ع.، بانویی، ع.، و اکبری، ن.، (۱۳۹۵)، "محاسبه لایه پنهان مبادلات بین بخشی و ضرایب فزاینده مصرف آب در بخش های مختلف اقتصاد ایران"، *فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۶(۶۲)، ۱-۲۸.
- کرباسی، ع.، و رفیعی دارانی، ه.، (۱۳۹۳)، "بررسی تاثیر تغییر اجزای تقاضای نهایی اقتصاد بر مصرف آب در بخش کشاورزی: تحلیل داده-ستانده در استان خراسان رضوی"، *نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۲۲(۸۵)، ۳۷-۶۳.
- کیانی، غ.، و سیدی ویند، ن.، (۱۳۹۲)، "تحلیل الگوی مصرف آب در ایران با استفاده از شاخص اعداد"، *مجله اقتصاد منابع طبیعی*، ۲(۲)، ۲۲-۳۰.
- مرکز آمار ایران، سالنامه آماری، فصل آب و برق، www.nnt.sci.org.ir
- مهرآرا، م.، همتی، ع.، و سایه میری، ع.، (۱۳۹۰)، "بررسی ارتباط درآمد و استفاده از آب در بخش کشاورزی کشورهای جهان"، *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۲(۴)، ۵۳۳-۵۲۵.
- نصراللهی، ز.، و زارعی، م.، (۱۳۹۷)، "بررسی جریان های آب مجازی در اقتصاد ایران: تحلیل روابط بین بخشی با استفاده از رهیافت داده ستانده"، *فصلنامه مدل سازی اقتصادی سنجی*، ۲(۴)، ۱۵۷-۱۳۱.
- وزارت نیرو، شبکه آمار و اطلاعات، سالنامه آماری آب، www.isn.moe.gov.ir
- Bhattarai, M., (2008), "Environmental Kuznets curve for irrigation and its implications for agricultural water demands: a 20-years of cross-country analysis for 65 tropical countries", *WWC*, No. 613, <https://www.researchgate.net/publication/229053115>.
- Gleick, P., (2003), "Water use", *Journal of Annual Review Environmental Resources*, 28, 275-314.
- Gu, A., Zhang, Y., and Pan, B., (2017), "Relationship between industrial water use and economic growth in China: insights from an environmental Kuznets curve", *Water*, 9(556), 1-13.
- Hemati, A., Mehrara, M., and Sayehmiri, A., (2011), "New vision on the relationship between income and water withdrawal in industry sector", *Natural Resources*, 2, 191-196.
- Jia, S., Yang, H., Zhang, S., Wang, L., and Xia, J., (2006), "Industrial water use Kuznets curve: Evidence from industrialized countries and implications for developing countries", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(3), 183-191.
- Katz, D., (2015), "Water use and economic growth: reconsidering the environmental Kuznets curve relationship", *Journal of Cleaner Production*, 88, 205-213.

Technical Note

Problems and the Most Suitable Way of Supplying, Operating and Maintaining the Instruments in the Water and Wastewater Companies

Hadi Jafari^{1*}, Seyed Hadi Hosseini Bidar² and Hamid Reza Nikdad³

1- MSc. In Surveying Engineering, Director of the Office of Consumption Management and Non-Revenue-Water, Water and Wastewater Company of Hamedan Province, Hamedan, Iran.

2- Managing Director and Chief Executive Officer, Water and Wastewater Company of Hamedan Province, Hamedan, Iran.

3- Deputy Director of Operational Section, Water and Wastewater Company of Hamedan Province, Hamedan, Iran.

* Corresponding author, Email: jafarih4747@gmail.com

Received: 07/05/2018

Revised: 25/04/2019

Accepted: 27/04/2019

Abstract

The quality and precision of the operation of instruments, such as flowmeters, pressure gauges, altimeters, and valves are of decisive importance for all water and wastewater companies (WWCs), since they are the basis for measuring and providing data on the status of the water and wastewater installations and networks and thus play an important role in the decisions made by experts and managers. Such instruments are the only means of measuring and controlling the production of water, the pressure of water distribution networks and the production of other data required by all the WWCs. Therefore, one of the main goals and policies of the WWC officials is to procure and purchase of instrumentation with high precision, as well as verification of the correct operation of the instruments over time. If such goals are set and met, the information required for the installation is accurately measured and the decisions taken are based on the correct data. A specific process is therefore required for purchase of instruments with a proper quality as well as for periodical examination of the accuracy of the instruments installed, to ensure the proper operation. In this paper, based on experiments, the problems and the most appropriate solution to the problems of purchase, optimal operation and maintenance of instruments in the water and wastewater companies are presented.

Keywords: Instrumentation equipment, Non-Revenue Water, Sewage installations Water and wastewater companies, Water distribution network facilities, Utilization.

یادداشت فنی

مشکلات و مناسبترین راه کارهای تهیه، بهره برداری و نگهداری بهینه از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت های آب و فاضلاب

هادی جعفری^{۱*}، سید هادی حسینی بیدار^۲ و حمیدرضا نیکداد^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی نقشه برداری و مدیر دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، شرکت آب و فاضلاب استان همدان، همدان، ایران.

۲- مدیر عامل و رئیس هیئت مدیره شرکت آب و فاضلاب استان همدان، همدان، ایران.

۳- معاون بهره برداری شرکت آب و فاضلاب استان همدان، همدان، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: jafarih4747@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۷

چکیده

کیفیت و دقت عملکرد تجهیزات ابزار دقیق از جمله فلومترها، فشارسنجها، ارتفاعسنجها، شیرآلات و ... در شرکت های آب و فاضلاب به این دلیل که ملاک اندازه گیری و ارائه دهنده اطلاعات از وضعیت تاسیسات و شبکه های توزیع آب و شبکه های جمع آوری فاضلاب هستند و در تصمیم گیری کارشناسان و مدیران نقش تعیین کننده ای دارند از اهمیت بالایی برای کلیه شرکت های آب و فاضلاب برخوردار هستند. زیرا این گونه تجهیزات تنها وسایل اندازه گیری و کنترل آب تولیدی، فشار شبکه های توزیع آب و تولیدکننده سایر اطلاعات مورد نیاز در کلیه شرکت های آب و فاضلاب در سراسر جهان هستند که نقش مهمی در اتخاذ تصمیمات مناسب کارشناسی و مدیریتی می توانند داشته باشند. بنابراین باید همواره یکی از اهداف و سیاست های مسئولین شرکت ها علاوه بر تهیه و خرید تجهیزات ابزار دقیق مقاوم و با دقت بالا، بررسی صحت عملکرد تجهیزات در طول زمان باشد. در این صورت اطلاعات مورد نیاز مرتبط با تاسیسات با دقت مناسب اندازه گیری شده و تصمیمات اتخاذ شده براساس اطلاعات درست و مورد اعتماد است. به نحوی که این اطلاعات در کلیه جنبه های فنی و مالی دارای اهمیت هستند. از طرفی به دلیل وجود انواع و اقسام مدل های تجهیزات ابزار دقیق با قابلیت ها و دقت های مختلف در بازار و همچنین با توجه به توان مالی شرکت ها انواع تجهیزات ابزار دقیق با کیفیت و دقت های متفاوت در شرکت های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته اند. از طرف دیگر فقدان فرایند نگهداری و بهره برداری مناسب از تجهیزات باعث ایجاد مشکلات فراوان برای شرکت های آب و فاضلاب در بهره برداری و استفاده از این گونه تجهیزات و همچنین باعث وارد آمدن خسارات مالی قابل توجهی به شرکت های آب و فاضلاب شده اند. بنابراین به دلیل اهمیت موضوع، خرید تجهیزات ابزار دقیق با کیفیت مناسب براساس یک فرایند مشخص و همچنین بررسی صحت عملکرد تجهیزات ابزار دقیق نصب شده در دوره های زمانی معین به منظور حصول اطمینان از عملکرد مناسب تجهیزات ضروری است. در این مقاله با توجه به قوانین مربوطه و تجربیات به دست آمده، مشکلات و مناسبترین راه کارهای رفع مشکلات برای خرید، بهره برداری بهینه و نگهداری از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت های آب و فاضلاب ارائه شده است.

کلمات کلیدی: تجهیزات ابزار دقیق، بهره برداری، شرکت های آب و فاضلاب، تاسیسات شبکه توزیع آب، تاسیسات فاضلاب، آب بدون درآمد.

دقیق

- خرابی متعدد تجهیزات به دلایل مختلف در طول سال که عملاً بهره‌برداری و استفاده از تجهیزات را غیرممکن می‌سازد؛
- عدم وجود تجهیزات محافظ برقی مناسب و با کیفیت؛
- عدم کارایی مناسب استابلایزها (ثبیت کننده ولتاژ) به دلیل عدم وجود سیستم ارت؛
- فرسودگی تجهیزات ابزار دقیق با عمر بالای ۵ سال؛
- خرابی قابل توجه دیتالاگر تجهیزات ابزار دقیق؛
- عدم انجام نظارت دقیق بر نصب تجهیزات ابزار دقیق؛
- بالا بودن زمان تعمیرات دستگاه‌ها توسط شرکت‌های فروشنده به دلایل مختلف از جمله نداشتن نماینده در شهر محل نصب تجهیزات یا عدم اخذ ضمانت‌نامه معتبر از فروشنده و نداشتن انگیزه لازم در ارائه خدمات و پشتیبانی به موقع؛
- عدم پشتیبانی مناسب و به موقع توسط شرکت‌های فروشنده؛
- وجود ایرادات اساسی در دیتالاگرهای تجهیزات (وجود مشکل در تخلیه اطلاعات و بهره‌برداری از اطلاعات ذخیره شده)؛
- تعمیر دیتالاگرها منوط به بازشدن نمایشگر و ارسال دستگاه به شرکت سازنده و صرف زمان و هزینه بالا است. لذا خرابی متعدد دیتالاگر در طول سال عملاً بهره‌برداری از دستگاه را مختل می‌نماید؛
- عدم ارائه نرم‌افزار مناسب توسط شرکت‌های فروشنده برای بهره‌برداری از اطلاعات تجهیزات؛
- وجود انواع نرم‌افزارهای مختلف بهره‌برداری از تجهیزات ابزار دقیق توسط شرکت‌های فروشنده؛
- عدم امکان پایش اطلاعات تجهیزات ابزار دقیق قدیمی.

۳- راه کارهای عملی رفع مشکلات خرید، بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت‌های آب و فاضلاب

۳-۱- تشکیل کمیته فنی خرید تجهیزات ابزار دقیق با اعضای کامل و متخصص

به منظور اتخاذ تصمیمات مناسب و استفاده از تجربیات کارشناسان و همچنین استفاده از تخصص‌های لازم، تشکیل کمیته فنی برای تهیه مشخصات فنی تجهیزات ضروری است. همچنین باید توسط مدیرعامل شرکت برای کلیه اعضا ابلاغ عضویت در کمیته فنی صادر شود.

۳-۲- ارجاع کلیه درخواست‌های خرید تجهیزات ابزار دقیق به کمیته فنی

به منظور اطمینان از انجام فرایند خرید و بهره‌برداری مناسب

وجود انواع و اقسام مدل‌های تجهیزات ابزار دقیق با قابلیت‌ها و دقت‌های مختلف در بازار و همچنین با توجه به توان مالی شرکت‌ها، انواع تجهیزات ابزار دقیق با کیفیت و دقت‌های متفاوت در شرکت‌های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته‌اند که باعث ایجاد مشکلات فراوان برای شرکت‌های آب و فاضلاب در بهره‌برداری و استفاده از این‌گونه تجهیزات شده‌اند (قرمزی، ۱۳۹۵). از طرفی تجهیزات ابزار دقیق در هر مقطع زمانی دارای یکی از شرایط زیر هستند: ۱) کاملاً سالم بوده و دارای خطای در بازه استاندارد است؛ ۲) خراب است؛ ۳) به ظاهر سالم بوده اما عملاً دارای خطای غیر استاندارد است.

همان‌گونه که مشخص است حالت اول مطلوب بوده و اصولاً مربوط به تجهیزات جدید است. در حالت دوم، تجهیزات ابزار دقیق به دلیل خراب بودن در دستور کار تعویض قرار می‌گیرد. اما حالت سوم که قاعدتاً مربوط به تجهیزات ابزار دقیق فرسوده است علی‌رغم به ظاهر سالم بودن عملکرد، دارای خطای غیر استاندارد است. در این مقاله با بررسی تعدادی از کنتورهای فرسوده تأثیر عملکرد این‌گونه کنتورها بر میزان هدررفت ظاهری و آب بدون درآمد در شرکت‌های آب و فاضلاب را بررسی و تحلیل می‌شود.

۲- مشکلات خرید، بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات ابزار دقیق در شرکت‌های آب و فاضلاب

مهم‌ترین مشکلات خرید و بهره‌برداری تجهیزات ابزار دقیق در شرکت‌های آب و فاضلاب عبارتند از:

۲-۱- مشکلات مربوط به کمیته فنی

- عدم وجود کمیته فنی خرید تجهیزات در شرکت‌های آب و فاضلاب در کلیه سطوح معاملات (معاملات کوچک، متوسط و مناقصه)؛

- کامل نبودن نفرات متخصص کمیته فنی؛

- عدم تشکیل منظم جلسات کمیته فنی خرید تجهیزات در شرکت‌های آب و فاضلاب در کلیه سطوح معاملات.

۲-۲- مشکلات مربوط به مشخصات فنی تجهیزات

- عدم هماهنگی با کمیته فنی در خرید برخی از تجهیزات؛

- عدم وجود مشخصات فنی استاندارد برای تجهیزات ابزار دقیق؛

- عدم تهیه مشخصات فنی تجهیزات توسط شرکت‌های آب و فاضلاب؛

۴- تهیه مشخصات فنی ناقص تجهیزات توسط شرکت‌های آب و فاضلاب.

از تجهیزات باید کلیه درخواست‌های خرید تجهیزات به کمیته فنی رای بررسی ارسال شود.

۳-۳- برگزاری جلسات کمیته فنی خرید تجهیزات کلیه سطوح معاملات

عموما جلسات کمیته فنی برای خرید تجهیزات به صورت برگزاری مناقصه و در معاملات بزرگ تشکیل می‌شود. لذا به دلیل افزایش سقف ریالی انجام معاملات متوسط و کوچک در سال‌های اخیر، پیشنهاد می‌شود کمیته فنی برای خرید تجهیزات در معاملات متوسط و کوچک تشکیل شده و کلیه درخواست‌های خرید تجهیزات ابزار دقیق به کمیته فنی ارجاع شود.

۳-۴- تهیه مشخصات فنی کامل تجهیزات ابزار دقیق توسط کمیته فنی

عموما مشخصات فنی تجهیزات ابزار دقیق برای خرید تجهیزات به صورت برگزاری مناقصه تهیه می‌شود. لذا به دلیل افزایش سقف ریالی انجام معاملات متوسط و کوچک در سال‌های اخیر، ضروری است کمیته فنی برای خرید تجهیزات در معاملات متوسط و کوچک تشکیل و مشخصات فنی کامل تجهیزات تهیه شود.

۳-۵- هماهنگی کامل با دفتر انفورماتیک و فناوری اطلاعات در خصوص حصول اطمینان از بسترسازی امنیت اطلاعات در زمینه نگهداری و انتقال اطلاعات تولید شده توسط تجهیزات

در سال‌های اخیر با توجه به گسترش استفاده از بسترهای انتقال اطلاعات و استفاده از سرویس‌های تحت وب، موضوع امنیت اطلاعات بسیار با اهمیت است. بنابراین ضروری است در هنگام تهیه مشخصات فنی تجهیزات نظر کارشناسان دفتر انفورماتیک و فناوری اطلاعات اخذ و در مشخصات فنی درج شود. همچنین پس از خریداری تجهیزات کارشناسان فناوری اطلاعات باید بسترهای تبادل اطلاعات و نرم‌افزارهای مربوط به تجهیزات را با توجه به استانداردهای ذیربط از لحاظ نرم‌افزاری و سخت‌افزاری (سرور محل ذخیره اطلاعات) بررسی و شرایط ایمنی و امنیت اطلاعات را تأیید نمایند. در این صورت استفاده از تجهیزات و تبادل اطلاعات مجاز است.

۳-۶- استفاده از شرکت‌های بازرسی برای بررسی کیفیت اولیه تجهیزات خریداری شده

علاوه بر استفاده از کارشناسان خبره در شرکت‌های آب و فاضلاب و به منظور بالا بردن کیفیت و دقت بررسی عملکرد تجهیزات خریداری شده و قبل از ارسال تجهیزات به شرکت‌های

آب و فاضلاب توصیه می‌شود شرایط و دقت عملکرد تجهیزات مطابق با مشخصات فنی تهیه شده در طول مراحل ساخت و آماده‌سازی توسط شرکت بازرسی ذی‌صلاح بررسی و تأییدیه فنی دستگاه‌ها با نصب برچسب و انجام مکاتبات لازم از شرکت بازرسی دریافت شود.

۳-۷- دریافت دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری، نگهداری و ایمنی به زبان فارسی از فروشنده

یکی از راه کارهای مناسب بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات دریافت و بررسی دستورالعمل‌های مربوطه به زبان فارسی از فروشندگان تجهیزات است. این دستورالعمل‌ها در هنگام آموزش نحوه بهره‌برداری و به خصوص در هنگام نظارت بر نصب تجهیزات، کاربرد قابل توجهی دارند.

۳-۸- انعقاد قرارداد خرید و نصب تجهیزات با فروشنده در سطوح معاملات متوسط و بزرگ

به منظور اطمینان از نحوه صحیح نصب و انجام گارانتی تجهیزات توسط فروشنده، ضروری است با فروشنده قرارداد خرید و نصب منعقد شود. البته در حال حاضر برای معاملات بزرگ، قرارداد مبادله می‌شود. اما در خصوص معاملات متوسط قرارداد منعقد نمی‌شود. لذا به دلیل افزایش سقف ریالی انجام معاملات متوسط در سال‌های اخیر، انعقاد قرارداد با فروشنده در سطح معاملات متوسط نیز ضروری است.

۳-۹- دریافت گارانتی دستگاه‌ها حداقل به میزان ۳ تا ۵ سال و دریافت ضمانت‌نامه انجام تعهدات از فروشنده در کلیه خریده‌ها و سطوح معاملات

یکی از مناسب‌ترین و اجرایی‌ترین راه کارهای بهره‌برداری مناسب از تجهیزات ابزار دقیق اخذ گارانتی از فروشنده به مدت حداقل ۳ تا ۵ سال است. این راه کار تضمین می‌کند دستگاه نصب شده حداقل در سال‌های اولیه با توجه به پشتیبانی رایگان آن توسط فروشنده در مدار بهره‌برداری قرار گیرد. همچنین ضمانت اجرایی ارائه خدمات مناسب توسط فروشنده در زمان گارانتی تجهیزات، انعقاد قرارداد و اخذ ضمانت‌نامه انجام تعهدات و گارانتی است. البته انعقاد قرارداد و اخذ ضمانت‌نامه در معاملات بزرگ در حال حاضر در شرکت‌های آب و فاضلاب انجام می‌شود. اما در معاملات متوسط و کوچک انجام نمی‌شود. لذا توصیه اکید می‌شود حداقل در معاملات متوسط، خرید با انعقاد قرارداد و یا با اخذ ضمانت‌نامه بانکی به میزان حداقل ۲۰٪ مبلغ مورد معامله انجام تعهدات و گارانتی براساس مشخصات فنی انجام شود. این اقدام نیازمند اصلاح فرایند خرید در حوزه معاونت مالی و پشتیبانی است.

۱۰-۳- انجام نظارت دقیق بر نصب تجهیزات مطابق با

مشخصات فنی و دستورالعمل‌های مربوطه

در راستای اطمینان از بهره‌برداری مناسب از تجهیزات ابزار دقیق انجام نظارت بر نحوه نصب تجهیزات براساس مشخصات فنی، دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری و دستورالعمل‌های ایمنی ضروری است. یکی از مشکلات عمده استفاده از تجهیزات، نبود نظارت کافی در هنگام نصب تجهیزات است.

۱۱-۳- ارائه آموزش بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات

ابزار دقیق توسط فروشنده به نمایندگان خریدار براساس دستورالعمل‌های مربوطه

ارائه آموزش نحوه بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات توسط فروشنده به نماینده یا نمایندگان خریدار ضروری بوده و باید در قالب کلاس‌ها و کارگاه‌های آموزشی تئوری و عملی رایگان براساس دستورالعمل‌های ارائه شده انجام شود. درج ارائه موارد آموزشی در مشخصات فنی ضروری است.

۱۲-۳- پیش‌بینی فرآیند بهره‌برداری و نگهداری از

تجهیزات (به‌صورت امانی یا توسط بخش خصوصی با انعقاد قرارداد)

یکی از مشکلات اساسی و قابل‌توجه فعلی استفاده و بهره‌برداری از تجهیزات ابزار دقیق در اکثر شرکت‌های آب و فاضلاب عدم وجود فرایند نگهداری از تجهیزات است. این موضوع عملاً امکان استفاده مناسب، به‌روز و قابل‌اطمینان از تجهیزات را فراهم نکرده و اکثر تجهیزات به‌دلیل مختلف از مدار بهره‌برداری خارج هستند. به‌همین دلیل تنها راه‌کار بهره‌برداری مناسب و امکان‌پذیر برای استفاده از تجهیزات ابزار دقیق و به‌خصوص تجهیزات ایرانی، ایجاد فرایند نگهداری از تجهیزات است. این فرایند می‌تواند توسط نیروهای شرکت‌های آب و فاضلاب (در صورت داشتن تخصص لازم و داشتن مهارت کافی)، توسط بخش خصوصی و یا به‌صورت ترکیبی از نیروهای شرکت‌های آب و فاضلاب و نیروهای بخش خصوصی انجام شود. نحوه انتخاب نیرو برای نگهداری از تجهیزات، بستگی به تخصصی بودن نگهداری و اهمیت تجهیزات ابزار دقیق دارد. همچنین استفاده از نیروهای بخش خصوصی باید در قالب قراردادهای سالانه نگهداری و پشتیبانی تجهیزات ابزار دقیق انجام شود.

۱۳-۳- تهیه چک‌لیست بازدید ماهانه از تجهیزات و

دستگاه‌ها

یکی از اقدامات موثر که باعث مستندسازی و کنترل فرایند نگهداری از تجهیزات می‌شود، تهیه چک‌لیست بازدیدهای ماهانه از تجهیزات است. استفاده از چک‌لیست بازدیدهای ماهانه توسط

نیروهای داخلی یا نیروهای بخش خصوصی الزامی است. چک‌لیست‌های تهیه شده باید به‌صورت ماهانه در سیستم‌های نرم‌افزاری مربوطه ثبت شود. به‌نحوی که گزارشات کنترلی توسط کارشناسان بررسی و براساس آن، اقدامات لازم در راستای بهره‌برداری مناسب از تجهیزات انجام شود. انجام این اقدام با توجه به ذکر جزئیات برای کلیه تجهیزات ضروری بوده و حتی شامل تجهیزات کنترل شده توسط سیستم‌های تله‌متری و اسکادا نیز می‌شود.

۱۴-۳- معرفی نماینده مقیم برای نگهداری و انجام بازدید

ماهانه از دستگاه‌ها توسط فروشنده

در صورت انعقاد قرارداد با بخش خصوصی و استفاده از نیروهای بخش خصوصی برای نگهداری از تجهیزات ابزار دقیق، باید نیرو یا نیروهای بخش خصوصی در شهر مرکزی استان مقیم باشند. یکی از معضلات و مشکلات فعلی در خصوص نگهداری تجهیزات، عدم ارائه به‌موقع خدمات پشتیبانی توسط شرکت‌های فروشنده تجهیزات است. یکی از دلایل اصلی آن عدم حضور نماینده شرکت فروشنده در محل ارائه خدمات است. لذا پیشنهاد می‌شود به‌صورت اکید در کلیه مشخصات فنی خرید تجهیزات ابزار دقیق جمله زیر قید شود: "به‌منظور نصب و ارائه به‌موقع خدمات گارانتی و پشتیبانی دستگاه‌ها، فروشنده موظف است حداکثر یک ماه پس از تاریخ اعلام برنده، نسبت به معرفی نماینده مقیم در شهر مرکزی استان و مورد تأیید کارفرما (به‌صورت کتبی) اقدام نماید".

۱۵-۳- دریافت اطلاعات تجهیزات ابزار دقیق از طریق

سیستم تله‌متری

پیشنهاد می‌شود قبل از خرید تجهیزات ابزار دقیق، سیستم تله‌متری شهر محل نصب تجهیزات بررسی و در صورت وجود سیستم تله‌متری از مدیر یا کارشناس تله‌متری در جلسه کمیته فنی دعوت به‌عمل آید. به‌نحوی که مشخصات فنی تجهیزات باید به‌گونه‌ای تهیه شود که پس از خرید، قابلیت اتصال به سیستم تله‌متری را داشته باشد و از خرید تجهیزات اضافی و موازی‌کاری اجتناب شود. شکل ۱ نمودار جریان مراحل فوق را نشان می‌دهد.

۴- هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات

همان‌گونه که اشاره شد تجهیزات ابزار دقیق تنها وسایل اندازه‌گیری و کنترل آب تولیدی، فشار شبکه‌های توزیع آب و تولیدکننده سایر اطلاعات مورد نیاز در کلیه شرکت‌های آب و فاضلاب در سراسر جهان هستند که نقش مهمی در اتخاذ تصمیمات مناسب کارشناسی و مدیریتی می‌توانند داشته باشند.

از طرف دیگر فقدان فرایند نگهداری و بهره‌برداری مناسب از تجهیزات باعث ایجاد مشکلات فراوان برای شرکت‌های آب و فاضلاب در بهره‌برداری و استفاده از این‌گونه تجهیزات و همچنین باعث وارد آمدن خسارات مالی قابل‌توجهی به شرکت‌های آب و فاضلاب شده‌اند. به‌عنوان نمونه هزینه تعمیرات تجهیزات ابزار دقیق در شرکت آب و فاضلاب شهری استان همدان در سال ۱۳۹۶، مبلغ ۱۷/۵۳۴/۹۴۴/۲۳۸ ریال و در ۱۰ ماهه اول سال

۱۳۹۷، مبلغ ۱۵/۳۸۹/۵۶۱/۹۵۸ ریال است. بنابراین در صورت رعایت دستورالعمل ارائه شده در این مقاله، علاوه بر در اختیار داشتن ابزار دقیق مناسب که نتیجه آن داشتن اطلاعات به‌موقع و دقیق است، می‌توان هزینه‌های تعمیر تجهیزات را به حداقل ممکن کاهش داد. در ادامه نمونه‌هایی از نصب نامناسب و کیفیت نامناسب تجهیزات ابزار دقیق در شکل‌های ۱ تا ۵ ارائه می‌شود.



شکل ۱- نمودار جریان راه‌کارهای عملی رفع مشکلات خرید، بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت‌های آب و فاضلاب



شکل ۲- عدم نصب صحیح کابل نمایشگر دستگاه فلومتر الکترومغناطیسی (فلومتر DMA ورودی شهرک فرهنگیان شهر همدان)



شکل ۲- ساخت منهول نامناسب فلومتر الکترومغناطیسی (منهول بدون دال است)



شکل ۳- کیفیت نامناسب سنسور و نحوه نامناسب نصب سنسور فلومتر الکترومغناطیسی



شکل ۴- نصب غیر ایمن و بدون محافظ کابل های ارتباطی تابلوی دستگاه کنترل گر فشار شکن و برق شهری



شکل ۵- عدم نگهداری مناسب از سنسور فلومتر الکترومغناطیسی

۴- هزینه های تعمیر و نگهداری تجهیزات

و دقیق است، می توان هزینه های تعمیر تجهیزات را به حداقل ممکن کاهش داد.

۵- نتیجه گیری

- اکثر تجهیزات ابزار دقیق خریداری شده و مورد استفاده در بیشتر شرکت های آب و فاضلاب به دلایل مختلف خراب بوده و عملاً بهره برداری از این تجهیزات امکان پذیر نیست. از دلایل اصلی آن وجود نقص در فرایند خرید، نصب و بهره برداری از تجهیزات، وجود قوانین محدودکننده و عدم استراتژی مناسب در شرکت های آب و فاضلاب است. لذا به منظور خرید و بهره برداری مناسب و قابل اطمینان از تجهیزات ابزار دقیق و جلوگیری از ضرر و زیان های مالی قابل توجه مربوط به عدم امکان بهره برداری از تجهیزات، ضروری است فرایند بهینه و کامل خرید، نصب، بهره برداری و نگهداری از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت های آب و فاضلاب شهری و روستایی ضمن رعایت قوانین مربوطه ایجاد و اجرا شود. در این مقاله با توجه به قوانین مربوطه و تجربیات به دست آمده در شرکت آب و فاضلاب شهری استان همدان که دارای نتایج مفید و قابل توجهی بوده، مشکلات و مناسب ترین

همان گونه که اشاره شد تجهیزات ابزار دقیق تنها وسایل اندازه گیری و کنترل آب تولیدی، فشار شبکه های توزیع آب و تولیدکننده سایر اطلاعات مورد نیاز در کلیه شرکت های آب و فاضلاب در سراسر جهان هستند که نقش مهمی در اتخاذ تصمیمات مناسب کارشناسی و مدیریتی می توانند داشته باشند. از طرف دیگر فقدان فرایند نگهداری و بهره برداری مناسب از تجهیزات باعث ایجاد مشکلات فراوان برای شرکت های آب و فاضلاب در بهره برداری و استفاده از این گونه تجهیزات و همچنین باعث وارد آمدن خسارات مالی قابل توجهی به شرکت های آب و فاضلاب شده اند. به عنوان نمونه هزینه تعمیرات تجهیزات ابزار دقیق در شرکت آب و فاضلاب شهری استان همدان در سال ۱۳۹۶، مبلغ ۱۷/۵۳۴/۹۴۴/۲۳۸ ریال و در ۱۰ ماهه اول سال ۱۳۹۷، مبلغ ۱۵/۳۸۹/۵۶۱/۹۵۸ ریال است. بنابراین در صورت رعایت دستورالعمل ارائه شده در این مقاله، علاوه بر در اختیار داشتن ابزار دقیق مناسب که نتیجه آن داشتن اطلاعات به موقع

راه کارهای رفع مشکلات برای خرید، بهره برداری مناسب و نگهداری از تجهیزات ابزار دقیق در شرکت های آب و فاضلاب ارائه شده است.

- برخی از تجهیزات ابزار دقیق پس از چند سال بهره برداری دقت خود را از دست داده و هرچند هنوز خراب نیستند اما دارای دقت مناسبی نبوده و به دلیل فرسودگی قطعات مکانیزم، اکثرا دارای دقت کافی نبوده و شرکت های آب و فاضلاب از این نظر زیان های بسیاری متحمل می شوند. از طرفی در اکثر شرکت های آب و فاضلاب به این موضوع کمتر توجه شده و بیشتر در خصوص تعویض تجهیزات ابزار دقیق خراب سرمایه گذاری می شود. لذا با توجه به این که تجهیزات ابزار دقیق تولیدکننده اطلاعات مورد نیاز تصمیم گیری بوده و از لحاظ درآمدی و هدررفت ظاهری دارای اهمیت بالایی برای شرکت های آب و فاضلاب هستند، بنابراین انجام بررسی ها و تحقیقات مربوطه در راستای انتخاب تجهیزات مناسب و مقاوم و ایجاد فرایند بررسی عملکرد و نگهداری تجهیزات برای شرکت های آب و فاضلاب مهم و ضروری است.

۶- مراجع

رضایی، م.، (۱۳۹۵)، "استفاده از سیستم قرائت از راه دور در مدیریت منابع آب"، سومین همایش ملی اندازه گیری جریان سیالات در صنایع نفت، گاز، پالایش، پتروشیمی و آب، تهران.

قرمزی، ن.، (۱۳۹۵)، "تاثیر سیستم های اندازه گیری بر مدیریت عرضه و تقاضا و توسعه پایدار"، سومین همایش ملی اندازه گیری جریان سیالات در صنایع نفت، گاز، پالایش، پتروشیمی و آب، تهران.

مبینی، ع.، (۱۳۸۵)، "برنامه ریزی استراتژیک آب بدون درآمد و شاخص های آن"، کارگاه دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران.



مهندس سیدزاده

مدیر دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و نظارت بر

کاهش هدررفت

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

*** لطفا مختصری از سوابق علمی و اجرایی خود را بیان کنید.**

- اینجانب علی سیدزاده متولد سال ۱۳۵۶ در شهرستان گناباد استان خراسان رضوی، دارای مدرک لیسانس مهندسی علمی کاربردی عمران ساختمان‌های آبی از دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور تهران) و فوق لیسانس مدیریت شهری از دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران هستم. در سال ۱۳۷۹ در شرکت مهندسين مشاور مشاوران تهران با سمت کارشناس عمران مشغول به کار شدم و در سال ۱۳۸۰ در شرکت آب و فاضلاب مشهد کار تخصصی خود را در صنعت آب و فاضلاب آغاز نمودم. در سال ۱۳۸۵ به شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور منتقل شده و تا سال ۱۳۹۲ به عنوان کارشناس در دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش هدررفت آب مشغول به کار بودم. از سال ۱۳۹۲ تاکنون نیز به عنوان مدیرکل دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و نظارت بر کاهش هدررفت آب در حال انجام وظیفه هستم. تمرکز کاری اینجانب در شرکت آب و فاضلاب بر مسائل مرتبط با شبکه‌های توزیع اعم از اصلاح و بازسازی، حوادث و اتفاقات، روش‌های کاهش آب بدون درآمد و مدیریت بهینه مصرف آب بوده است.

*** لطفا شرح وظایف و ساختار دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد را توضیح دهید.**

- اهم شرح وظایف عبارتند از

- نظارت بر تهیه و تدوین برنامه‌های مطالعاتی و عملیاتی کاهش آب بدون درآمد؛
- نظارت بر انتخاب و کارکرد پایلوت‌های مطالعاتی و عملیاتی آب بدون درآمد؛

- جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای برآورد آب بدون درآمد و تشکیل بانک اطلاعاتی آب بدون درآمد در سطح کشور؛
- بررسی، ارزیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات دوره‌ای شرکت‌های آب و فاضلاب و شناسایی نقاط قوت و ضعف و ارائه راه کارهای اصلاحی از طریق تهیه و تدوین شاخص‌های ارزیابی در بخش آب بدون درآمد؛
- مشارکت در تهیه، تدوین و به‌روزرسانی استانداردها و دستورالعمل‌های اجرایی کنترل و کاهش آب بدون درآمد؛
- نظارت بر اجرای آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ابلاغی در زمینه کنترل و کاهش آب بدون درآمد؛
- همکاری در زمینه تهیه و تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های مورد نیاز در زمینه انواع کنتورهای آب؛
- انجام مطالعات به‌منظور توسعه اصول، مفاهیم و زیرساخت‌های مورد نیاز برای کنترل و کاهش آب بدون درآمد؛
- تهیه و تدوین گزارشات تحلیلی در زمینه وضعیت آب بدون درآمد شرکت‌های آب و فاضلاب؛
- نظارت بر تهیه و تدوین نقشه‌های تراکم حوادث و اتفاقات و خطوط هم فشار؛
- همکاری در تهیه و تدوین و اجرای استانداردها و دستورالعمل‌های مورد نیاز در زمینه انواع لوله‌ها، اتصالات شبکه و انشعابات آب؛
- نظارت بر اجرای صحیح انشعابات آب و خرید کنتور مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های ابلاغی؛
- انجام مطالعات به‌منظور آسیب‌شناسی کاربرد انواع لوله‌ها در شبکه‌های توزیع و انشعابات آب به‌منظور جلوگیری از هدررفت آب و تهیه و ابلاغ دستورالعمل‌های لازم؛
- تهیه و تدوین شاخص‌ها و پارامترهای ارزیابی شرکت‌های آب و فاضلاب در زمینه کنترل و کاهش آب بدون درآمد؛
- برنامه ریزی جهت ارتقای سطح دانش علمی و تجربی مدیران و کارشناسان مرتبط با مبحث آب بدون درآمد در سطح شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی از طریق برگزاری کارگاه‌ها و کنفرانس‌های آموزشی و بازدیدهای تخصصی در داخل و خارج کشور؛
- برنامه‌ریزی و انجام مطالعات برای استفاده از ظرفیت‌های بخش خصوصی داخلی و خارجی برای سرمایه‌گذاری در زمینه کاهش آب بدون درآمد و نظارت بر پروژه‌های مرتبط در سطح کشور؛
- انجام بازدیدهای تخصصی از شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی و تهیه گزارش‌های لازم در زمینه کاهش آب بدون درآمد؛

- مشارکت در تهیه و تدوین برنامه‌های توسعه ملی در زمینه کاهش آب بدون درآمد؛
- تهیه و تدوین دستورالعمل‌های مرتبط با مدیریت مصرف آب و انجام مطالعات مرتبط؛
- همکاری و ارتباط با مجامع بین‌المللی در زمینه ارتقای سطح دانش آب بدون درآمد و انجام بازدیدهای علمی و تخصصی مرتبط.

* در چارت جدید سازمانی چه تغییراتی در حوزه کاری دفتر شما ایجاد می‌شود. به نظر شما نقاط ضعف و قوت این تغییرات چیست؟

- در چارت جدید که با هدف ادغام شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی تدوین شده، مقرر شده عنوان دفتر به دفتر بهره‌برداری، توسعه و نظارت بر کاهش هدررفت آب شبکه‌های توزیع تغییر یابد. یکی از مهم‌ترین نکات مثبت این چارت در اختیارگیری کلیه فعالیت‌های مرتبط با شبکه‌های توزیع اعم از اصلاح و بازسازی شبکه، واگذاری انشعاب آب، توسعه شبکه، نگهداری و تعمیرات و غیره، توسط دفاتر نظارت بر کاهش آب بدون درآمد است که باعث خواهد شد مدیران و کارشناسان دفاتر مذکور دارای قدرت عملیاتی بیشتری برای کاهش آب بدون درآمد بوده و صرفاً جنبه مطالعاتی و نظارتی نداشته باشند.

یکی از نکات ضعف چارت جدید نیز گستردگی فعالیت‌های مرتبط با شبکه توزیع و عدم تمرکز کامل بر مقوله آب بدون درآمد است که در صورت به‌کارگیری نیروی کارشناسی کافی و متناسب با وظایف، این مشکل قابل برطرف شدن است.

* لطفاً به‌طور خلاصه وضعیت آب درآمد در شبکه‌های توزیع آب کشور را بیان کنید.

- بر اساس آخرین جدول بالانس آب کشور در بخش شهری میزان آب بدون درآمد ۲۴/۹٪ است که ۱۲/۹٪ مربوط به هدررفت واقعی، ۱۰/۵٪ درصد هدررفت ظاهری و ۱/۵٪ درصد مربوط به مصارف مجاز بدون درآمد است. این میزان آب بدون درآمد معادل حجمی حدوداً ۱/۵ میلیارد مترمکعب در سال است.

* لطفاً برنامه‌های خود در جهت مدیریت مصرف و بهره‌وری آب و آبفا را بیان فرمایید.

- مهم‌ترین برنامه نظارت بر فعالیت شرکت‌های آب و فاضلاب در زمینه کاهش آب بدون درآمد و مدیریت مصرف و تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های لازم در این رابطه است. متناسب با این هدف کلیه اقدامات مرتبط از قبیل اخذ اعتبارات ملی، برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی، تشکیل کارگروه‌های استانی، بازدید از فعالیت‌های میدانی در شرکت‌های آب و

فاضلاب، رایزنی با مقامات بالادستی و سایر فعالیت‌ها جزء برنامه‌های مدنظر است.

* چالش‌های موجود برای کاهش آب درآمد در شهرهای مختلف کشور چیست؟

- اولین گام در جهت کاهش آب بدون درآمد شناخت اجزای آب بدون درآمد است. در همین رابطه یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها، موضوع تجهیزات اندازه‌گیری (کنتور) و مسائل مرتبط با آن است. در شرکت‌های آب و فاضلاب به‌دلیل کمبود منابع مالی کافی هنوز تعداد زیادی از منابع تولید و ورودی‌های شبکه‌های توزیع فاقد کنتور یا دارای کنتور خراب هستند که اندازه‌گیری میزان آب بدون درآمد را با خطا مواجه می‌کند. بدیهی است در صورت عدم شناخت کامل از وضعیت آب بدون درآمد و اجزای آن، راه‌کارها و اقدامات عملیاتی نیز به انحراف خواهد رفت. افزایش قیمت تجهیزات اندازه‌گیری نیز در سال‌های اخیر اعم از کنتورهای خانگی و فلومترها مزید بر علت شده است و شرکت‌های آب و فاضلاب را با مشکل جدی مواجه نموده است. این درحالی است که به‌دلیل گران شدن مواد اولیه که در ساخت کنتور به‌کار می‌رود و قطعات وارداتی و به طبع آن، کاهش توان خرید شرکت‌های آب و فاضلاب و بدهی‌های انباشته آن‌ها به تولیدکنندگان داخلی، تولیدکنندگان نیز با مشکلات بزرگی مواجه شده‌اند.

از دیگر چالش‌ها می‌توان به مواردی همچون کمبود اعتبار برای انجام فعالیت‌های مرتبط، اعم از اصلاح و بازسازی شبکه‌های فرسوده، مدیریت فشار، نشت‌یابی و رفع نشت، طراحی و اجرای مناطق ایزوله (DMA)، عدم وجود زیرساخت‌های تله‌متری و کنترل در تمامی شهرها، توسعه ناموزون و غیراصولی شبکه‌های توزیع، روش‌های قرائت سنتی کنتورها و عدم اعتقاد کامل مدیران شهرها به مقوله آب بدون درآمد به‌عنوان یک راه‌کار اساسی در جهت افزایش بهره‌وری اشاره نمود.

* آیا به وجود بحران یا ورشکستگی آبی در کشور اعتقاد دارید؟ اگر بلی مهم‌ترین اولویت‌های شما در جهت کاهش این بحران چیست؟

- این واقعیت را باید بپذیریم که شرکت‌های آب و فاضلاب بنگاه‌های اقتصادی هستند که برای گردش چرخه حیات خود مانند هر بنگاه اقتصادی دیگر نیاز دارند هزینه‌های مرتبط با کالای تولیدی را از مشتریان دریافت نمایند. این در حالی است که در ایران به‌دلیل تخصیص یارانه به آب، قیمت فروش بسیار پایین‌تر از قیمت تمام شده است و شرکت‌های آب و فاضلاب زیر چتر حمایتی دولت قادر به ادامه فعالیت خود هستند. از این منظر این شرکت‌ها ضرر ده بوده که با اصول مالی یک بنگاه اقتصادی پویا تطبیق ندارند. در همین رابطه کاهش آب بدون درآمد نه تنها

باعث ذخیر منابع ارزشمند آبی می‌شود بلکه به بهبود چرخه مالی شرکت‌های نیز بسیار کمک می‌کند.

*** به‌نظر شما چرا در نزد سیاست‌گزاران و مدیران کشور و وزارت نیرو هنوز راه‌کارهای غیرسازه‌ای مانند مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد جایگاه لازم را ندارد؟**

- عدم آشنایی با مقوله کاهش آب بدون درآمد و مزایای آن و اثرات پنهان و دراز مدت کاهش آب بدون درآمد که برای مدیران در مدت زمان کوتاه مدیریتی قابل لمس نیست یکی از بزرگترین دلایل عدم توجه کافی به این مقوله است.

*** چرا بخشی از مردم به فعالیت‌های مسئولان حکومتی از جمله وزارت نیرو اعتماد لازم را ندارند و در برنامه‌ریزی‌های آن مشارکت فعال ندارند؟ به‌طور مثال در کاهش مصرف انگیزه لازم را نداشته و علی‌رغم هشدارهای مسئولین در مصرف آب تغییرات مورد انتظار اتفاق نمی‌افتد؟**

- این موضوع دلایل متعددی از قبیل شرایط اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و ... دارد که نیازمند فعالیت گسترده آموزشی و تبلیغاتی در دراز مدت برای کسب اعتماد مردم و تغییر در دانش، تغییر در نگرش، تغییر در رفتار فردی و در نهایت تغییر در رفتار گروهی مردم است.

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

- در هر حال در هر کشوری انجمن‌های علمی می‌تواند کمک مناسبی در جهت ارتقای سطح علمی و گسترش ارتباطات داخلی و بین‌المللی بین صنعت، دانشگاه و سایر حوزه‌های مرتبط داشته باشد که در ایران نیز انجمن آب و فاضلاب می‌تواند این نقش را ایفا کند

*** نحوه ارتباط دفاتر ستادی و استانی آب بدون درآمد در شرکت‌های آبفا با انجمن آب و فاضلاب ایران چگونه است و دو طرف چه کمکی می‌توانند به هم بکنند؟**

- در حال حاضر ارتباط با انجمن فقط به برگزاری همایش‌ها خلاصه شده که به‌نظر اینجانب باید فراتر از صرفاً برگزاری همایش باشد. به‌عنوان مثال برگزاری کارگاه‌های آموزشی توسط انجمن، برگزاری دوره‌های آموزشی خارج از کشور، تدوین و به‌روز رسانی استانداردها و دستورالعمل‌های مرتبط می‌تواند از سایر جنبه‌های همکاری باشد.

*** وقتی ارگان‌های مرتبط مثل انجمن‌های علمی وجود دارند به‌چه دلیل هنوز دستگاه‌های دولتی کماکان به‌طور**

مستقیم در برگزاری همایش‌ها، نمایشگاه‌ها، دوره‌های آموزشی و انتشار کتاب و مجلات درگیر می‌شوند؟

- عدم آشنایی کامل به انجمن و فعالیت‌های آن و بعضاً همایش‌های داخلی که عموماً مجانی برگزار می‌شود می‌تواند از اهم دلایل باشد.

*** چه مقدار از تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان در دفتر شما از طریق مشارکت اتاق‌های فکر با حضور دانشگاهیان و خبرگان صنعت و انجمن‌های علمی انجام می‌شود؟**

- در شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاکنون کمیته‌های متعددی با عنوان اتاق‌های فکر و با حضور اساتید دانشگاه تشکیل شده است که از نظرات اساتید و دانشگاهیان در زمینه‌های تئوری حتی‌الامکان استفاده شده است. دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش هدررفت آب نیز با برگزاری همایش مشترک با انجمن در دانشگاه شهید بهشتی، تشکیل کمیته مشورتی مدیریت مصرف در سال‌های گذشته و موارد مشابه دیگری سعی در استفاده از نظرات دانشگاهیان نموده است. ولی به‌دلیل فاصله زیاد بین مسائل صرفاً تئوری و مسائل عملیاتی، این همکاری‌ها خیلی پرتنگ نبوده است که باید در آینده ساز و کار مناسب‌تری برای بازدهی آن طراحی شود.

*** دفتر مدیریت مصرف شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور چه ارتباط ارگانیک با دانشگاه‌ها داشته است؟ چقدر توانسته برای دانشگاه مسئله تعریف کند و چقدر از تحقیقات دانشگاهی را برای رفع مشکلات خود به‌کار گرفته است؟ چقدر دفتر شما توانسته داده‌های مورد نیاز طرح‌های تحقیقاتی دانشگاهی را تامین کند؟ لطفاً همه موارد به‌صورت کمی بیان شود.**

- بیشترین مورد مرتبط استفاده از نشریات و مجلات منتشر شده توسط اساتید دانشگاه از جمله نشریه ۵۵۶ و ۱۱۷-۳ و برگزاری همایش مشترک بوده است. ارتباط ارگانیک مطرح شده در سوال بسیار کلی بوده و ارتباط با سیاست‌های کلی بخش آموزش شرکت دارد و نه تنها یک دفتر تخصصی. در این رابطه مناسب است در سطح کلان‌تر توافقاتی با مقامات شرکت انجام گرفته تا تمامی دفاتر از آن پیروی نمایند. در غیر این‌صورت موانع متعددی در این رابطه وجود دارد.

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

- به نظر اینجانب این چالش‌ها را به‌شرح زیر می‌توان برشمرد:
▪ فاصله زیاد بین قیمت تمام شده و قیمت فروش آب؛

برخوردار نباشند یقیناً شناخت و به‌طبیع آن اقدام عملیاتی را به انحراف خواهد برد و باعث هدر دادن منابع ارزشمند مالی و آبی خواهد شد. در بازار ایران نیز طبق نظرسنجی‌های انجام شده برخی از تولیدات داخلی به‌دلیل عدم وجود یک فضای رقابتی با محصولات مرغوب بین‌المللی دارای کیفیت مناسبی نیست که لازم است در این رابطه تمهیدات مناسبی توسط دولت اندیشیده شود.

- عدم اختیارات کامل توسط شرکت‌های آب و فاضلاب به‌عنوان بنگاه‌های اقتصادی؛
- کمبود اعتبارات طرح‌های عمرانی؛
- حجم بالای مشکلات ناشی از استهلاک و فرسودگی تاسیسات و عدم توان مالی کافی شرکت‌ها برای رفع آن؛
- عدم مشارکت سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در صنعت آب و فاضلاب به‌دلیل چالش‌های اقتصادی و شفاف نبودن مسائل مالی؛
- عدم توجه کافی به مدیریت تقاضا و صرفاً تمرکز بر مدیریت تامین آب؛
- گسترش شبکه‌های توزیع آب بدون در نظر گرفتن قابلیت تامین آب و در حقیقت عدم وجود و اجرای یک سند آمایش سرزمین آب محور در سطح کلان.

*** با توجه به عدم دسترسی به منابع مالی زیاد مورد نیاز برای کاهش آب بدون درآمد از سطح فعلی، برنامه شما برای ادامه روند کاهشی آب بدون درآمد چیست؟**

- حتی‌الامکان هدایت منابع مالی موجود به‌سمت فعالیت‌هایی با اثربخشی بیشتر به‌منظور حفظ وضعیت موجود و آموزش کارشناسان و مدیران متخصص برای آشنایی کامل با مقوله آب بدون درآمد، نظارت دقیق بر فعالیت‌های اجرایی در استان‌ها، برگزاری کارگاه‌های منطقه‌ای برای به اشتراک گذاشتن تجربیات و انتقال آن، جلوگیری از انجام فعالیت‌های بسیار پرهزینه در صورت عدم نیاز به آن، از جمله اصلاح و بازسازی و جایگزین نمودن روش‌های تاثیرگذار کم هزینه به‌جای آن از قبیل مدیریت فشار آب.

*** به‌نظر شما به چه دلیل استفاده از ابزار کاهنده مصرف در بین مردم و ارکانهای دولتی و عمومی همه‌گیر نشده است؟**

- قیمت پایین آب در مقایسه با تجهیزات کاهنده مصرف آب و ارزش غیر واقعی آب که مشترک را به استفاده از این تجهیزات ترغیب نمی‌کند، عدم اطلاع‌رسانی کافی در زمینه محدودیت منابع آب در کشور و عدم وجود یک فرهنگ بهینه مصرف در جامعه.

*** نظر شما در رابطه با کیفیت ابزار اندازه‌گیری و ابزار کاهش مصرف موجود در بازار چیست؟ آیا کیفیت پایین برخی تولیدات در برنامه‌های کاهش آب بدون درآمد تاثیر منفی ندارد؟**

- بله همان‌طوری که قبلاً نیز اشاره شد مهم‌ترین و اولین گام در کاهش آب بدون درآمد شناخت دقیق و واقعی از وضعیت موجود است که در صورتی که تجهیزات اندازه‌گیری از کیفیت مناسبی



دستاوردها و چالش‌های استفاده از آب‌های نامتعارف (دانشگاه صنعتی اصفهان - ۲۳ آبان ۱۳۹۷)

اعضای میزگرد:

- مهندس اکبری (مدیر بخش انرژی و سیالات فولاد مبارکه)
- دکتر تائبی (استاد بازنشسته دانشگاه صنعتی اصفهان)
- دکتر صرافزاده (دانشیار دانشکده فنی دانشگاه تهران و رئیس کرسی یونسکو در بازیافت آب)
- دکتر صفوی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان و مدیر جلسه)
- مهندس قبادیان (معاون برنامه‌ریزی و منابع انسانی شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان)



دکتر صفوی:

ضمن عرض سلام خدمت اعضای میزگرد و حضار محترم، برنامه این میزگرد را با عنوان دستاوردها و چالش‌های استفاده از آب‌های نامتعارف به شرح زیر برگزار می‌کنیم. ابتدا اعضای محترم میزگرد نظرات خود را در رابطه با موضوع بیان می‌کنند. سپس حضار محترم دیدگاه‌ها و سوالات خود را مطرح کرده و در پایان نیز اعضای محترم میزگرد به موارد طرح شده پاسخ خواهند داد.

مهندس قبادیان:

استان اصفهان و به‌نوعی شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان ۹۲ شهر تحت پوشش فاضلاب دارد که از جمعیت چهار میلیون و ۵۰۰ هزار نفری که تحت پوشش شبکه آب هستند، ۳ میلیون آن‌ها تحت پوشش شبکه فاضلاب هستند یعنی در استان اصفهان ۷۲٪ تحت پوشش تاسیسات و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هستند که این در مقایسه با سطح کل کشور که ۴۹٪ است در سطح میانگین بالاتری قرار دارد. دلیل آن این است که در شهر ما قبل از انقلاب تاسیساتی احداث شد و بعد از انقلاب نیز توسعه یافت. ما طول شبکه‌های فاضلابمان در حدود ۸۰۰۰ کیلومتر است و ظرفیت موجود در مدار بهره‌برداری ما که در ۲۵ تصفیه‌خانه موجود انجام می‌شود در حال حاضر با توجه به سیاست‌های مدیریت و کاهش مصرف توسط مردم و مشترکین حدود ۱۶۳ میلیون مترمکعب است. ناگفته نماند که ظرفیت ما در گذشته

اندکی بیشتر بود و حدود ۱۷۰ تا ۱۷۵ میلیون مترمکعب هر سال ما پساب تولیدی در تصفیه‌خانه‌ها داشتیم. با بحث‌های مدیریتی که در استان هست به ۱۶۳ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافت. پیش‌بینی ما این است که در سال آینده و در افق طرح به مقدار ۲۰۸ میلیون مترمکعب در سال افزایش پیدا کند. در مورد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌دانید که توسط شرکت آب منطقه‌ای تخصیص پیدا می‌کند. بخشی از تاسیساتی که وجود ندارد و قرار است انجام بشود با توجه به سیاست‌های دولت از طریق واگذاری به بخش‌های خصوصی انجام می‌شود. ۱۶۳ میلیون مترمکعب پسابی که در اختیار شرکت آب و فاضلاب قرار دارد ۵۰٪ آن تخصیص پیدا کرده است. این ۵۰٪ در دو بخش، نیمی از آن در بخش صنعت و نیمه دیگر در بخش کشاورزی و فضاهای سبز شهرداری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در استان اصفهان ما در بخش صنعتی، فولاد مبارکه و ذوب‌آهن و نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها را داشتیم و در بخش کشاورزی و فضای سبز آبیاری غیرمثمر فضاهای سبز شهرهای شاهین شهر، فولاد شهر و برخی دیگر از شهرهای استان را داریم. این تخصیص شامل بخشی است که توسط آب منطقه‌ای انجام شده و توسط شرکت آب و فاضلابی که در بهره‌برداری قرار داشته انجام شده است. با توجه به سیاست‌های دولت و بودجه انقباضی دولت طبیعتاً در اکثر شهرها ساخت شبکه‌های فاضلاب و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و تکمیل آن‌ها سال‌ها طول خواهد کشید. با اعتبارات قطره‌چکانی

دولت طبیعتاً نمی‌توانیم سریع‌تر به خواسته مردم و استفاده از این ظرفیت که می‌تواند در راستای مدیریت منابع آب استفاده شود، با توجه به این‌که پساب‌ها جزو آب‌های شیرین و مستمر و پایدار هستند روی آوریم.

با توجه به الزامات قانونی و الزامات بخش پنجم و ششم توسعه به سمت استفاده از بخش خصوصی و استفاده از ظرفیت سرمایه‌گذاری رفتیم. ما با قراردادهایی که در طول سال‌های گذشته بستیم با استفاده از این مدیریت قرار است که ۱۴۰۲ کیلومتر شبکه فاضلاب را اجرا کنیم. ۵۱۲ هزار نفر جمعیت دیگر استان را تحت پوشش قرار بدهیم که ۸۶۵ میلیارد تومان بخش سرمایه‌گذاری‌های قراردادهایی است که منعقد شده است. کل اعتباراتی که قرار بوده به استان اصفهان در سال گذشته تخصیص پیدا بکند شهرهایی که عملیات عمرانی اجرای فاضلاب در آن‌ها در حال انجام است ۱۱۰ میلیارد تومان است. اگر بخواهیم از بودجه‌های دولت استفاده کنیم بسیاری از دوره‌های طراحی ما به ۲۰-۳۰ سال افزایش پیدا می‌کند. با توجه به این ظرفیت سرمایه‌گذاری، زودتر می‌توانیم به این خواسته برسیم. همان‌طور که با سرمایه‌گذاری که فولاد مبارکه انجام داد ما توانستیم در ۱۱ شهر منطقه‌های لنجان و مبارکه برخورداری خود را تقریباً به ۱۰۰٪ برسانیم.

پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب بابت کاربری‌های خاصی تعریف شده و وقتی در صنعت و جاهای دیگر می‌خواهد استفاده بشود به تصفیه تکمیلی نیاز دارد تا بتواند استانداردهای لازم را بر اساس آن ارضا کند. خلاصه کلام این است که طبق الزامات ما باید از ظرفیت پساب موجود در اختیار که بخش اعظم آن تخصیص پیدا کرده، بخش دیگر آن نیاز به سیاست‌گذاری نه فقط در بخش آب و فاضلاب دارد بلکه به بخش‌های آب منطقه‌ای از جمله وزارت نیرو مرتبط می‌شود. به‌خصوص آن‌که در دو تصفیه‌خانه بزرگ ما که جزو دو تصفیه‌خانه بزرگ کشور است، ۳ مترمکعب بر ثانیه پساب داریم که آن کاربری‌ها و استفاده‌های خاص خودش را دارد و نیاز دارد که برای این دو هم در منابع برنامه‌ای بگذاریم. ما از ظرفیت موجودمان و ظرفیتی که با استفاده از سرمایه‌گذاری می‌خواهیم در آینده انجام بدهیم در حال برنامه‌ریزی هستیم که بتوانیم سطح برخورداری‌مان را افزایش دهیم. جا دارد از بخش‌های مختلفی که با توجه به تنش آبی در استان اصفهان پیش‌قدم شدند و آمدند که سرمایه‌گذاری بکنند تقدیر و تشکر کنیم.

در این‌جا یک پازل چندوجهی شکل می‌گیرد. شرکت آب و فاضلاب می‌تواند با استفاده از منابع مالی به اجرای شبکه‌های- فاضلاب و تاسیسات فاضلاب سرعت ببخشد و هم این‌که آن بخش متقاضی می‌تواند از این پساب در راستای مدیریت مصارف و منابع استفاده کند. آخر این‌که بسیاری از این کاربری‌ها تحت تاثیر رودخانه زاینده‌رود هستند. طبیعتاً سر و سامان دادن به بخش

پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌تواند بارگذاری بر روی زاینده رود را کاهش دهد.

دکتر صراف زاده:

اشتباه نشود که من دارم می‌گویم ما هرچقدر می‌توانیم باید فاضلاب تولید کنیم چون فاضلاب چیز خوبی است. خیر فاضلاب چیز خوبی نیست و با فرض آن‌که قبلاً آن استراتژی 3R (Reduce- Reuse Recovery) یعنی ما از ابتدا فرض کردیم که می‌توانیم مصرف آب را کم کنیم. زیرا اگر منظور تولید فاضلاب بیشتر باشد یعنی مصرف آب بیشتر خواهد بود. ما فرض‌مان این است که در این فرصت‌ها تمام تلاشمان را انجام دادیم و کاهش مصرف را انجام داده‌ایم. اما بعد از همه این‌ها یک فاضلابی شکل گرفته است. این فاضلاب را یک چالش بینیم یا که فرصت‌های زیادی در دل این فاضلاب وجود دارد که می‌توان از آن بهره برد. در سطح دنیا رویکرد به طرف بازیافت منابع رفته است. یعنی بر مبنای اعلامی که سازمان ملل کرده است اگر بخواهیم با همین کیفیت زندگی با توجه به منابعی که در اختیار داریم این به‌جای یک کره زمین ۱/۷ کره زمین را نیاز داریم.

در حال حاضر دیگر فاضلاب را به‌عنوان یک چالش نگاه نمی‌کنند و به‌آن به‌عنوان یک منبع انرژی، آب و مواد معدنی مغذی نگاه می‌کنند. جالب است که در بعضی از کشورها فاضلاب را به‌عنوان یک منبع فسفر می‌شناسند. علاوه بر تصفیه فاضلاب از آن فسفر به دست می‌آورند به جای آن که فسفر را از منابع معدنی که غلظت آنها نیز بسیار کم است به دست آورند آن را از فاضلاب به دست می‌آورند. برخی از کشورها از جمله آمریکا نه تنها برای فاضلاب از شما هزینه‌ای نمی‌گیرند بلکه به‌ازای حجمی از فاضلاب که هر خانوار تحویل آن‌ها می‌دهد بخشی از مالیات‌شان را کسر می‌کند. در واقع به‌عنوان این‌که آن شهروند دارد فاضلابش را می‌فروشد دلیل آن این است که به فاضلاب نگاه انرژی دارند و از آن انرژی تولید می‌کنند. اما آب آن از همه مهم‌تر است.

تا قبل از این دیدگاه ما این بود که فاضلاب را که در یک فرایندی تشکیل شده است را تصفیه کنیم، به حد استاندارد برسانیم و سپس در محیط‌زیست تخلیه کنیم. الان رویکرد باید این باشد که ما تا حدی تسویه کنیم که این فاضلاب قابل استفاده مجدد و بازیافت باشد. می‌توانیم با اتکا به پدیده‌های طبیعی که در طبیعت وجود دارد انجام بدهیم. چرخه آب طبیعی را در نظر بگیرید همان مقدار آبی که در میلیون‌ها سال در کره زمین بوده است الان هم وجود دارد و مشکلاتی که امروزه هست مربوط به دوره زمانی است که باید آن ریکاوری انجام شود و منابع دوباره تصفیه شوند. در این دوره ریکاوری ما حجم آلاینده‌هایی را که اضافه کردیم به منابع آبی، گاهی اوقات بیش از ظرفیت طبیعی است که کره خاکی ما دارد.

رویکرد ما باید این باشد که فاضلابی را که شکل گرفته بازچرخانی محلی بکنیم. در این بازچرخانی محلی موقعیت‌های خوبی وجود دارد که ما می‌توانیم به راحتی این آب را بسته به نیاز و مصرفی که وجود دارد تا حدی که برای آن کاربرد مناسب خواهد بود تصفیه کنیم و مورد استفاده قرار بدهیم. گاهی اوقات این فرصت‌ها به اندازه فرصت‌های ساده و جالبی هستند که شما می‌توانید در یک مثلاً کاربرد خانگی آب خیلی با کیفیتی را که الان تخلیه می‌شود به سینک ظرفشویی و به عنوان فاضلاب دفع می‌شود، شما می‌توانید این آب را در خیلی استفاده‌های مناسب‌تری به کار ببرید. مثلاً دستگاه تصفیه آبی که تحت عنوان دستگاه تصفیه زیرسینکی در خیلی از شهرها با توجه به افت کیفیت آب شهری خیلی از مردم از آن استفاده می‌کنند، مثلاً در تهران بالای ۳۰٪ خانوارها از آن استفاده می‌کنند، این دستگاه زیرسینکی یک انشعابی دارد که مستقیم وصل می‌شود به سینک ظرفشویی، بخشی از پساب تصفیه آب خانگی را به فاضلاب تخلیه می‌کند، اما کیفیت این آب از یک منظر بهتر از کیفیت خود آب شهری است. دلیل آن که این اتفاق در مرحله‌ای صورت می‌گیرد که دستگاه تصفیه آب خانگی سه مرحله فیلتراسیون رویش انجام شده است و در آن مرحله فیلتراسیون ۴ است که آن تخلیه صورت می‌گیرد. به ازای هریک لیوان آب تصفیه شده که شما از شیر این دستگاه تصفیه آب خانگی می‌گیرید ۵ لیوان آب تخلیه می‌شود در فاضلاب. شما می‌توانید از این آبی که تخلیه می‌شود در فاضلاب در کاربردهای دیگر و جاهای دیگر استفاده کنید.

گاهی اوقات بحث بازیافت آب و فرصت‌هایی که در اختیار شما قرار می‌گیرد به همین سادگی است. یعنی شما نیازی نیست که تصفیه‌ای روی آن انجام دهید. آبی است که شکل گرفته در پروسه استفاده و این را ما تخلیه می‌کنیم به فاضلاب. همان‌طور که ما در بحث زباله‌های جامد می‌گوییم که جداسازی زباله از مبدأ صورت بگیرد اما ما باید در بحث آب هم نگرش اقلیدوسی که آب را فقط سفید و سیاه ببینیم تغییر دهیم. یعنی آب را صفر و یکی نبینیم بلکه نگرش فازی داشته باشیم و آب را به صورت آب خاکستری با کیفیت‌های مختلف ببینیم و تعیین کنیم که برای هر کیفیت چه مصرفی مناسب خواهد بود.

دکتر تائبی:

بازیافت آب یعنی طراحی تصفیه‌خانه به گونه‌ای که پساب آن به صورت هدفمند استفاده شود این آب بازیافتی یا وارد آب‌های پذیرنده می‌شود (آب‌های پذیرنده شامل آب‌های درون خشکی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، آب‌های زیرزمینی، یا آب‌های خارج خشکی مانند اقیانوس‌ها و دریاها می‌شود) و یا به مصرف می‌رسد. حال چه مصارفی می‌توانیم از آن داشته باشیم؟ مهم‌ترین مصرف

آن کشاورزی است، یا مصرف در صنعت، یا برای امور تفریحی. مشکلی که الان در صنعت وجود دارد این است که اولاً تصفیه‌خانه‌های ما هدفمند طراحی نشده‌اند. حال می‌گوییم تصفیه‌خانه‌ها طراحی شده‌اند و می‌خواهیم یک هدف را برای آن طراحی کنیم، با توجه به بحران آب کشور. پس یا باید تصفیه‌خانه‌ها را اصلاح کرده یا تصفیه تکمیلی برای آن بگذاریم. بر مبنای یک استاندارد ما می‌توانیم بگوییم که تصفیه‌خانه باید اصلاح شود، یا نیاز به تصفیه تکمیلی دارد. یک استاندارد باید باشد که به ما بگوید این پساب برای کشاورزی یا صنعت یا آب زیرزمینی مناسب است یا نه.

من به استانداردها مراجعه کردم و دیدم که ما یک استاندارد آب آشامیدنی داریم که در ابتدا وزارت نیرو و سازمان مدیریت برنامه ریزی در سال ۱۳۷۱ منتشر کرد و خوشبختانه در سال ۱۳۸۷ سازمان تحقیقات صنعتی آن را جزو استانداردها قرار داد. این یک استاندارد است که با توجه به به هنگام شدن آن زیاد هم قدیمی نیست. در مورد پساب فقط یک جدولی وجود دارد که سازمان حفاظت از محیط زیست داده و اسم آن استاندارد خروجی فاضلاب‌ها است. این جدول بر مبنای ماده ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب است. در مجموعه قوانین سازمان حفاظت محیط زیست وجود دارد که در خود سایت آن‌ها هست و می‌توانید مراجعه کنید. جدول دارای چهار ستون است که ستون اول یک سری پارامترهای مختلف کیفیت آب است. ستون دوم پساب فاضلاب برای ریخته شدن در آب‌های سطحی و ستون بعدی برای تزریق در آب زیرزمینی و سپس ستون بعدی برای استفاده در کشاورزی است. اما الان در واقع یک چیز خام و ابتدایی است. مثلاً برای کشاورزی یک جدول داده است، در صورتی که شما وقتی مراجعه می‌کنید نوع محصول مهم‌ترین پارامتر در تعیین این استاندارد است. اگر محصول غیرخوراکی دارید تا محصول خوراکی که به صورت خام مصرف می‌شود، استاندارد می‌شود که می‌خواهد قطعا متفاوت است. پس همین‌جا متوجه می‌شویم که یک مشکلی در کار است. مثلاً شما می‌خواهید این را تزریق کنید در آب‌های زیرزمینی یا در آب‌های پذیرنده بریزید یا در آب‌های سطحی تخلیه کنید.

مهم‌ترین عاملی که در استاندارد باید از آن اطاعت شود نوع کاربری آب است. مثلاً یک آب زیرزمینی قرار است برای کشاورزی مصرف شود یا آب آشامیدنی. بنابراین دو نوع استاندارد برای آن لازم است. مثلاً آبی که قرار است آب آشامیدنی شود استاندارد سختگیرانه‌تری نسبت به آب کشاورزی نیاز دارد. این مشکلات در کشور وجود دارد و این الزامات در استانداردها باید برطرف شود.

دکتر مجتبی فاضلی:

بحث اساسی ما در واقع آلودگی‌هایی است که ما آن‌ها را به عنوان

آلودگی طبیعی در نظر می‌گیریم در آب‌های غیر متعارف. همین آب‌های شور و لب‌شور و بحث فلزات سنگین را ما در خیلی از استان‌ها داریم و همچنین بحث نیترات که نیترات‌های معدنی ممکن است وجود داشته باشد. بحث‌های دیگری نیز هست، مثلاً آلودگی‌های خاکی و غیرخاکی که منشأ آن می‌تواند باشد. بحث دوم من این است که کیفیت و کمیت آب اگر پایدار نباشد استفاده از آن بسیار مشکل است. آبی که دارای کیفیت بدی است اما پایدار است، مثلاً آب آرسنیک‌دار. در استان کرمان آب را تصفیه و استفاده کردن از آن خیلی راحت‌تر از آبی است که کیفیت بهتر دارد، اما متغیر است. از سوی دیگر مشکل ما این است که بیشتر آب‌های شور و لب‌شور ما که به‌عنوان آب نامتعارف به آن‌ها نگاه می‌کنیم و در مناطق مرکزی و در واقع در فلات مرکزی ما قرار گرفته است، جایی که کمبود آب شدید داریم. الان هم بیشتر از ۸۰٪ این آب‌ها دارد استفاده می‌شود. یعنی الان هم ظرفیت توسعه این آب‌ها اگر بخواهیم استفاده کنیم بیشتر از ۱/۸ میلیارد مترمکعب در سال نیست. در واقع این سوال پیش می‌آید که اگر من ۱۰۰ لیتر آب لب‌شور داشته باشم خوب است یا ۶۰ لیتر آب شیرین به‌علاوه ۴۰ لیتر آب دور ریز؟؟ در مناطق مرکزی این قابل تفکر است و باید روی آن فکر کرد.

بحث بعدی ما این است که آب‌هایی که ما برداشت و استفاده می‌کنیم نهایتاً باید به منبع برگردد. بیشتر آب‌های نامتعارفی که استفاده می‌کنید پساب که شد به‌آن می‌گویند یک منبع جدید است و ما نباید چنین دیدگاهی نسبت به آن داشته باشیم. یعنی منبع آبی که از آن آب برداشتم باید بیانش را جبران کنم و بیانش حفظ شود، وگرنه دیگر آن منبع برای آیندگان آب نخواهد بود. نکته دیگر این است که در کشور ما اولویت را گذاشته‌اند بر آب شرب. مثلاً می‌گویند انتقال میان حوضه‌ای زمانی توجیه دارد که برای آب شرب باشد. به‌نام آب شرب می‌آید و در مصارف دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. من باید استقرار جمعیت و استقرار منابع آب را به‌گونه‌ای تنظیم کنم که با منابع طبیعی آن‌جا هم‌خوانی داشته باشد. این منابع شکننده آب‌های غیرمتعارف که حالا به‌صورت آب‌های شور و لب‌شور و... مطرح می‌شود. علاوه بر منابع شکننده آب‌های تجدیدپذیر اتفاقاً شیرین که در مناطق مرکزی وجود دارد کاری نکنیم که مجبور شویم مثلاً از صدها کیلومتر آن‌طرف‌تر آب بیاوریم. سپس مشکلات بعدی، اضافه شدن جمعیت و باز آب زیادتر خواستن را در پی داشته باشد.

بحث بعدی من این است که وقتی من آب لب‌شور استفاده می‌کنم زمانی که به فاضلاب تبدیل می‌شود شورتر می‌شود و این می‌آید منابع آب و خاک را از بین می‌برد. بنابراین استفاده از آب‌های نامتعارف خودش نیاز به تفکر شدید دارد. باید حتماً با یک سلیقه خاصی از آن استفاده شود. بحث نیترات و فلزات سنگین است که در آب‌های این‌چنینی تداخل دارد با آلاینده‌های

دیگر که بعضی از آن‌ها برای بدن لازم است مثل کلسیم و منیزیم. وقتی فرآیندهای حذف نیترات از آب را می‌بینیم، متوجه می‌شویم که بیشتر از همه کلسیم و منیزیم و آب را از بین می‌برد و سپس به‌سراغ نیترات می‌آید. نتیجه این آبی که تهیه می‌شود در واقع بدون کیفیت است و خاصیت تغذیه‌ای و خاصیت مغذی بودنش را از دست داده است.

بحث بعدی ما درباره تصفیه خانگی بود که دکتر فرمودند و به‌نظر من نوع کاری که ما استفاده می‌کنیم کار جالبی نیست و درصد بالایی از آبی را که ما به‌زحمت تهیه کردیم دوباره به فاضلاب می‌فرستد. مقدار آن هم این‌قدر نیست که صاحب‌خانه بیاید و این آب را بردارد و استفاده دیگری از آن بکند. استفاده از آب منابع در این نیز وجود دارد، که حالا آب دریا را صحبت کردند در مناطقی مانند سیستان و بلوچستان که روستاهایی که در نزدیکی ساحل هستند در ۱۰ کیلومتری ساحل، با تانکر به آن‌ها آب داده می‌شود. درحالی‌که می‌توانند با تولید پراکنده از آب دریا استفاده بکنند. آب‌هایی داریم به‌نام آب‌های مناطق عمیق دریایی که اختلاف دمای زیادی با آب‌های سطحی دارند و دمای آن در حدود ۸ یا ۹ درجه است. از این آب می‌توان برای تامین سرمایش شهرهایی که در جنوب کشور قرار دارند و در تابستان معمولاً دچار گرما هستند استفاده شود. در این آب میکرو مغذی‌هایی وجود دارد که بسیار ارزشمند هستند. از این آب در دنیا الان می‌آیند و آب الکترولیت تولید می‌کنند و یک مقدار کمی از آن را سه یا چهار دلار می‌فروشند و بسیار آب اقتصادی است که ما به آن نگاه نکردیم. ما چشمه‌های آب شیرین داریم که از زیر سطح دریای عمان بیرون می‌آید و آن اختلاف دانسیته دارد با آب دریا و به‌دست آوردن آن خیلی کار مشکلی نیست، فقط بحث طوفان-های دریایی برای ما ممکن است مشکل ساز باشد.

منابع دیگری داریم مانند هیدرات متان و چشمه‌های آب که در واقع منابع آینده ما هستند. در حال حاضر نیز فشار را آوردند بر روی آب‌های ژرف و می‌گویند که برداشت بکنیم. این کار می‌تواند کار خیلی خطرناکی باشد و ما باید حتماً با ظرفیت‌سنجی و تفکر به‌دنبال آن برویم. در نتیجه اگر از آب‌های لب‌شور و غیره استفاده می‌کنیم. فقط در صورتی می‌توانیم از آن استفاده کنیم که آن‌ها را جایگزین بکنیم با آب‌های با کیفیت بالاتر برای مصارف پست‌تر، که در واقع این آب را درست استفاده بکنیم و منابع آب ما لطمه نخورد. یعنی بحث زیست‌محیطی در این آب‌ها بسیار بسیار شکننده و بسیار بسیار با اهمیت است.

مهندس اکبری:

ما در شرکت فولاد مبارکه پروژه‌ها و اقدامات زیادی در جهت تامین پایدار آب و تاب‌آوری شرکت انجام داده‌ایم که عمده این پروژه‌ها را می‌توانم در سه بخش تقسیم‌بندی کنم. پروژه

بازچرخانی و تصفیه آب که حجم قابل توجهی سرمایه‌گذاری شده است و تقریباً ما آب پرتی دیگر نداریم. یعنی کل پساب صنعتی که وارد پروسه تولید می‌شود، وارد تصفیه‌خانه‌های پیشرفته‌ای که احداث شده می‌شود بعد از یک پروسه نسبتاً سنگین که کیفیت پساب کیفیت آب صنعتی را پیدا می‌کنند، دوباره مجدداً وارد سیکل تولید می‌شود. دسته دوم، پروژه‌های کاهش مصرف آب است که معمولاً تکنولوژیکی و خیلی پیشرفته است. مقداری زمان‌بر است، چون ما باید دست‌کاری بکنیم در فرآیندهای تولیدمان، مثل هیبرید و خشک کردن برج‌های خنک‌کننده که این‌ها هم در دست اقدام است. یک تعدادی از آن‌ها انجام و منجر شده است به کاهش مقدار مصرف آب. دسته سوم که در واقع موضوع این میزگرد هم هست پروژه‌های تامین آب است. ما پروژه‌های متعددی را در دست مطالعه و اقدام برای تامین آب داریم که یکی از آن‌ها مجموعه پروژه‌های تامین قسمتی از آب شرکت از پساب شهرهای اطراف است که به‌صورت قراردادهای متقابلی با شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان این پروژه‌ها اجرایی شده است، از سال‌های ۱۳۹۲ به بعد. امسال خوشبختانه شروع بهره‌برداری از این پروژه‌ها بود و پساب آن وارد شرکت شد و آن پروسه‌های تصفیه که توضیح خواهم داد شروع شد. مورد دوم هم تامین آب صنایع است از طریق شیرین‌سازی و انتقال آب خلیج فارس و دریای عمان بود که آن هم شروع شده که یک توضیح کوچکی خدمت شما خواهم داد. در مجموع این پروژه‌ها منجر شد که مصرف آب ما کاهش چشمگیری داشته باشد. در آینده هم خواهد داشت.

تقاضای آب مصرفی کل شرکت نزدیک به ۴۰ میلیون مترمکعب در سال بود که با پروژه‌هایی که قبلاً انجام شده بود رسیده بود به ۳۰ میلیون مترمکعب در سال قبل. امسال پیش‌بینی ما این است که در انتهای سال به زیر ۱۸ میلیون مترمکعب در سال می‌رسیم با همین پروژه‌هایی که تا الان انجام شده است. برنامه میان‌مدت ما با همین پروژه‌ها آن است که به زیر ۱۰ میلیون مترمکعب در سال برسیم. ما قبلاً به ازای تولید هر کیلوگرم فولاد نزدیک ۴ لیتر آب تازه استفاده می‌کردیم. الان رسیدیم به ۲/۷۵ لیتر. این عدد در دنیا هم پنج‌مارک است و در صنایع فولادسازی کمتر از آن نداریم. یعنی در صنایع فولادسازی کمتر از این مقدار نداریم و این روند ادامه خواهد داشت. در مقدمه، من دو تا بحث تکمیلی دارم راجع به پروژه‌های پساب و پروژه‌های انتقال آب خلیج فارس.

در مجموع نزدیک ۵۰۰ میلیارد تومان پروژه‌های انجام شده داریم و ۵۰۰ میلیارد تومان هم پروژه‌های در دست انجام هست که منجر شده به این کاهش چشمگیر مصرف آب. در زمینه پساب ما دو تا فرصت خوب داریم (برای استفاده از پساب)، یکی پایداری حجمی پساب. یعنی نوسانات فصلی ندارد، نوسانات مربوط به

کم‌بودن بارندگی، تنش‌های فصلی را نداریم. یعنی از نظر حجمی نسبتاً پایدار است. مورد دوم هم توسعه فرایندهای تصفیه است که با توسعه تکنولوژی، امکان استفاده از این پساب برای ما در صنعت با قیمت‌های مناسب‌تری فراهم شده است. توسعه تکنولوژی‌های غشایی RO و UF در این زمینه به ما کمک کرده است. از جنبه‌های محیط‌زیستی و بهداشتی برای منطقه هم حائز اهمیت هست. این بیشتر از این‌که شاید جنبه اقتصادی داشته باشد، جنبه‌های بهداشتی و محیط زیستی را دارد. ولی چالش‌هایی که ما در این مدت، حالا از امسال که پساب را شروع کردیم به دریافت، با آن مواجه بودیم، آقای دکتر اشاره کردند، اولین مورد، این کیفیت پساب است. این پسابی که دارد تصفیه و وارد شرکت می‌شود، این یک حداقل استانداردهای آب کشاورزی را دارد که اصلاً برای صنعت مناسب نیست و نوسانات کیفی و پارامترهای هم خیلی متنوع است. از نظر حجمی پایداری دارد اما از نظر پایداری، پارامترهاش به شدت متغیر است. ما را دچار چالش‌های زیادی کرده بود در طراحی تصفیه‌خانه و احداث تصفیه‌خانه تکمیلی که برای تصفیه پساب نیاز داشتیم.

بعضاً هم توی این پسابی که می‌آید آلودگی‌های مختلفی هم هست، دترجنت هست، روغن هست، کلر آزاد زیاد دارد، نیترات مخصوصاً در این پساب‌ها زیاده که تمام این‌ها برای فرایندهای صنعتی مضر است. بعضاً هم یک چالشی که داریم این است که حالا تعدادی از این تصفیه‌خانه‌ها که علاقه داریم پساب از شون دریافت بکنیم، تصفیه‌خانه‌های خیلی قدیمی هستند. حالا بعضی تصفیه‌خانه‌ها با این سرمایه‌گذاری‌هایی که انجام شد جدید است ولی بعضی از این‌ها تصفیه‌خانه‌های قدیمی است. آن فرایند خود تصفیه‌ای هم که انجام می‌شود خیلی کیفیت ندارد و حساسیتش هم نسبت به نوسانات ورودی زیاد است. یعنی با یک تغییری که در یک بارندگی اتفاق می‌افتد، یک تغییری اتفاق می‌افتد، این نوسانات در خروجی پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه‌ها هم زیاد است.

در مجموع ما برای استفاده از پساب مجبور شدیم یک تصفیه‌خانه پیشرفته‌ای احداث کنیم، تصفیه‌خانه استحصال، که خروجی این تصفیه‌خانه وارد یک سیستم UF شود برای حفاظت از سیستم‌های RO و بعد هم وارد یک سیستم RO چند مرحله‌ای می‌شود، برای این‌که آب برپشتی قابل توجه هم نداشته باشد، خودش یک معضل می‌شود تا بتوانیم یک آب قابل استفاده در صنعت داشته باشیم. مجموعه سرمایه‌گذاری‌هایی که انجام شده از نظر تصفیه، ایجاد شبکه حدود ۳۵۰ میلیارد تومان است که تا الان انجام شده. ولی فعلاً حجم پساب هنوز کم است. انشعابات منازل که باید وصل شوند به این شبکه هنوز کامل نشده است. تقریباً الان با این حجمی که داریم دریافت می‌کنیم، نزدیک ۱/۵ تا ۲ میلیون مترمکعب آب را می‌توانیم از این طریق تامین کنیم و

امیدواریم که این توسعه پیدا کند. ما روی حداقل ۱۰ میلیون مترمکعب برنامه‌ریزی کردیم. از نظر قیمت هم قیمتی که الان با توجه به این پروژه که انجام می‌شود، قیمت پسابی که تولید می‌شود نسبتاً بالا در می‌آید. یعنی قیمت آب از این پساب بالا در می‌آید. اگر که ما نرخ بازدهی را حساب نکنیم، با این مجموعه سرمایه‌گذاری که تا الان انجام شده، هر مترمکعب آب صنعتی که از این‌روش به دست می‌آید حدوداً ۵۰۰۰ تومان است. این عدد نسبت به آب خام که در دسترس است چندین برابره ولی از نظر مسوولیت‌های اجتماعی این کار، کاری هست که در شرکت انجام می‌شود و الان به مراحل پایانی‌اش نزدیک می‌شود. من حالا پساب را اگر اجازه بدهید فاکتور بگیرم.

راجع به این پروژه انتقال آب از خلیج فارس هم یک توضیح بدهم. یک پروژه‌ای تعریف شده از سال ۱۳۹۱ با مشارکت صنایع فولادی شرق ایران که شامل شرکت‌های گل‌گهر، مس سرچشمه و چادرملو و گهر زمین. یک مجوزی گرفته شده برای انتقال ۵۸۰ میلیون مترمکعب در سال آب به فلات مرکزی ایران برای شرکت‌های شرقی. این ۵۸۰ میلیون مترمکعب تبدیل شده به سه تا فاز، فاز اولش ۱۸۰ میلیون مترمکعب است که الان اجرایی شده در سه قطعه. قطعه اول آب را از بندرعباس می‌آورد تا سیرجان که این پروژه نزدیک ۷۰٪ پیشرفت دارد. فکر کنم تا اوایل سال آینده این قسمت اول به بهره‌برداری برسد. قطعه دوم هم از سیرجان تا رفسنجان است که حدود ۴۰٪ پیشرفت دارد و حدود ۲ سال طول می‌کشد تا اجرا بشود. اوایل سال ۱۳۹۹ قطعه سوم که آب تا اردکان و چادرملو می‌آید هم اجرایی می‌شود.

این پروژه یکی از پروژه‌هایی است که مطالعات و بحث‌های زیادی راجع به آن بوده، مطالعات زیست‌محیطی و اقتصادی روی آن انجام شده است. بعضاً من این طرف و آن طرف زیاد

می‌شنوم که یک قیمت دارند روی آبی که با این‌روش می‌خواهد منتقل شود. مدارکی که به دست آمده از این پروژه، نشان‌دهنده این نیست که هر مترمکعب ۵۰ هزار تومان باشد. الان در اصفهان یک شرکتی تشکیل شده که فاز دوم همین خط لوله، همین مسیری که الان ایجاد شده، فاز دوم خط لوله‌اش ایجاد بشود و قسمت آب صنایع که مورد نیازشان است تامین شود.

طبق مطالعاتی که از وزارت نیرو دیدم در افق ۱۴۲۰ نزدیک ۳۳۰ میلیون مترمکعب کسری آب داریم. با فرض این که آب موجودمان در همین حد جاری باشد. یعنی همین میانگین بلندمدت تامین آبمان باشد. که تقریباً یک سوم این مال صنعتی که این می‌طلبد که ما به سمت روش‌های جدیدی هم برای تامین آبمان خصوصاً انتقال آب از دریا باشیم. این پروژه‌ای که انجام شده در فاز یک، مدارکی که خدمتون عرض می‌کنم مال قبل از این نوسانات ارزی است اواخر سال قبل، این پروژه برای فاز اولش نزدیک ۳۶۰۰ میلیارد تومان برای انتقال ۱۸۰ میلیون مترمکعب آب برآوردهایش هست که نزدیک هزار میلیاردش مال حقایق و زیربنای این پروژه بوده است. یعنی برای این که خط دوم و سوم این پروژه اجرا شود، با ظرفیت هر کدام تقریباً ۲۰۰ میلیون مترمکعب برای هر کدام نزدیک ۲۰۰۰ میلیارد تومان با قیمت‌های دلار قبلی نیاز است که این را می‌توانیم تبدیل کنیم به وضعیت جاری. آبی هم که از این‌روش استحصال می‌شود، طبق آخرین برآوردهایی که با ارز قبل از این نوسانات بوده، آب در اردکان، یعنی آب در نزدیک‌ترین جا به اصفهان، حدود ۷۸۰۰ تومان قیمتش است، قیمت تمام شده آب شیرین شده با پارامترهای قابل استفاده برای شرب و صنعت. این یک پروژه‌ای است که در دست مطالعات اولیه و اجرا است.



دکتر صفوی:

قطعاً سوالات و اظهارنظرهایی توسط حضار محترم هست حول محور، ماحدود بیست دقیقه فرصت داریم که اگر سوال یا کامنت یا ابهامی رو داشته باشیم از بین حضار محترم بفرمایید، یک معرفی بفرمایید بعد سواتون رو مطرح بفرمایید:

سوال:

دوستان ۴۰ میلیون مترمکعب در سال مصرف داشتند، به راحتی هم می‌توانستند تبدیلیش کنند به ۱۸، ببخشید من کمی انتقادی صحبت می‌کنم. بعد می‌آیند بحث مسوولیت‌های اجتماعی را مطرح

می‌کنیم، که ما این کار را کردیم، آن کار را کردیم، چرا این کار را تا الان نکرده بودند؟ یعنی باید حتما این اتفاقات می‌افتاد؟ این مسائل پیش می‌آمد؟ رودخانه زاینده‌رود خشک می‌شد، تا این مسایل پیش می‌آمد؟ واقعا این یک سواله. ما یک خلا قانونی داریم برای این موضوع که ببینیم این مدیرانی که در این مجموعه کار می‌کردند را بیاوریم سوال کنیم که شما که می‌توانستید این کار را بکنید و بحث تنش آبی هم چیز جدیدی نبود. الان نزدیک سی ساله و حتی بیشتر که این موضوع مطرح می‌شود. چرا واقعا این اتفاقات نمی‌افتد و به این راحتی مدیران ما منابع ما را هدر می‌دهند و بعد از این که این مسائل پیش آمد یکباره یاد این موضوع می‌افتند و بحث مسوولیت‌های اجتماعی را هم اینجا مطرح می‌کنند.

سوال دیگر:

آیا ما باید به هر قیمتی شده صنایع را در این استان نگه داریم؟ آیا توجیه دارد؟ حالا من بحث جانمایی اولیه را ندارم ولی واقعا این یک سوال است که ما به قول معروف استفاده‌های صنعتی را چندین سال استان برده، بعد الان این اتفاقات خشکسالی افتاده، توقع دارد دولت بیاورد از بیت‌المال استفاده کند، آب خلیج فارس را منتقل کند تا کماکان این صنایع این جا بماند. اگر این مسائل در کشورهای خارجی اتفاق می‌افتاد آیا واقعا کماکان این استقرار صنایع در این محل‌ها توجیه اقتصادی داشت یا نه؟

سوال بعدی:

بزرگترین چالشی که روی بحث آب‌های غیرمترعارف در شهرها هست برای مصرفشان، بحث سرمایه‌گذاری اولیه است. حداقل ما در شیراز الان با این مشکل روبرو هستیم. حالا ما صنایع بزرگ نداریم، ولی بحث فضای سبزی که داریم، بحث سرمایه‌گذاری اولیه که شما یک‌سری خطوط انتقال می‌خواهید که این‌ها را منتقل کنید، یک‌سری مخازن قطعا می‌خواهید داخل شهر ایجاد کنید که می‌توانید از این استفاده بکنید. اگر راه‌کاری، جایی تجربه‌ای در این زمینه هست بفرمایید.

دکتر صفوی:

آقای دکتر تائبی در خدمتتان هستم.

دکتر تائبی:

نگاه کنید، وقتی که دو تا سیستمی که مطرح شد یکی استفاده از فاضلاب تصفیه شده، یکی هم استفاده از پروژه‌های نمک‌زدایی، قیمت‌هایی که دارد صحبت می‌شود بحث پنج هزار تومان بر مترمکعب، آن جا هم که ۷۸۰۰، احتمالا با قیمت‌های جدید حالا کم‌کم ۲ یا ۳ برابر ممکن است بشود، این نشان می‌دهد که ما باید

برگردیم به آن بحث بهره‌وری آب. یعنی واقعا در همه بخش‌ها، بخش صنعت، بخش شرب، بخش کشاورزی، بحث بهره‌وری را یک مقداری جدی‌تر بگیریم. حالا دیروز یک مقداری در این رابطه صحبت شد، ما می‌توانیم به هر صورت به جای این که بگوییم هر نفر روزی ۱۶۰، ۱۵۰، ۱۴۰، بعضی جاها ۲۲۰ لیتر در روز یک نفر دانه استفاده می‌کند، بسیاری از کشورهای دنیا این کارها را کرده اند و رسانده‌اند به زیر ۹۰. در آلمان و بسیاری از جاهای دیگر دنیا هم همین‌جور. بنابراین این یک مقداری را به ما نشان می‌دهد که باید آن را هم‌زمان ببینیم. این یک مسئله که خیلی هم مهم است. مسئله دوم، اشاره کردند که فاضلاب تصفیه‌شده ما کیفیتش با زمان متغیره و مشکلات عدیده‌ای دارد. حتی بعضی از تصفیه‌خانه‌ها هم آن‌طوری که باید و شاید کارایی آن‌چنانی ندارد و برمی‌گردد به بهره‌وری و مسائل دیگری که وجود دارد. بنابراین نیاز هست که حتما ما پایش دایمی داشته باشیم، رکورد داشته باشیم که واقعا این وضعیت‌ها چگونه هست و براساس آن بتوانیم تصمیم‌گیری درستی داشته باشیم. متأسفانه خیلی جاها واقعا آن پایش‌های لازم در این قضیه نیست. این یک مسئله بسیار مهمی است.

سوال:

یک بحث دیگری که وجود دارد، بحث مالکیت‌ها است که هنوز مسئله هست. این فاضلاب تصفیه‌شده مال آبفا هست یا مال سازمان آب منطقه‌ای؟ این هم از آن چیزهایی هست که هنوز در خیلی از شهرها مسئله است.

یک بحث دیگر این بود که الان مطرح است، شهرداری‌ها در اکثر شهرها (شهرهای بزرگ)، برای فضای سبز استفاده می‌کنند از چاه‌ها. مثلا در شیراز بیش از ۱۴۰ تا چاه شهرداری دارد، غیر از این که قنات‌ها و چشمه‌هایی که استفاده می‌کنند و مقدار دبی آن‌ها کاهش پیدا کرده است. یک طرحی مطرح هست که بیایم تصفیه‌خانه موضعی داشته باشیم و شهرداری طراحی و اجرا و بهره‌برداری را به‌عهده بگیرد و آبی که فاضلاب تصفیه‌شده است را استفاده کنیم برای فضای سبز شهری. حالا این هم مطرح است که می‌تواند بعضی جاها جواب بدهد ولی همه‌جا واقعا این جواب نمی‌دهد. طرحی که در شیراز مطرح هست این است که در منطقه قصردشت انجام شود. این طرح حدود ۴ تا ۶ هزار متر زمین نیاز دارد. قیمت زمین یک مسئله، حتی بحث تصفیه‌خانه فاضلاب ملازم با بو و آلودگی میکروبی هوا است و این یکی از مسائلی هست که همه‌جا شاید جواب نمی‌دهد. به عبارت دیگر در قسمت مرکزی، تصفیه‌خانه داشته باشیم و بعد اگر می‌خواهیم فاضلاب را تصفیه کنیم و بعد انتقال بدهیم برای استفاده در مصارفی که جناب آقای دکتر تائبی حساسی در این مورد صحبت کردند که واقعا برای استاندارد بسیار مهم است.

موضوع بعدی که من می‌خواهم صحبت کنم در رابطه با این آبفا، یک بخشی از این فاضلاب‌ها، بحث حقابه است. در قدیم اکثر شهرهای ما شبکه فاضلاب نداشت. حتی اوایل دهه شصت صحبت از این بود در مجلس که این طرح‌های فاضلاب فانتزی است. برای این که همه سیستمی که داشتیم جذبی بود. این فاضلاب که چیزی حدود ۷۰٪ از آب مصرفی به فاضلاب تبدیل و به سفره‌های آب زیرزمینی می‌رفت عملاً الان دارد جمع‌آوری می‌شود و یک‌جا در پایین‌ترین تراز شهر ما این آب را خواهیم داشت. در نتیجه الان پایین افتادن سفره آب زیرزمینی و در بعضی جاها مشکلات فرونشست واقعاً جدی هست. بیشتر مشکل فرونشست را ما در دشت‌هایی داریم که عمدتاً کشاورزی است و بهره‌برداری از چاه‌ها به‌طور عمده صورت گرفته است. ولی خیلی از جاها حتی صحبت می‌شود از جمع‌آوری آب‌های سطحی، که بخشی می‌تواند بپیوندد به دریاچه و بخشی هم صرف تغذیه سفره شود و آن حقابه هم باید دیده شود.

آخرین نکته من در رابطه با این دستگاه‌های تصفیه زیر سینک است. جناب آقای دکتر اشاره کردند. واقعاً مسئله استاندارد کردن این‌ها مهم است. من می‌دانم الان شاید در سطح کشور ۳۰٪ خانه‌ها در شهرهای بزرگ از این ابزار استفاده می‌کنند. خانم من هم فشار آورد که ما هم استفاده کنیم اما من زیر بار نرفتم. مشکلی هست که اشاره کردند که برای یک لیتر آب، ۵ لیتر آب شبکه که واقعاً تصفیه شده هست مصرف می‌شود. مشکلاتی که خود دستگاه و خود فیلترها دارند آن‌ها هم از جمله مشکلات است.

دکتر یزدیان (شهرداری اصفهان):

ضمن عرض تشکر. در عرض ۱/۵ سال گذشته یک تفاهم‌نامه شهرداری اصفهان که از بزرگترین تولیدکنندگان پساب است و آبفا اصفهان انجام شد ولی من من پیگیری کردم ظاهراً هنوز عملی نشده است. باتوجه به بحران آبی استان و این که در این تفاهم‌نامه قرار بود که شهرداری سرمایه‌گذاری کرده و ۴۰۰ لیتر بر ثانیه فاضلاب خام تحویل دهد، می‌خواستم دلیل اجرایی نشدن پروژه را بیان کنید.

یک مورد هم سوال از مجموعه فولاد داشتیم. اعداد و ارقام برنامه‌شان این هست که مصرف سال آینده را به ۱۰ میلیون مترمکعب از پساب برسانند. بنا هم بر این است که علی‌الظاهر توسعه‌ای فولاد مبارکه نداشته باشد. دلیل این سرمایه‌گذاری‌های سنگین برای انتقال آب از خلیج فارس چیست؟ آیا قرار است بارگذاری جدیدی روی بحث آب انجام شود؟

مهندس هاشمی:

به نام خدا، دانشجوی دکتری مهندسی عمران- آب، دانشگاه صنعتی اصفهان هستم. من فقط یک دغدغه‌ای را می‌خواستم

مطرح کنم در زمینه سرفصل‌های Reuse یا نمک زدایی. این که یک خلاء خیلی بزرگی در کشور ما هست که من خودم این را احساس کردم و با آن دست و پنجه نرم کردم، موضوع تحقیقات هست در این زمینه. در واقع خلاء آن فکر کنم در این پنل هم احساس می‌شود. این که در خصوص تحقیقات داخلی مخصوصاً، چه بحث Reuse چه نمک‌زدایی، صحبت شود ببینیم چه پیشرفت‌هایی صورت گرفته است. مادامی مجبور باشیم این تکنولوژی‌های نوین را از کشورهای دیگر بخریم این یعنی هدررفت منابع و ما خیلی توجهی به این موضوع نداشتیم. چرا؟ چون تا زمانی که به این مشکل برخوردیم قبلاً به فکرش نبودیم. کشورهای حوزه خلیج فارس و حتی رژیم صهیونیستی در این زمینه تحقیقات بسیار خوبی انجام دادند در بیست سال گذشته، تا جایی که توانستند فضا هزینه شیرین‌سازی یا Reuse آب را مثلاً از ۶-۷ یورو و ۹-۱۰ دلار، برسانند به زیر درواقع یک دلار یا یک یورو و صاحب تکنولوژی هستند الان در این زمینه. ولی ما مجبور هستیم که این تکنولوژی‌ها را از آن‌ها بخریم. درخصوص هسته اصلی شیرین‌سازی یا Reuse، فرض فرایند RO یکی از فرایندهاست. این تکنولوژی را شرکت‌هایی دارند که یکی از آن‌ها یک شرکت هلندی است. کشوری که اصلاً مشکل آب و منابع آب ندارد. ولی این‌ها را تولید می‌کند، تحقیقات می‌کند و به ما می‌فروشد. خیلی جالبه که اکثر ایستگاه‌های آب شیرین‌کنی که در جنوب کشور ساخته و فعال شده‌اند تکنولوژی‌هایی هستند که ما داریم از کشورهای می‌خریم که اصلاً مشکل منابع آب ندارند. من فقط این دغدغه را می‌خواستم این‌جا مطرح کنم. آقای دکتر تائبی فرمودند ما استاندارد نداریم. استاندارد نداریم چون تحقیقات نداریم. خروجی تحقیقات استاندارد است. متشکرم.

دکتر شاه قاسمی:

بخش مهمی از سوالاتی که من داشتم را دیگر دوستان رو پرسید. ولی من موردی که می‌خواستم رویش تکیه کنم، اگرچه که به هر حال نمی‌دانم این مسئولین وزارت نیرو ظاهراً هیچ کدام امروز حضور ندارند، ولی حقیقتاً ما در یک کشور کم آبی هستیم و مسئله استفاده از پساب به‌هر حال یک واقعیت غیرقابل انکار است. ما چه در بخش کشاورزی، چه در بخش صنعت، چه در موارد دیگر مجبوریم این‌را به‌عنوان یک منبع مستمر و دائمی رویش حساب بکنیم. به‌همین دلیل قاعدتاً باید دقت زیادی شود چه در زمینه طراحی و اجرا، که خوشبختانه در این بخش دقت انجام می‌شود. چیزی که ما همیشه سرکلاس به دانشجویانمان هم گفتیم، متأسفانه ما در بخش نگهداری همیشه بسیار بسیار ضعیف عمل می‌کنیم. ده‌ها میلیارد و یا صدها میلیارد تومان پول هزینه می‌شود و یک تصفیه‌خانه احداث می‌شود، بعد در مرحله بهره‌برداری با حداقل امکانات با حداقل نیروی انسانی با حداقل

افراد مجرب و با تجربه می‌خواهند آن‌را اداره کنند. این هست که باعث می‌شود که همان‌طور که آقای مهندس اکبری گفتند کیفیت پساب خروجی متاسفانه متغیر باشد. به دلیل عدم مانیتورینگ، به دلیل عدم توجه به بهره‌برداری. این مشکل هم در مورد تصفیه‌خانه‌های آب مطرح می‌شود که قیمت هر مترمکعب آب فاضلاب. بعضی اوقات مطرح می‌شود که قیمت هر مترمکعب آب تمام شده الان رقم بالایی است. اگر هر مترمکعب یا فرض کنید هر لیتر آب برای این که ساده‌تر بشه با یک رقمی بین ۲-۳ ریال هزینه کنند، برای بهره‌برداری هم می‌توانند تصفیه‌خانه را حداکثری که برایش طراحی شده بتوانند بهره‌برداری کنند و هم از نظر کیفی واقعا کیفیت مطلوبی را داشته باشد. سر و صدای شرکت آب و فاضلاب یا سازمان آب منطقه‌ای در می‌آید که تصفیه‌خانه برای یک مترمکعب در ثانیه طراحی شده اما بیش‌تر از ۶۰۰ لیتر در ثانیه پساب نمی‌شود از این تصفیه‌خانه برداشت. عمده‌ترین دلیل مشکلات بهره‌برداری هست. یا کیفیت خروجی مطابق آن‌چه که باید می‌بود نیست. بعد می‌رویم می‌بینیم مشکل متاسفانه در بهره‌برداری هست.

در سیستم‌های فاضلاب یکی از شهرهای بزرگ، من در اونجا خدمت یکی از دانشجوهایم بودم. قاعدتا آن‌جا کلی هزینه شده، واحدهای مختلفی هست، از خود اشغال‌گیری‌اش شروع می‌شود تا سیستم‌های هواگیری و غیره. متاسفانه از مدار بهره‌برداری خارج بود. منتهی فقط و فقط شرکت پیمانکاری آن‌جا که از قضا خودش هم بهره‌برداری می‌کرد دلش خوش است که آخر سر یک شعله گاز متان آن‌جا دارد می‌سوزد و در واقع این‌را نتیجه عملکرد مطلوب سیستم می‌داند. درحالی‌که چهار تا گاو را هم اگر یک‌جا نگه‌داری و فاضلاب این‌ها را هم ببرید یک‌جا ذخیره کنید، جایی که هوا به آن نرسد، بعد از یک مدتی گاز متان تولید می‌شود و شما شعله‌اش را هم می‌توانید ببینید. یعنی صرفا به دلیل حضور یک شعله در بالای یک سیستم نباید تصور شود که این دستگاه دارد کار می‌کند. قاعدتا کلیه پارامترها باید واقعا کنترل شود. لازمه‌اش این هست که سازمان‌های متولی در امر بهره‌برداری و نگهداری بهای لازم را بپردازند. توجه داشته باشند و متاسفانه عرض کردم این یکی از مشکلات اساسی هست که امیدوارم به‌هرحال به آن توجه شده و در بهره‌برداری دقت‌های لازم صورت بگیرد تا اون‌هایی که مثل آقای مهندس اکبری در صنعت می‌خواهند استفاده بکنند با مشکلات تغییرات پارامترهای کیفی سر و کار نداشته باشند. خیلی متشکر.

مهندس خلیل پور (سازمان آب منطقه‌ای):

به‌نام خدا. سلام عرض می‌کنم. می‌خوهم بگویم کسری مخزن ما ۵۸ میلیون مترمکعب است و از طرفی پساب تولیدی ۱۶۳ میلیون مترمکعب است. حالا باتوجه به صحبتی که آقای مهندس

قبادیان داشتند این نکته را باید دوستان توجه بکنند که این پساب که الان ما با این حجم کسری مخزن داریم، می‌شود یک کمک‌هایی به وضع آب خانگی موجود بکنیم. اما متاسفانه راه‌کارهایی مطرح می‌شود که خارج از بخش‌نامه‌ها است. از این بگذریم. همان‌جوری که دوستان هم فرمودند، مشکل تصفیه‌خانه‌ها نیتراست، کلی‌فرم است و به‌هرحال نوساناتی است که ما در این تصفیه‌خانه‌ها داریم. مشکل قانونی. این تصفیه‌خانه‌ها تصفیه‌اش با شرکت آب و فاضلاب است و تخصیص را دادند به شرکت آب منطقه‌ای. آب منطقه‌ای هم تا حالا هیچ تخصیصی درخصوص کشاورزی نداده است. ولی کشاورزها می‌دانیم دارند استفاده می‌کنند و متاسفانه درتوان و قدرت شرکت آب منطقه‌ای هم نبوده که جلوی کشاورزها را بگیرد. اما این صورت مسئله را پاک نمی‌کند که الان کشاورزها دارند استفاده می‌کنند و ما هم نشستیم این‌جا پتل گذاشتیم صحبت بکنیم در مورد این موضوع که بله باید این باشد استانداردمان و این‌که تصفیه‌خانه‌مان آن شرایط را دارد. همه این‌ها درست. ما هم قبول داریم به‌عنوان یک آب منطقه‌ای. تمام دستگاه‌های قضایی هم آب منطقه‌ای را می‌شناسند چرا؟ چون که اون هست که بهش گفتند برو تخصیص بده، ولی ما داریم چه کار می‌کنیم؟ من سوالی که از دوستان داشتم واقعا این هست که فکر کنند چه کار می‌توانیم بکنیم اصلا؟ خیلی ممنون.

مهندس امینی (اداره کل فاضلاب استان):

خسته نباشید، من فقط یک سوال دارم ولی خواهش می‌کنم جواب بدهید. با توجه به این‌که همایش در اصفهان برگزار شده، یک ادای دینی هم به اصفهان باشد. یک موضوعی هست که چند وقته دوباره مطرح شده، بازچرخانی پساب به زاینده‌رود. نظر واضح و جامعی از هیچ دستگاه دولتی در این زمینه نداشتیم. می‌خواستیم زحمت بکشید نظراتان را راجع به جوانب مختلف آن بفرمایید.

سوال:

ضمن عرض سلام. یک گروهی دارد درباره ضرورت‌های استفاده از آب‌های نامتعارف کار می‌کند. گروهی هست که دارد کار می‌کند در خصوص جلوگیری از تخلیه رواناب‌ها به فاضلاب که امروز شهرداری این کارها را می‌کند. متولی فاضلاب شرکت آب و فاضلاب است ولی رواناب با شهرداری است. چرا وقتی که باران می‌آید شهرداری هیچ‌گونه تاسیساتی برای دفع رواناب‌ها ندارد و می‌آید دریاچه منهول فاضلاب را باز می‌کند که رواناب تخلیه شود در فاضلاب. یعنی رواناب این‌جا مخلوط می‌شود با فاضلاب. درنتیجه ظرفیت تصفیه‌خانه بالا می‌رود. آب آلوده می‌شود و عوامل دیگر. GIS آیا نمی‌تواند کمک کند؟ الان آیا ما جلوی

شهرداری را نمی‌توانیم بگیریم؟ که تاسیسات شما کجاست؟ کجا آب را دفع می‌کنید؟ هیچ‌گونه اقداماتی صورت نمی‌گیرد. به‌خاطر این‌که بار مالی دارد برای شهرداری، برای دولت. به‌خاطر همین هست که همه سکوت کردند و شما هم نمی‌توانید این‌جا خیلی موثر واقع شوید. ولی به‌هرحال در این کنگره‌ها، این مقاله‌ها را می‌نویسند ولی هیچ‌گونه این به فعلیت نمی‌رسد.

سوال:

با سلام و احترام و عرض ادب. ببخشید مهندس اکبری در مورد قیمت واحد تمام شده فرمودند که ۵ هزار تومان براساس چه واحد و معیاری این را محاسبه کردند؟ چون در بحث تمام شده بالاخره یک بخش سرمایه‌گذاری هست، ارزش آتیه دارایی‌هایشان را آیا دیده‌اند؟ و این‌که سود و درآمدی که از محل آن کسب کرده‌اند آیا محاسبه کرده‌اند؟ چون این عدد مبلغی هست که آدم را می‌ترساند.



دکتر صفوی:

اگر اجازه بفرمایید یک تقسیم کاری بین نقطه‌نظرات بکنیم، به‌نحوی سؤالاتی که مطرح شد را از اعضای پنل داشته باشیم. چون چهارتا سوال از بخش صحبت‌هایی که آقای مهندس اکبری داشتند راجع به فولاد هست. از ایشان شروع می‌کنیم. بعد آب و فاضلاب هست بعد هم بقیه.

مهندس اکبری:

چند تا نکته را عرض کنم. من هیچ‌موقع نگفتم ۴۰ میلیون داریم مصرف می‌کنیم. فولاد مبارکه مطالعات و قرارداد احداثش مال قبل انقلاب است. آن موقع هم مطالعات کاملی داشته، همین‌طور صنایع دیگر مثل شرکت‌های ذوب آهن و ... صناعی هم که این‌جا مستقر می‌شوند مثل جمعیت سکنه شهری است. این‌جوری نیست که هر موقع خواستیم این‌ها را برداریم، هر موقع خواستیم کوچ بدهیم. قاعدتا به‌دنبال یک راه‌کارهای دیگر باید باشیم برای برطرف کردن مشکلات. این سالی هم که ما رسیدیم به ۱۸ میلیون مترمکعب، این‌جوری نبوده که یک سوییچ توی جیب من باشد این‌را امسال روشن کرده باشم این عدد ۲۸ میلیون پارسال، امسال شده باشد ۱۸ میلیون. ما با ۵۰۰ میلیارد سرمایه‌گذاری-هایی که انجام دادیم (از سال ۹۰-۹۱ شروع شده) امسال یک مقداریش به بهره‌برداری رسید. آن‌هایی که اجرایی هستند به‌این موضوع احتمالا اشراف بیش‌تری دارند. تا شما بخواهید یک

سرمایه‌گذاری را شروع کنید، مطالعات دارد، مقدمات دارد، تا به بهره‌برداری برسد زمان خودش را دارد. این مورد اول. مورد دوم هم این‌که ما هیچ انتظاری نداشتیم که تا الان هم همین‌جور بوده که دولت برای ما کاری بکند که کاری هم نکرده. ما را به خیر دولت امیدی نیست. یعنی آن سرمایه‌گذاری‌هایی که انجام شده واقعا استانی بوده با همکاری شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان بوده. آن آبی هم که دارد منتقل می‌شود از خلیج فارس برای صنایع، ۱۰۰٪ سرمایه‌گذاری خود صنایع است. اصلا دولت در این زمینه هیچ نقشی ندارد. در پروژه‌های دولتی الان پروژه‌هایی داریم که بالای ۲۰ سال است تعریف شده و دارد اجرا می‌شود ولی هنوز هم به بهره‌برداری نرسیده است. مورد بعدی هم سر بهره‌برداری و قیمت آب است. بالاخره هرچه قیمت آب بالاتر برود بهره‌وری آب هم بیش‌تر می‌شود. اگر آب قیمتش ۱۰ هزار تومان شود، قطعا این مصرفش این‌قدر نیست. برای مصرف خانگی فکر کنم الان حدود متری ۴۵۰ تومان هست. اگر که تا این قیمت است مصرف هم همین است. اگر که قیمت تغییر کرد، مصارف هم کم می‌شود. یعنی در اقتصاد آب قیمت حرف اول و آخر را می‌زند.

ما در فولاد سرمایه‌گذاری جدیدی هم نداریم. حالا این را هم یکی از دوستان سوال کردند. نه سرمایه‌گذاری جدیدی داریم، نه توسعه جدیدی داریم. این پروژه‌هایی که دارد انجام می‌شود برای تامین همین فرایند‌هایی هست که تا الان دارد انجام می‌شود. که

این بارگذاری هم که الان داریم حدود ۱۸ میلیون مترمکعب، همین هم برداشته شود. این ۱۸ میلیون مترمکعب در شرایط نرمال می‌تواند ۱/۵٪ آورده ما باشد.

یک نکته‌ای هم راجع به پساب گفتند. قیمت پساب یک قیمتی هست که ما هزینه کردیم، شامل استهلاک هزینه‌های بهره‌برداری، هزینه‌هایی که صرف می‌کنیم در این پروسه‌های طولانی که این را تبدیل کنیم به آب صنعتی. بالاخره این قیمت مالی تمام شده است. یک ارزش اقتصادی هم داریم که برای هر صنعتی متفاوت است. ممکن است با این قیمت برای یک صنعت صرف کند یک کاری را انجام بدهد، با ارزش اقتصادی تا یک حدی ارزش داشته باشد که یک کاری را انجام بدهد برای یک صنعت. ممکن است اصلاً نشود کشاورزی کرد. این بستگی دارد به طبقه صنعتی که دارد استفاده می‌کند.

مهندس قبادیان:

اشاره فرمودند که قیمت پساب متغیر است. تا حدودی درست است. اما علت؟ متأسفانه کلان‌شهر اصفهان شبکه جمع‌آوری آب باران ندارد. بسیاری از کلان‌شهرها شبکه جمع‌آوری آب باران ندارند. طبیعتاً فاضلاب محصول استفاده مردم از آب است. تغییراتی در کیفیت آب که اتفاق نمی‌افتد، پس فاضلابشان هم نباید تغییرات داشته باشد. ولی چرا بعضاً اتفاق می‌افتد؟ چون انشعابات غیرمجاز وجود دارد. چون شبانه کسی درب منهول را باز می‌کند و چربی و نخاله می‌ریزد داخل فاضلاب. که طبیعتاً این می‌تواند کیفیت را تحت تأثیر قرار بدهد. تصفیه‌خانه‌ها هم میزان ظرفیتشان برای متعادل‌سازی، چه از نظر حجمی و چه از نظر کیفی متغیر است. طبیعتاً دبی ما هنگام بارندگی علی‌رغم این که شبکه‌های کشور به صورت مجزا طراحی شده، نباید آب باران را انتقال بدهد. ولی معمولاً در محاسبات ۱۰ تا ۲۰ درصد طراحی در نظر می‌گیرند. ولی در اصفهان بعضاً در هنگام بارندگی دبی ما تا ۲-۳ برابر افزایش پیدا می‌کند. حالا توسط عوامل مختلف، کل آب باران انتقال پیدا می‌کند به تصفیه‌خانه. طبیعتاً ناخواسته می‌تواند کیفیت را یک مقداری تحت تأثیر قرار بدهد.

نکته دوم درباره شهرداری صحبت کردند. تفاهم نامه‌ای داشتیم با شهرداری. ولی به دلایلی که خودشان اعلام کردند منابع مالی که قابل توجه هست در اختیار ندارند. خودشان مراجعه نکردند برای اجرایی کردن این تفاهم‌نامه. از نظر قانونی هم طبق برنامه ششم می‌توانست شهرداری از ظرفیتی که قانون برایش گذاشته سرمایه‌گذاری کند. در کنار این خیلی شهرداری‌ها آمدند سرمایه‌گذاری کردند. با استفاده از منابع خودش آمده با ما قرارداد بسته و در حال اجرا است.

دکتر صرافزاده:

در مورد تحقیقات اشاره کاملاً درستی کردند. تحقیقات در زمینه

استانداردها نیاز هست، ولی حرف دیگر ایشان هم بحث تکنولوژی‌ها بود. در بحث تکنولوژی‌ها، تکنولوژی‌هایی که ما در حوزه محیط‌زیست کار بگیریم، بحث بلوغ تکنولوژی خیلی نکته مهمی هست که باید مورد عنایت قرار بگیرد. شما فرض کنید تکنولوژی قنات در برابر تکنولوژی وارداتی پمپ، تکنولوژی بالغ شده است در برابر تکنولوژی‌ای که نابالغ بود و ما به‌درستی از آن استفاده نکردیم. برای این که این بحث تکنولوژی را خدمت شما بگویم، تکنولوژی نویی را که می‌بینیم در دنیا مطرح شده بلافاصله می‌گوییم که این را منتقل کنیم. نه خیلی اوقات درواقع دانش فنی که در کشور وجود دارد راه کارهای بهتری را برای مشکلات حوزه آب ما دارد. در همه حوزه‌ها همین‌جور است. ببینید مثلاً شما می‌آید تکنولوژی سنتی که در آن فرض کنید خمیر مایع تولید می‌شد با تکنولوژی‌ای که با دستکاری ژنتیکی محصولات کشاورزی را می‌خواهد بهره‌وری‌اش را افزایش بدهد، این‌ها تکنولوژی بالغ در برابر نابالغ هست. در حوزه‌های مختلف این مثال‌ها را می‌شود زد که حتماً در بحث تحقیقات این منجر به تکنولوژی بشود. بحث این است که چه قدر ما آمدم در واقع با رویکرد طبیعت محور به فناوری نگاه کردیم؟ باید به این توجه شود.

دکتر فاضلی:

یکی از دوستان گفتند که منبع اعتباری دیگری می‌توانیم داشته باشیم؟ من چون ارزیابی می‌کنم پروژه‌های شرکت آب و فاضلاب را، شرکت آب و فاضلاب روستایی زنجان پروژه‌ای را در سال ۹۳ شروع کرد تحت عنوان امکان‌سنجی استفاده از خدمات خیرین آب‌رسان. جالب این‌جا بود که در سال ۹۶، ۲۹ میلیارد تومان در زمینه آبرسانی روستایی هزینه کردند، ۱۴ میلیارد تومان‌شان را از طریق خیرین آب‌رسان تأمین کردند. می‌توانید باخودشان تماس بگیرید و از تجربه‌شان استفاده بکنید. در زمینه آب باران هم مشکلاتی که الان شهرداری‌ها دارند، بیشتر بحث نگهداری آب هست. چون ما بارندگی‌مان پیوسته نیست. آب را اگر نگه‌دارند فاسد و خراب می‌شود. راه حل دارد ولی متأسفانه سراغ ما دانشگاهی‌ها نمی‌آیند که حلش کنند.

دکتر صفوی:

خیلی متشکر اگر کمتر از یک دقیقه بخواهم یک جمع‌بندی از مسائلی که در این پنل مطرح شد بگویم این است که: ما در استفاده از آب‌های نامتعارف اعم از بحث پساب‌های تصفیه شده و همین‌طور آب‌های با کیفیت شور و لب‌شور موانعی که در جلویمان هست فقط موانع اجرایی نیست، فقط موانع قانونی نیست، فقط مسائل فرهنگی نیست و فقط هم استانداردها نیست. مجموعه این‌ها است. آقای دکتر تائبی اشاره کردند که ما خلاء استاندارد

در زمینه استفاده از پساب‌ها را داریم. اشاره شد که قوانینی که بین وزارت نیرو، شهرداری‌ها، جهاد کشاورزی خلاء قانونی که بین این‌ها در مسئولیت‌های قانونی‌شان وجود دارد. اشاره شد به مسائل اقتصادی که در اجرا هست. مترمکعبی چه قدر در می‌آید؟ جایگزین هست؟ جایگزین نیست؟ همه این‌ها مسائل اجرایی ما است. و یک مسئله‌ای که به‌خوبی اشاره شد، مسئله فرهنگی در حقیقت تولید فاضلاب است. ببینید ما انتظاری از تصفیه‌خانه فاضلاب داریم که پساب استاندارد به‌ما تحویل بدهد. حالا با استانداردهایی که وجود دارد. ولی آیا شبکه‌های فاضلاب ما و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ما هم فاضلاب بهداشتی استاندارد تحویل می‌گیرند یا نه؟ این به کجا بر می‌گردد؟ به‌ما مردم که داریم فاضلاب را در خانه‌ها تولید می‌کنیم. از کارگاه‌های صنعتی از نقاط مختلف شهر تحویل شبکه فاضلاب می‌دهد، آن استانداردهای ورود به شبکه فاضلاب را ندارد. از تعویض روغنی گرفته، از کارگاه آب‌کاری گرفته، از فاضلاب‌های عفونی بیمارستان‌ها گرفته، از یونیت‌های دندانپزشکی گرفته که حاوی فلزات سنگین هست، همه این‌ها دارد می‌رود به شبکه و تصفیه‌خانه‌ای که انتظار داریم خروجی‌اش استاندارد باشد. هیچ تصفیه‌خانه‌ای نمی‌تواند این کار را انجام بدهد. بحث کنترل در مبدأ، کنترل یا رعایت فاضلاب‌هایی که با استاندارد وارد تصفیه‌خانه‌ها بشود جزو مواردی هست که باید در نظر گرفته شود. قطعاً جمع‌بندی می‌تواند کامل‌تر شود. خیلی متشکر از صبر و حوصله‌ای که نشان دادید و در این جلسه شرکت کردید.

رتبه اول سومین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۷ در مقطع دکتری
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشکده بهداشت، رشته مهندسی بهداشت محیط

عنوان: بررسی کارایی سیستم تلفیقی HIFAS - فتوبیوراکتور جلبکی در

حذف همزمان آتزازین، ازت و فسفر از محیط‌های آبی

نگارش: زهرا درخشان

اساتید راهنما: دکتر محمدحسن احرام پوش و دکتر امیرحسین محوی

اساتید مشاور: دکتر محمدتقی قانعیان، دکتر حسین فلاح‌زاده، دکتر منصوره دهقانی و دکتر سیدمحمد مظلومی

زمان دفاع: ۱۳۹۶

چکیده

۴۶/۵۶، ۳۰/۵۶ و ۹۴/۳۲ درصد و در فتوبیوراکتور جلبکی به ترتیب برابر ۹۸/۵۶، ۸۴/۳۸، ۸۴/۵۳، ۸۳/۷۵، ۹۹/۹۹، ۹۹/۹۹ و ۹۸/۸۳ و ۹۸/۵۸ درصد بود. همچنین بیشینه راندمان حذف آتزازین، COD، BOD₅، TOC، آمونیوم، نیتريت، نیترات و ارتوفسفات در سیستم تلفیقی به ترتیب برابر ۹۹/۹۶، ۹۹/۱۰، ۹۹/۲۶، ۹۸/۴۳، ۹۹/۹۹، ۹۹/۹۹ و ۹۸/۵۴ و ۹۹/۸۷ درصد بود.

بحث و نتیجه‌گیری: در این مطالعه مشخص شد که سیستم تلفیقی مورد بررسی قادر خواهد بود به‌طور هم‌زمان علف‌کش آتزازین و مواد مغذی را از محیط‌های آبی حذف نموده و به حدود استانداردهای تعیین شده دست یابد. نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که مکانیزم حذف آتزازین در این سیستم متابولیسم همراه (کومتابولیسم) است. همچنین ضرایب کینیتیکی حذف آتزازین توسط مدل استور-کینکن اصلاح شده تخمین زده شد و یافته‌های حاصله مؤید این مطلب بودند که این مدل بر بارگذاری این بیوراکتورها با آتزازین برازش بسیار خوبی دارد ($R^2 > 0.99$).

واژه‌های کلیدی: آتزازین، مواد مغذی، بیوراکتور HIFAS، فتوبیوراکتور جلبکی، سیستم تلفیقی، محیط‌های آبی

مقدمه و اهداف: با کمبود زمین‌های زراعی و از بین رفتن محصولات به‌وسیله آفات، استفاده از آفت‌کش‌هایی مانند آتزازین افزایش یافته است. روش‌های فیزیکی و شیمیایی بسیاری برای حذف این علف‌کش از محیط‌های آبی و خاکی پیشنهاد شده، اما این روش‌ها دارای هزینه‌های بسیار و همراه با تولید محصولات جانبی سمی دیگری هستند. از طرفی سیستم‌های تلفیقی بیولوژیکی به‌سبب ماهیت روش تصفیه‌شان کمک شایان‌توجهی در پایین آوردن هزینه‌ها نموده‌اند. هدف از مطالعه حاضر حذف هم‌زمان علف‌کش آتزازین و مواد مغذی از محیط‌های آبی توسط سیستم بیولوژیکی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع تجربی مداخله‌ای بود. در مطالعه حاضر با هدف حذف هم‌زمان علف‌کش آتزازین و مواد مغذی از محیط‌های آبی کاربرد ترکیبی (تلفیقی) از بیوراکتور HIFAS (Hybrid- Integrated Fixed Film Activated Sludge) و فتوبیوراکتور جلبکی با استفاده از یک مدل فیزیکی در مقیاس پیلوت در ابتدا توسط فاضلابی مصنوعی در ۳ سطح زمان ماند هیدرولیکی و ۴ غلظت آتزازین مورد بارگذاری و بررسی قرار گرفتند. پس از تعیین شرایط بهینه، توسط فاضلاب‌های واقعی شهری و کشاورزی مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که حداکثر راندمان حذف آتزازین، COD، BOD₅، TOC، آمونیوم، نیتريت، نیترات و ارتوفسفات در بیوراکتور HIFAS به ترتیب برابر ۹۷/۴۹، ۹۷/۵۹، ۹۸/۰۴، ۹۵/۳۱، ۹۷/۴۹، ۹۷/۴۹ و ۹۸/۵۴ و ۹۹/۸۷ درصد بود.

رتبه دوم سومین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۷ در مقطع دکتری
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط (با همکاری مرکز تحقیقات محیط زیست)

عنوان: تصفیه پساب حاصل از شستشوی معکوس فیلترهای شنی با روش ترکیبی انعقاد، سیستم غشایی اولترافیلتراسیون و جذب در تصفیه خانه آب بابا شیخعلی اصفهان

نگارش: مختار مهدوی

استاد راهنما: دکتر افشین ابراهیمی

اساتید مشاور: دکتر محمدمهدی امین، دکتر حمید رضا پورزمانی، دکتر یعقوب حاجی زاده

زمان دفاع: اسفند ماه ۱۳۹۵

چکیده

تعیین pH بهینه برای هر دو منعقدکننده دوزهای مختلفی از دو منعقدکننده به صورت پیوسته و با استفاده از پمپ تزریق مواد استفاده شد. در این مطالعه طراحی پایلوت براساس دبی ۱۰ لیتر بر ساعت بوده است. پساب خام وارد حوض ته نشینی اولیه با زمان ماند ۱ ساعت و سپس وارد قسمت انعقاد با زمان ماند ۶ دقیقه و چرخش ۸۰ دور در دقیقه پره ها می شود. پس از آن پساب منعقد شده وارد دو حوضچه لخته ساز با زمان ماند کلی ۴۸ دقیقه و چرخش کاهشی ۴۰ و ۳۰ دور در دقیقه شده است. در نهایت پساب وارد حوض ته نشینی ثانویه با زمان ماند ۲/۴ ساعت شد. آزمایشات و پارامترهای کنترلی لازم بعد از دو بار زمان ماند هیدرولیکی عبوری از حوض ته نشینی ثانویه و تا رسیدن به یک شرایط پایدار تصفیه مورد آنالیز قرار گرفته است. خروجی حوض ته نشینی ثانویه وارد سیستم غشایی اولترافیلتراسیون با دبی $6-8 \text{ L.h}^{-1}$ شده است. فشار کاری غشا روی ۳۰۰ پاسکال تنظیم و بعد از هر ۶۰ دقیقه کارکردن عمل شستشوی معکوس به مدت ۱ دقیقه با آب تصفیه شده توسط خود غشا انجام می شد. پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نیز بعد از این مرحله، اندازه گیری می شد. جذب سرب، آرسنیک و آلومینیوم نیز با استفاده کربن فعال گرانوله خام و تغییر یافته با آهن محلول تحت شرایط اسیدی و بازی مورد بررسی قرار گرفت. نهایتاً مدل های ایزوترم و سینتیکی لازم برای جذب توسط این سه جاذب مورد بررسی قرار گرفت.

مقدمه: با توجه به نیاز روزافزون جوامع به آب مصرفی در اثر افزایش رشد جمعیت، پیشرفت صنایع و بالا رفتن سطح استانداردهای زندگی مدیریت منابع و مصرف آب یکی از مهم ترین و موثرترین کارها برای مقابله با بروز کم آبی و بحران آب است. برای رسیدن به این امر بازیابی آب از منابع مختلف اعم از فاضلاب، پساب خاکستری، آب باران و فاضلاب صنایع یکی از جذاب ترین گزینه ها در بسیاری از کشورها است. در همین راستا بنابه تولید روزانه پساب از تصفیه خانه های آب برای شستشوی واحدهای فیلتر شنی و سایر بخش های تصفیه خانه آب پروژه های تحت عنوان "تصفیه پساب حاصل از شستشوی معکوس فیلترهای شنی با استفاده از روش ترکیبی انعقاد، سیستم غشایی اولترافیلتراسیون و جذب در تصفیه خانه آب بابا شیخعلی اصفهان" برای استفاده در مصارف شرب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها: برای بررسی امکان سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه آب نمونه گیری در دو فصل کم بارش و پر بارش از پساب حاصله از شستشوی معکوس فیلترهای شنی با زمان کارکرد ۲۴ ساعته گرفته شد. نمونه های اخذ شده به طور جداگانه تحت فرآیندهای انعقاد و لخته سازی (با دو ماده منعقد کننده PAFCl و FeCl_3) و سپس سیستم غشایی UF قرار گرفتند. به علت عدم وجود فلزات بالا، فرآیند جذب به صورت سینتیک روی فلزات آلومینیوم، سرب و آرسنیک انجام گرفت. در قسمت انعقاد و لخته سازی بعد از

یافته‌ها: نتایج انعقاد، لخته‌سازی و سیستم غشایی UF در فصل کم‌بارش نشان‌دهنده که دوز بهینه برای PAFCl برابر با ۱۰ mg/L بوده که با اعمال این دوز راندمان حذف کدورت، رنگ واقعی و مواد آلی در قالب UV₂₅₄ nm به ترتیب حدود ۹۹/۲٪، ۹۰٪ و ۵۸/۳٪ بوده است. همچنین دوز بهینه برای FeCl₃ ۳۰ mg/L بوده که راندمان حذف کدورت، رنگ واقعی و مواد آلی در قالب UV₂₅₄ nm در این دوز به ترتیب حدود ۹۷/۵۴٪، ۸۶/۶٪ و ۵۶/۳٪ بوده است. نهایتاً آب خروجی از واحد غشایی نیز کیفیت مطلوب و در حد آب شرب را دارا بوده است.

نتایج انعقاد، لخته‌سازی و سیستم غشایی UF در فصل پر بارش نشان‌دهنده که دوز بهینه برای PAFCl برابر با ۱۵ mg/L بوده که با اعمال این دوز راندمان حذف کدورت، رنگ واقعی و مواد آلی در قالب UV₂₅₄ nm به ترتیب حدود ۹۹/۱۳٪، ۹۴٪ و ۵۷٪ بوده است. همچنین دوز بهینه برای FeCl₃ ۴۰ mg/L بوده که راندمان حذف کدورت، رنگ واقعی و مواد آلی در قالب UV₂₅₄ nm در این دوز به ترتیب حدود ۹۸٪، ۸۸/۶٪ و ۵۰٪ بوده است. نهایتاً آب خروجی از واحد غشایی نیز کیفیت مطلوب و در حد آب شرب را دارا بوده است. فقط برای آب تصفیه شده با FeCl₃ مقداری مواد آلی خروجی از سیستم غشایی بالا بوده است. در نهایت منعقد کننده PAFCl راندمان حذف و کارآمدی بهتری را نسبت به FeCl₃ به جهت تصفیه پساب از خود نشان داده است. نتایج جذب نیز نشان داده است که کربن فعال گرانوله پوشش داده شده با آهن تحت شرایط اسیدی راندمان بهتری در حذف آرسنیک نسبت به دو جاذب دیگر از خود نشان داده است. نتایج حاصله از جذب آرسنیک سه جاذب GAC، AGAC و BGAC نشان داده که ایزوترم جذب عمدتاً با ایزوترم فروندلیچ هم‌پوشانی دارد. ظرفیت جذب سه جاذب GAC، AGAC و BGAC برای حذف آرسنیک با غلظت ۱/۲ میلی گرم بر لیتر به ترتیب ۳/۸۳، ۱۵/۱۶ و ۱۲/۱۲ میلی گرم به ازای هر گرم جاذب بوده است. نتایج حاصله از جذب سرب نیز نشان داده که ایزوترم جذب سرب با این جاذب‌ها با ایزوترم فروندلیچ بیشترین هم‌پوشانی را دارد. ظرفیت جذب سه جاذب GAC، AGAC و BGAC برای حذف سرب با غلظت ۱۹/۵ میلی گرم بر لیتر به ترتیب ۸، ۱/۰۲ و ۱۷/۷ میلی گرم به ازای هر گرم جاذب بوده است.

نتایج حاصله از جذب آلومینیوم نیز نشان‌دهنده که ظرفیت جذب سه جاذب GAC، AGAC و BGAC برای حذف آلومینیوم با غلظت ۱۰/۳ میلی گرم بر لیتر به ترتیب ۳، ۰/۶۶ و ۴/۳۷ میلی گرم به ازای هر گرم جاذب بوده است. به جز جاذب AGAC دو جاذب دیگر از ایزوترم فروندلیچ پیروی نموده‌اند. نتایج سینتیکی هم نشان داده که در حذف هر سه آلاینده از سنتیک واکنش شبه درجه دوم پیروی می‌کند. **نتیجه‌گیری:** با اجرای فرآیندهای انعقاد و لخته‌سازی می‌توان

مقادیر زیادی از آلاینده‌های موجود در پساب را حذف نمود. لذا به‌عنوان یک گزینه پیش تصفیه یکی از ضروریات مهم برای سایر روش‌ها است. از طرفی منعقدکننده جدید PAFCl راندمان حذف و کارآمدی بهتری را نسبت به FeCl₃ برای حذف آلاینده‌ها از خود نشان داده است. در نهایت با استفاده از سیستم ترکیبی انعقاد لخته‌سازی و سیستم غشایی UF می‌توان از پساب تولیدی روزانه آبی در حد شرب تولید نمود. برای جاذب‌های تغییر داده شده، AGAC برای حذف آرسنیک بهتر از BGAC و GAC بوده است. اما برای حذف آلومینیوم و سرب جاذب BGAC بهتر از AGAC و GAC بوده است.

واژگان کلیدی: تصفیه آب، انعقاد، بازیابی آب، پساب تصفیه‌خانه آب، PAFCl و FeCl₃

عنوان: کیفیت آب: مبانی و محاسبات (Water Quality: Principles and Calculations)
 پدیدآورنده: دکتر امیر تائبی، استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان
 ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
 سال اولین چاپ: بهار ۱۳۹۸



برای جلوگیری از زوال کمی و کیفی منابع محدود آب شیرین باید به‌طور جدی نسبت به صرفه‌جویی و کنترل آلودگی آنها اقدام کرد. برای کنترل آلودگی آب، باید متخصصان و دست‌اندرکاران آبرسانی شهری، صنعتی، کشاورزی و تفریحی از دانش کافی درباره مبانی کیفیت آب برخوردار باشند. این کتاب که حاصل تجربیات دانشگاهی و مشاوره‌ای مؤلف در بیش از سه دهه است، علاوه بر آن که مرجعی برای متخصصان و دست‌اندرکاران علوم، مهندسی و بهداشت آب خواهد بود، می‌تواند به‌عنوان کتاب درسی مناسبی برای دروس مربوط به شیمی، بهداشت و میکروبیولوژی آب و نیز کنترل و مدل‌سازی کیفیت منابع آب، در دوره‌های کارشناسی و نیز تحصیلات تکمیلی، استفاده شود.

در این کتاب، جنبه‌های کاربردی مطالب با طرح مثال‌های حل‌شده، نمایش داده شده است و برای تمرین و یادگیری بیشتر خوانندگان، در انتهای هر فصل، مسئله‌های حل‌نشده ارائه شده‌اند. مطالب ارائه‌شده در این کتاب به چهار قسمت تقسیم شده‌اند: قسمت اول با عنوان مباحث پایه و پیش‌نیاز شامل فصل‌های ۱ تا ۳ است؛ به‌طوری‌که خوانندگان این قسمت، ضمن کسب اطلاعات پایه در زمینه‌های منابع، مصارف و خواص ذاتی آب، از پیش‌نیاز کافی در زمینه شیمی و مدل‌سازی که برای مطالعه دیگر مطالب کتاب نیاز است، برخوردار می‌شوند. قسمت دوم با عنوان پارامترهای ارزیابی کیفیت آب شامل فصل‌های ۴ تا ۹ است. خوانندگان این قسمت، با پارامترهایی که معمولاً برای ارزیابی کیفیت آب لازم است، آشنا می‌شوند. از این‌رو، در فصل ۴ پارامترهای کلی و فیزیکی، در فصل ۵ مواد معدنی و پارامترهای مربوطه، در فصل ۶ چرخه‌های طبیعی مواد مغذی، در فصل ۷ حل‌پذیری و انتقال گازها، در فصل ۸ مواد آلی و پارامترهای مربوطه و در فصل ۹ حضور و نقش میکروب‌ها در آب بحث می‌شوند. قسمت سوم با عنوان کنترل کیفیت منابع آب شامل فصل‌های ۱۰ تا ۱۳ است؛ به‌طوری‌که نهرها و رودخانه‌ها در فصل ۱۰، دریاچه‌ها و مخازن سدها در فصل ۱۱، آب‌های زیرزمینی در فصل ۱۲ و دریاها و مصب‌ها در فصل ۱۳ بررسی می‌شوند. در ضمن، خوانندگان قسمت سوم، با مبانی مدل‌سازی و مدل‌های پایه کیفیت منابع مختلف آب‌های طبیعی نیز آشنا می‌شوند. قسمت چهارم با عنوان مقررات و استانداردهای کیفیت آب شامل فصل‌های ۱۴ و ۱۵ است. در فصل ۱۴ مقررات و استانداردهای کیفیت آب برای آشامیدنی و مصارف بهداشتی، مصرف در صنایع، مصرف در کشاورزی و آبیاری و نیز برای کاربری تفریحی معرفی می‌شوند. در فصل ۱۵، مقررات و استانداردهای کیفیت آب بازیافتی، برای تخلیه به آب‌های پذیرنده (سطحی، زیرزمینی یا اقیانوسی) و مصرف در کشاورزی و صنایع معرفی می‌شوند. خوانندگان فصل‌های ۱۴ و ۱۵، ضمن آشنایی با مقررات و استانداردهای ایران، با استانداردهای معتبر خارجی نیز آشنا می‌شوند.

اخبار و فعالیتهای عمده انجام شده انجمن آب و فاضلاب ایران در سه ماهه اول سال ۱۳۹۸ به شرح زیر است:

- انتشار چهارمین شماره از سال سوم نشریه علمی - ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
- برگزاری بیست و نهمین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۹۸/۰۱/۲۸)
- اعلام آمادگی برای بررسی تاثیر سیلاب بر تاسیسات آب و فاضلاب شهری و روستایی (۹۸/۰۱/۲۸)
- اولین جلسه اتحادیه انجمنهای علوم آب و انتشار بیانیه درخصوص سیل اخیر
- ملاقات هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران با مشاور معاونت آب و آبفا (۹۸/۰۲/۰۲)
- برگزاری چهارمین جلسه کمیته تخصصی بازیافت آب انجمن (۹۸/۰۲/۱۰)
- برگزاری نشست تخصصی انجمنهای علمی حوزه آب و کشاورزی (۹۸/۰۲/۱۰)
- برگزاری سیزدهمین جلسه کمیته تلفات آب (۹۸/۰۲/۱۹)
- برگزاری سی و امین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۹۸/۰۳/۰۱)
- ملاقات نمایندگان انجمن با معاون بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب (۹۸/۰۳/۱۲)
- برگزاری اولین جلسه شورای سیاستگزاری دومین همایش ملی مدیریت مصرف (۹۸/۰۳/۱۹)
- پنجمین جلسه کمیته بازیافت آب (۹۸/۰۳/۲۸)
- جلسه مشترک اتحادیه انجمنهای علوم آب و مشاور وزارت نیرو (۹۸/۰۳/۲۹)
- انتشار سه شماره خبرنامه

۲۸

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال سوم - شماره سی و هشتم - اردیبهشت ماه ۱۳۹۸



اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
+91-887313790

نشانی پستی:

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

نشانی تلگرام:

<https://t.me/irwwa24>

نشانی لینکدین:

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



مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیش رو
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

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

سخن اول:

مسئله شماره ۲۳

به نظر شما به چه دردی رسیدن می‌آید. آب آلوده زیرمختارین نقش آب شهری در مقابل مخاطرات را ایفا می‌کند.

۱- توسعه منابع آب
۲- توسعه طرح‌های پیش‌بینی منابع موجود
۳- توسعه زیرساخت‌های آب شهری و استفاده بهینه
۴- توسعه مدیریت بحران

همین چند ماه قبل بود که همه گله از کمبود بارش و خشکسالی داشتند و حالا مسئله سیل و آبگرفتگی و رفع آن در بسیاری مناطق است. مسئله‌ای که شاید به این زودی‌ها هم آینده‌ی به رفع آن نباشد. چرا همیشه ما در برابر تهدیدات و مخاطرات غافلگیر شده و متفعل عمل می‌کنیم. آیا اگر این وقایع در نقاط دیگر دنیا هم اتفاق می‌افتاد اوضاع بر همین منوال بود؟

به نظر می‌رسد باید طرحی نو در انتخاب باید به توسعه زیرساخت‌های شهری و اصول مدیریت بحران متفاوت نگاه کرد. باید همراه طبیعت بود و در نهایت باید تاب آوری شهرها را در مقابل مخاطرات افزایش داد.

۲۷

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال چهارم - شماره سی و هشتم - فروردین ماه ۱۳۹۸



اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
+91-887313790

نشانی پستی:

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

نشانی تلگرام:

<https://t.me/irwwa24>

نشانی لینکدین:

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



مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیش رو
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

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

سخن اول:

مسئله شماره ۲۴

به نظر شما وجود چه عاملی می‌توانست در کاهش خسارات سیل‌های اخیر اثر قابل توجهی داشته باشد؟

۱- سیستم‌های هشدار سیل
۲- آموزش قبلی سازمان‌های مسئول
۳- آموزش عمومی
۴- همه

امسال سالی زیبارش را آغاز نمودیم، اتفاقی که شاید چندین سال بود که در تمام بخشها انتظار آن را می‌کشیدیم ولی متأسفانه عدم آمادگی کافی و نبود و یا عملکرد نامناسب سیستم‌های مدیریت سیل باعث شد که خسارات فراوانی متوجه هموطنان در بخشهای مختلف شود. انجمن آب و فاضلاب ایران ضمن ابراز همدردی با آسیب دیدگان سیلابهای اخیر، آمادگی خود را برای مشارکت در احیا و ارتقا زیرساخت‌های تأمین و توزیع آب و همچنین مستندسازی فعالیت‌های صورت گرفته در این باره به منظور استفاده از آنها در برنامه ریزی های آتی اعلام می‌نماید. امید است که با مستندسازی درسی آموخته های سیل اخیر و لحاظ آنها در برنامه ریزی های آتی، دیگر شاهد این شرایط نبوده و بتوانیم از منابع آب نیل به نحو احسن بهره‌مند شویم.

لطفاً شماره گزیده منتخب خود را به: آدرس: comp.irwwa@gmail.com یا subject@irwwa24.com ارسال فرمایید. در قسمت subject: لطفاً شماره مسئله را وارد کنید. در پایان هر نامه به نظر برآورده به قید حتماً درج می‌شود.

۲۹

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال سوم - شماره سی و نهم - خرداد ماه ۱۳۹۸



اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
+91-887313790

نشانی پستی:

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

نشانی تلگرام:

<https://t.me/irwwa24>

نشانی لینکدین:

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



مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیش رو
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

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

سخن اول:

مسئله شماره ۲۵

به نظر شما چرا با وجود بارش‌های قابل توجه همچنان شاهد مشکل کم آبی هستیم؟

لطفاً شماره گزیده منتخب خود را به: آدرس: comp.irwwa@gmail.com یا subject@irwwa24.com ارسال فرمایید. در قسمت subject: لطفاً شماره مسئله را وارد کنید. در پایان هر نامه به نظر برآورده به قید حتماً درج می‌شود.

تابستان و گرمای آن در راه است. به نظر می‌رسد با توجه به حجم قابل توجه بارشهای سال اخیر و سیلاب‌های به وقوع پیوسته احتمال نیاید با مشکل کم آبی در کشور مواجه باشیم. اما اگر کمی دقیقتر بررسی شود متوجه میشویم که مشکل تأمین آب در بسیاری از بخشهای کشور به ویژه برای شرب جدی است! قطعی آب در برخی از مناطق کشور آغاز شده و مشکل همچنان باقی است. سوالی که مطرح می‌شود این است که: دلایل این امر چیست و چرا باید با وجود بارشهای قابل توجه و به قول برخی کارشناسان ورود به دوره ترسالی‌ها همچنان شاهد این دست مشکلات باشیم؟

لطفاً شماره گزیده منتخب خود را به: آدرس: comp.irwwa@gmail.com یا subject@irwwa24.com ارسال فرمایید. در قسمت subject: لطفاً شماره مسئله را وارد کنید. در پایان هر نامه به نظر برآورده به قید حتماً درج می‌شود.

کنفرانس‌های داخلی

عنوان کنفرانس	برگزارکننده	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
چهاردهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران	دانشگاه ارومیه - انجمن آبخیزداری ایران	ارومیه	۲۵ و ۲۶ تیر ۱۳۹۸	http://wms98.ir/fa/
هفتمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب	دبیرخانه دائمی کنفرانس	تهران	۱۴ و ۱۵ مرداد ۱۳۹۸	http://www.ifmc.ir/fa/
چهارمین کنگره بین‌المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران	دبیرخانه دائمی - موسسه آموزش عالی میعاد - دانشگاه شیراز - دانشگاه یاسوج - دانشگاه مازندران	تبریز	۲۳ تا ۲۵ مرداد ۱۳۹۸	http://www.4icsda.ir/fa/
پانزدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر	دانشگاه شهید باهنر کرمان	کرمان	۶ و ۷ شهریور ۱۳۹۸	http://ncier15.uk.ac.ir/
سومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران	انجمن هیدرولوژی ایران - دانشگاه تبریز - مرکز تحقیقات منابع آب	تبریز	۲۶ تا ۲۸ شهریور ۱۳۹۸	http://3irhydrotabrizu.ir/fa/
کنفرانس ملی بهداشت و محیط زیست	دانشگاه علوم پزشکی اردبیل - دانشگاه جامع علمی کاربردی شهرداری اردبیل - موسسه زیست رهیویان ایده‌پرداز آرتا - استانداری اردبیل	اردبیل - دانشگاه علوم پزشکی اردبیل	۱۷ و ۱۸ مهر ۱۳۹۸	http://confhe.ir/fa/
اولین همایش ملی فناوری‌های نوین در حوزه مهندسی شیمی و علوم زیستی	انجمن توسعه علوم و فناوری‌های نوین ایران	تهران	۳۰ مهر ۱۳۹۸	http://mgconf.ir/fa/
دومین کنگره ملی شیمی و نانو شیمی از پژوهش تا فناوری	انجمن علوم و فناوری‌های شیمیایی ایران	تهران	۲۲ و ۲۳ آبان ۱۳۹۸	http://iccnrt.com/fa/
اولین کنگره بین‌المللی و چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران	انجمن آبیاری و زهکشی ایران - دانشگاه ارومیه	ارومیه	۲۲ و ۲۳ آبان ۱۳۹۸	http://inciid2019.ir/fa/
دومین همایش ملی حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی	دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دانشگاه مازندران، نشریه مدیریت بحران و اداره کل پدافند غیر عامل استان	مازندران	۲۸ تا ۲۹ آبان ۱۳۹۸	http://www.cip2019.ir/
هشتمین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبخیز باران	دانشگاه فردوسی مشهد - انجمن سیستم‌های سطوح آبخیز ایران	مشهد	۵ و ۶ آذر ۱۳۹۸	https://rcsconf8.ir/fa/
دومین همایش ملی مدیریت مصرف آب با رویکرد کاهش هدر رفت و بازیافت	انجمن آب و فاضلاب ایران - دانشگاه تهران	تهران	۱۹ تا ۲۱ آذر ۱۳۹۸	http://www.iwwa-conf.ir/
ششمین کنگره ملی عمران، معماری و توسعه شهری	دبیرخانه دائمی کنگره - دانشگاه میعاد - دانشگاه شیراز - دانشگاه مراغه - دانشگاه علم و صنعت ایران	تهران	۱۹ تا ۲۱ آذر ۱۳۹۸	http://www.6icsau.ir/fa/
هجدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران	انجمن هیدرولیک ایران - دانشگاه تهران	تهران	۱۶ و ۱۷ بهمن ۱۳۹۸	http://www.conf.iha.ir/
هفدهمین همایش ملی ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ایران	انجمن ارزیابی محیط‌زیست ایران	تهران	۳۰ بهمن و ۱ اسفند ۱۳۹۸	http://iraneia.ir/fa/AnnouncementDetails.aspx?AnnouncementId=5154

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
10th IWA Symposium on Modelling and Integrated Assessment	Copenhagen, Denmark	1 – 4 September 2019	http://www.watertext2019.org/
Smarter Catchment Monitoring, Cleaner Waters-Supported	London, United Kingdom	4 – 6 September 2019	http://conference.intcatch.eu/
3rd IWA Resource Recovery Conference	Venice, Italy	8 – 12 September 2019	http://www.iwar2019.org/
5th IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations: Evolution of Technologies from Prehistory to Modern Times	Dead Sea, Jordan	11 – 13 September 2019	http://conferences.ju.edu.jo/en/IWA5/Home.aspx
20th International Symposium on Health Related Water Microbiology	Vienna, Austria	15 – 20 September 2019	http://www.hrwm.eu/
The 7th Busan Global Water Forum – Supported	Busan, South Korea	18 – 19 September 2019	http://www.bwf.kr/
Regional Water Loss Conference	Bucharest, Romania	22 – 24 September 2019	http://www.waterloss2019.org/index.php/en/
LESAM/PI 2019	Vancouver, Canada	23 – 27 September 2019	https://lesampi2019.com/upload/
IWA-IDB Innovation Conference on Sustainable Use of Water: Cities, Industry and Agriculture	Guayaquil, Ecuador	30 September – 3 October 2019	https://www.globalsustainablewater.org/
11th IWA EE YWP Conference: Water for All, Water for Nature, Reliable Water Supply, Wastewater, Treatment and Reuse	Prague, Czech Republic	1 - 5 October 2019	http://iwa-ywp.eu/
The 7th IWA Specialist Conference on Natural Organic Matter in Water	Tokyo, Japan	7 – 10 October 2019	http://iwa-nom7.org/index.html
European workshop. Wastewater Phosphorus Removal Tomorrow: Ambitions and Reality – Supported	Liege, Belgium	9 October 2019	https://phosphorusplatform.eu/events/upcoming-events
8th IWA Odour and VOC/Air Emissions Conference	Hangzhou, China	14 - 16 October 2019	http://iwaodours2019.csp.escience.cn/
XII Iberoamerica Forum on Regulation – FIAR (Supported)	Cartagena, Colombia	16 - 17 October 2019	https://www.cra.gov.co/seccion/fiar.html
11th Micropol & Ecological Conference 2019	Seoul, South Korea	20 – 24 October 2019	http://www.micropol2019.org/
19th IWA International Conference on Diffuse Pollution & Eutrophication	Jeju, South Korea	27 – 31 October 2019	http://www.iwadipcon2019.org/
8th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition 2019	Hong Kong, China	31 October – 2 November 2019	http://www.iwaaspire2019.org/
Amsterdam International Water Week Conference	Amsterdam, Netherlands	4 – 5 November 2019	https://www.amsterdamiww.com/
IWA Biofilms: Biofilms & their interactions with surfaces	Santiago, Chile	5 – 8 November 2019	http://biofilms2019.org/
The 4th IWA Spain National Young Water Professionals Conference	Madrid, Spain	12 – 15 November 2019	http://ywp-spain.es/index.php/congreso-ywp-2019/
Mixing in the Water Industry (Supported)	Bedfordshire, United Kingdom	12 November 2019	https://www.icheme.org/watermixing
IWA Particle Separation Specialist Conference 2019: Formation, Utilization and Removal of Particles for Improved Water Quality	Amherst, Massachusetts, USA	13 – 15 November 2019	https://blogs.umass.edu/iwaparticles2019/%20%20

http://mewe2019.org/	17 – 20 November 2019	Hiroshima, Japan	8th IWA Microbial Ecology and Water Engineering Specialist Conference
http://www.nrr2019.com/	25 – 28 November 2019	Shanghai, China	2019 Innovation Conference on Sustainable Wastewater Treatment and Resource Recovery
http://www.swws2019.com/	1 – 5 December 2019	Murdoch, Australia	16th International Specialised Conferences on Small Water and Wastewater Systems
http://www.waterdevelopmentcongress.org/	1 – 5 December 2019	Colombo, Sri Lanka	IWA Water and Development Congress & Exhibition 2019
https://www.awwa.org/Events-Education/Water-Loss	3 – 5 December 2019	Nashville, USA	The North American Water Loss Conference & Exposition – Supported
https://www.icisequynhon.com/conferences/2020/IWA_specialist_conference_on_water_basin_and_river_management/	9 – 13 February 2020	Quy Nhon, Vietnam	15th IWA Specialist Conference on Water Basin and River Management
http://iwa-ywp.pl/	12 – 14 February 2020	Warsaw, Poland	2nd IWA Polish Young Water Professionals Conference
http://www.ywpbenelux.org/	12 – 14 February 2020	Luxembourg, Luxembourg	6th IWA young water professionals conference of the BeNeLux
http://www.iwa-win.org/	30 March – 2 April 2020	Nanjing, China	IWA Conference Water in Industry 2020
https://iwa-network.org/events/ecostp2020-impacting-the-environment-with-innovation-in-wastewater-treatment-supported/	30 March – 2 April 2020	Milano, Italy	EcoSTP2020 – Impacting the environment with innovation in wastewater treatment (Supported)
https://iwa-network.org/events/iwa-regional-symposium-on-water-wastewater-and-environment-traditions-and-cultures/	28 – 30 April 2020	Istanbul, Turkey	IWA Regional Symposium on Water, Wastewater and Environment: Traditions and Cultures
http://www.lwwtp2020.net/	10 – 14 May 2020	Vienna, Austria	13th IWA Specialised Conference on Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants
http://iwa-ywp.eu/	20 – 23 May 2020	Riga, Latvia	12th Eastern European Young Water Professionals Conference : Water for All – Water for Nature, Reliable Water Supply, Wastewater Treatment
http://capdevsymposium.un-ihe.org/	27 – 29 May 2020	Delft, Netherlands	6th International Symposium on Knowledge and Capacity for the Water Sector: From capacity development to implementation science (Supported)
https://www.waterloss2020.org/en/index.html	7 – 10 June 2020	Shenzhen, China	Water Loss 2020
http://www.iwa-nrr.org/	8 – 12 June 2020	Espoo, Finland	Nutrient removal and recovery conference
https://www.siwv.com.sg/events/details/water-convention-2020	5 – 9 July 2020	Singapore, Singapore	Singapore International Water Week – Water Convention 2020
https://www.wrrmod2020.org/	22 – 26 August 2020	Arosa, Switzerland	WRRmod2020: 7th IWA Water Resource Recovery Modelling Seminar
http://worldwatercongress.org/	18 – 23 October 2020	Copenhagen, Denmark	IWA World Water Congress & Exhibition 2020
http://www.iwa-network.org/events/13th-iwa-conference-on-instrumentation-control-and-automation/	12 – 16 September 2021	Beijing, China	13th IWA Conference on Instrumentation, Control and Automation



دومین همایش ملی مدیریت مصرف آب بارویکرد کاهش هدررفت و بازیافت

زمان: ۱۹ تا ۲۱ آذر ماه ۱۳۹۸
مکان: دانشگاه تهران

2nd NATIONAL CONFERENCE ON
WATER CONSUMPTION MANAGEMENT
LOSS REDUCTION & REUSE
10-12 DEC. 2019 - TEHRAN-IRAN

محورهای همایش

- کاهش مصرف و ارتقای بهره‌وری آب در بخش‌های شرب و صنعت
- فناوری‌های ساده و ارزان قیمت بازیافت پساب و مدیریت مصرف
- پایش کمی و کیفی پساب بازیافتی و کاهش ریسک استفاده از آن
- تحلیل پایداری و پیوند آب-انرژی در سامانه‌های آبرسانی
- هوشمندسازی شبکه‌های توزیع آب، بهره‌برداری از تاسیسات آب و فاضلاب در شرایط بحرانی
- رویکردهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و حقوقی در مدیریت مصرف و استفاده از پساب
- کاهش آب بدون درآمد در سامانه‌های آبرسانی
- مدیریت و بازیافت زهاب کشاورزی

مهلت ارسال مقالات کامل: ۲۰ مهر ماه ۱۳۹۸



آدرس دبیرخانه: تهران، خیابان انقلاب، خیابان قدس،
کوچه فردانش، پلاک ۱۱، دفتر گرسی یونسکو در بازیافت آب
تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۷۰۳۷۵، فکس: ۰۲۱-۸۸۹۷۴۶۳۹

iwwa-conf.ir
info@iwwa-conf.ir
@WCM2

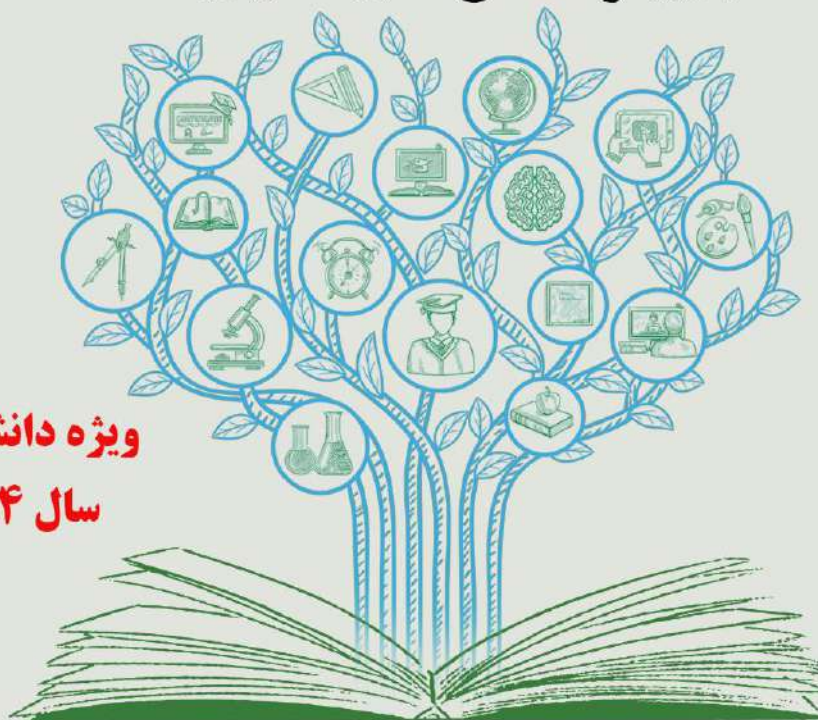


Sponsored and Indexed by
CIVILICA
We Respect the Science



فرخوان چهارمین دوره انتخاب پایان نامه برتر
با موضوع

مدیریت مصرف آب بارویکرد کاهش هدررفت و بازیافت



ویژه دانش آموختگان
سال ۱۳۹۴ به بعد

انجمن آب و فاضلاب ایران در نظر دارد در چهارمین دوره برگزاری مسابقات پایان نامه برتر، به منظور ترویج تحقیقات بنیادی و کاربردی در حوزه علوم و آب و فاضلاب، پایان نامه های برتر در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری با رویکردهای زیر را مورد تشویق قرار دهد.

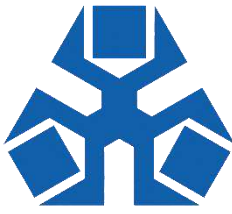
- کاهش مصرف و ارتقای بهره وری آب در بخش های شرب و صنعت
- فناوری های ساده و ارزان قیمت بازیافت پساب و مدیریت مصرف
- پایش کمی و کیفی پساب بازیافتی و کاهش ریسک استفاد از آن
- تحلیل پایداری و پیوند آب-انرژی در سامانه های آبرسانی
- کاهش آب بدون درآمد در سامانه های آبرسانی
- هوشمندسازی شبکه های توزیع آب، بهره برداری از
- تاسیسات آب و فاضلاب در شرایط بحرانی
- رویکردهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و حقوقی در
- مدیریت مصرف و استفاده از پساب
- مدیریت و بازیافت زهاب کشاورزی

از علاقه مندان دعوت می شود تا برای شرکت در مابقه، فایل پایان نامه به همراه مقالات منتشر شده علمی و پژوهشی خود را حداکثر تا تاریخ ۲۰ مهرماه ۱۳۹۸ از طریق سایت انجمن به نشانی IRWWA.IR برگذاری نمایند. جوایز مابقه پایان نامه برتر همزمان با برگذاری دومین همایش ملی مدیریت مصرف در آذرماه ۱۳۹۸ اعطا می شود.

irwwa.ir
info@iwwa.ir
@irwwa94



آدرس دبیرخانه، تهران، خیابان طالقانی، (بین قدس و وصال)،
پلاک ۴۲۹، طبقه چهارم، واحد ۷، کد پستی: ۱۴۱۷۷۱۳۷۶۵
تلفکس: ۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

 شرکت مهندسی کاشفان فا	 سیال کنترل FLUID CONTROL ما راهی را پیدا می کنیم	 مهندسین مشاور آبخوان منابع آب - تأسیسات شهری - سدسازی - کشاورزی، منابع طبیعی و دامپروری - حفاظت و مهندسی رودخانه - محیط زیست
 MZA	 پادیاب تجهیز	 PERSIA ARAS JONUB Co.
 S.A.A سنجش افزار آسیا (با مسئولیت محدود)	 سپید یاس فراز (سهایی خاص)	 Alilab Group aidar company شرکت مهندسی حلیل آب پایدار
 شرکت فناوری زیست محیط بیاک صبا تأسیس: ۱۵۲۲	 ماشین سازی اراک	 مهاب غودس شرکت مهندسی مشاور MAHAB GHODSS CONSULTING ENGINEERING CO.
 مهندسین مشاور آببران	 SafBon	 یک گام جلوتر طلایه TALAYEH INDUSTRIAL COMPLEX تأسیس ۱۳۵۹
 تشریلات اتوماتیک بلندا ۰۲۵ - ۳۳۳۳۶۰۰۰ (خط ۱۵)  BOLANDA www.bolanda-co.com @bolandafaucets	 مهندسین مشاور ساز آب (سهایی خاص) رسته کارهای آبی - معماری و ژئوتکنیک	 آبساران مهندسین مشاور Absaran Consulting Engineers www.absaran-co.ir
 مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب فاضلاب	 هپیکو شرکت توسعه خط لوله هامون Hamoon Pipe Line Development Company Hapico	

شرکت سافبن	
شرکت هلدینگ بین‌المللی سافبن بیش از ۲۵ سال تجربه در صنایع تصفیه آب و پساب و محیط‌زیست و سابقه اجرای بیش از ۵۰۰ پروژه در سرتاسر دنیا را دارد. این شرکت در اجرا و پیشبرد پروژه‌ها در صنایع مختلف از تکنولوژی پیشرفته، نوآوری بیش از ۷۵ مورد ثبت امتیاز انحصاری و تجربه عملی شرکت‌های اروپایی زیرمجموعه خود در تصفیه آب و فاضلاب شهری و صنعتی، بازیابی پساب، شیرین‌سازی آب دریا، سیستم‌های ZLD، زباله سوز و ... استفاده کرده است. در حال حاضر شرکت هلدینگ سافبن ۱۰۰٪ سهامدار شرکت KWI اتریش با ۷۰ سال سابقه در طراحی، ساخت و تولید سیستم‌های DAF (سیستم‌های شناورسازی با هوای محلول) و همچنین عمده سهامدار شرکت ItN آلمان، طراح و سازنده سیستم‌های غشایی تخت سرمایی با پوشش نانو در فرآیندهای اولترافیلتراسیون است.	

شرکت فراز آب	
مهندسین مشاور فراز آب در سال ۱۳۷۱ و با همت تعدادی از مهندسين با سابقه در تبریز تاسیس شد. دستیابی به قابلیت‌های علمی و فنی مطلوب در اثر تلاش مستمر مدیران و متخصصان شاغل مهندسین مشاور فراز آب را قادر ساخته تا ضمن ارائه خدمات گسترده در تخصص‌های مختلف در سطح کشور در صدور خدمات فنی و مهندسی به کشورهای همسایه نیز موفقیت‌های قابل توجهی را کسب نماید. این مهندسین مشاور در حال حاضر با بهره‌گیری از ربع قرن سابقه با متمرکز نمودن دفتر مرکزی خود در شهر تبریز و دفاتر نمایندگی در استان‌های تهران، آذربایجان غربی، هرمزگان (منطقه آزاد تجاری کیش) و منطقه آزاد تجاری-صنعتی ارس و بهره‌گیری از دانش فنی بیش از ۳۰۰ پرسنل متخصص، در جستجوی اهداف فرامنطقه‌ای بوده و درصدد است توانایی‌های خود را در مقیاس بزرگتر به‌منصه ظهور برساند.	

شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس	
توانمندی‌های شرکت مه‌اب قدس، با تکیه بر توان بالای فنی - مهندسی و برخورداری از نعمت وجود حدود ۲۴۰۰ نفر پرسنل سختکوش که بالغ بر ۲۰۰۰ نفر از آنان دانش‌آموخته ۸۵ رشته فنی-مهندسی دانشگاه‌های برتر داخلی و بین‌المللی، در ۱۵۵ گرایش تخصصی هستند، با استفاده از قریب ۸۰۰ مهندس عمران، شرایط مساعدی ایجاد کرده است. اکنون مه‌اب قدس با پشت سر گذاشتن سی و سومین سال تاسیس خود می‌تواند با افتخار و سربلندی از نقش کار ساز و حضور موفقیت‌آمیز خود در بیش از ۲۰۰۰ پروژه مهم سد سازی، نیروگاه‌های برق‌آبی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، خطوط انتقال سیالات (نفت، گاز و آب)، تاسیسات آب و فاضلاب، بندر سازی و سازه‌های دریایی، مطالعات: منابع آب، محیط‌زیست اقتصادی و اجتماعی، ژئوماتیک، خدمات مهندسی تاسیسات حمل و نقل ریلی شهری (مترو)، صنعت تونل، راه‌سازی و سخن به‌میان آورد.	

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

حق عضویت اعضای حقیقی

نوع	مبلغ (ریال)
حق عضویت با تاخیر سالهای ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ (به ازای هر سال)	۵۵۰۰۰۰
حق عضویت دو ساله (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)	۱۰۰۰۰۰۰
حق عضویت چهار ساله با تخفیف (۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱)	۱۸۰۰۰۰۰
هزینه صدور و ارسال کارت عضویت (در صورت تمایل به دریافت کارت غیر کاغذی)	۳۰۰۰۰۰

حق عضویت اعضای حقوقی

نوع شرکت	حق عضویت سالانه (ریال)
کوچک	۳۰۰۰۰۰۰
متوسط	۶۰۰۰۰۰۰
بزرگ	۱۰۰۰۰۰۰۰

هزینه چاپ آگهی در نشریات انجمن

نوع	مبلغ (ریال)
۱ صفحه در یک شماره	۱۲۵۰۰۰۰۰
۲ صفحه در یک شماره	۲۵۰۰۰۰۰۰
۱ صفحه در چهار شماره پیاپی*	۵۰۰۰۰۰۰۰
۲ صفحه در چهار شماره پیاپی*	۸۰۰۰۰۰۰۰

* شامل یک سال عضویت حقوقی انجمن

شماره حساب: ۱۳۵۷۲۰۶۲۳

شماره شب: IR930180000000000135720623

شماره کارت مجازی: ۵۸۵۹-۸۳۷۰-۰۰۱۲-۶۲۵۶

بانک تجارت شعبه اردیبهشت (کد ۱۸۷) به نام انجمن آب و فاضلاب ایران
لطفاً اسکن فیش واریزی را به ایمیل انجمن (info@irwwa.ir) ارسال فرمایید.

مزایای عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

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

محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل pdf مقاله بدون نام نویسندگان که شامل کلیه اجزا و محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل مشخصات نویسندگان.

- فایل حق چاپ (Copy Right): نامه‌ای است که نویسندگان با مضمون تعهد ارسال مقاله فقط برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه می‌کنند و با امضای کلیه مولفین با ترتیبی که قرار است چاپ شود، ارسال می‌نمایند (نمونه این نامه در زمان ثبت مقاله در قسمت نامه به سردبیر قابل رویت است).

❖ **نرم‌افزار حروف‌چینی:** نرم‌افزار Microsoft Word 2013

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

❖ **نام نویسنده(گان):**

به‌همان ترتیبی که در مقاله چاپ می‌شود، در یک فایل جداگانه به‌طور کامل آورده می‌شود. عناوین دانشگاهی نویسنده(گان) به‌ترتیب نویسنده: مرتبه علمی، گروه، دانشکده، دانشگاه، شهر، کشور نشان داده می‌شود. عناوین غیر دانشگاهی نیز به‌ترتیب عنوان آخرین مدرک دانشگاهی، سمت، محل کار، شهر و کشور نشان داده شود. ثبت اسامی تمامی نویسندگان به‌همراه 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 این‌صورت 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 تحقیق، بیشتر پیرامون آن‌ها است.

❖ **متن مقاله:**

نویسندگان محترم پس از آماده‌سازی مقاله مطابق راهنمای تدوین مقالات، از طریق ثبت‌نام 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 ثبت‌نام 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 به‌هیچ‌عنوان دوباره در سامانه ثبت نام نکند.
- وارد کردن اسامی و اطلاعات کامل تمامی نویسندگان در سامانه و در محل مربوط به مشخصات نویسندگان مقاله، الزامی است.

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

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

با توجه به آیین نامه جدید نشریات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، از این پس امکان چاپ مقالات پژوهشی نیز وجود دارد و نوع هر مقاله (پژوهشی، ترویجی، یادداشت فنی) در بالای آن درج خواهد شد.

❖ **فایل‌های لازم**

نویسنده مسئول مقاله به‌هنگام ثبت مقاله، فایل‌های زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می‌نماید:

- فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، که شامل کلیه اجزا و

متن کامل مقاله در دو فایل جداگانه شامل یک فایل ورد با قلم نازک B Nazanin با اندازه ۱۲ برای زبان فارسی و قلم Times New Roman با اندازه ۱۰ برای زبان انگلیسی و با فاصله بین خطوط ۱/۵ سانتیمتر به صورت تک ستونی و یک فایل با فرمت pdf ارائه می شود. فایل word مقاله، یک مقاله کامل و شامل تمامی اجزای ضروری است و با جانمایی درست شکل ها و جدول ها ارائه می شود. در فایل pdf، مقاله به صورت کامل و با جانمایی درست شکل ها و جدول ها ارائه می شود. همان طور که اشاره شد، در هر دو فایل word و pdf اسامی و مشخصات نویسندگان به طور کامل حذف می شوند.

متن مقاله شامل بخش های چکیده، مقدمه، مواد و روش ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث، نتیجه گیری و مراجع و همچنین شکل ها و جدول ها است. در صورت لزوم، بخش قدردانی در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع نوشته می شود. بخش های مختلف متن و همه صفحات و همچنین تمام سطرها به ترتیب شماره گذاری می شوند.

- معادل انگلیسی کلمات فارسی که نیاز به توضیح به زبان اصلی دارد، وقتی برای اولین بار در مقاله به کار می روند، به صورت زیرنویس در صفحه مربوط درج می شوند. زیرنویس ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص می شود.

❖ جدول ها و شکل ها:

در صفحات جداگانه در انتهای فایل word مقاله با کیفیت مناسب چاپ ارائه می شوند. همه جدول ها و شکل ها شماره گذاری شده و عنوان جدول در بالای آن و عنوان شکل در زیر آن نوشته می شود. در عنوان جداول و نمودارها باید سه ویژگی «چه، کجا و کی» برای محتوای آن مشخص شود. مثلاً نوشته شود: نوسان های دبی آب خام در تصفیه خانه بابا شیخ علی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵. در ضمن اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگری اخذ شده است، به مرجع موردنظر در آخر عنوان جدول یا شکل اشاره می شود و مشخصات مأخذ در بخش مراجع درج می شود. همچنین ارسال فایل اصلی شکل ها در محیط نرم افزاری به همراه کاربرگ داده های نمودار نیز ضروری است. در فایل pdf مقاله، تمامی شکل ها و جدول ها در محل خودشان در متن مقاله جانمایی می شوند.

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

- در مورد نمودارهایی که با نرم افزارهای تخصصی تهیه شده اند، ارسال کاربرگ داده های رسم نمودار نیز ضروری است.

❖ معادلات:

معادلات به صورت خوانا با حروف و علائم مناسب با استفاده از Microsoft Equation تهیه می شوند. واحدها برحسب واحد بین المللی (SI) و معادلات به ترتیب شماره گذاری می شوند.

❖ مراجع:

نگارش مراجع در این مجله براساس شیوه مرجع نویسی هاروارد است. در متن مقاله به منظور اشاره به مرجع به صورت انگلیسی (نویسنده، سال) عمل می شود و در انتهای مقاله مرجع نویسی 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 می شوند. لازم به ذکر است که همه مراجع فارسی به زبان انگلیسی ترجمه و ارائه می شوند. فقط مراجعی که در متن مقاله به آن ها اشاره شده است، در بخش مراجع آورده می شوند. تاکید می شود که در بخش فهرست مراجع نام تمامی مجلات- انتشارات- موسسات- کنفرانس ها و غیره به صورت کامل درج می شود و از به کار بردن نام اختصاری آن ها (Abbreviation) خودداری می شود. در متن مقاله نام نویسندگان مراجع فارسی (به صورت فارسی) و مراجع انگلیسی (به صورت انگلیسی) نوشته می شود. در صورتی که نویسندگان تا دو نفر باشند، نام هر دو نویسنده و در صورتی که بیش از دو نفر باشند، از عبارت (و همکاران) یا (et al.) در متن مقاله استفاده می شود.

❖ مقاله فارسی:

تابش، م.، بهبودیان، ص.، و بیگی، س.، (۱۳۹۳)، "پیش بینی بلندمدت تقاضای آب شرب (مطالعه موردی: شهر نیشابور)"، *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۰(۳)، ۱۴-۲۵.

عنبری، م.، (۱۳۹۲)، "تحلیل ریسک سیستم های فاضلاب با استفاده از شبکه های بیزین"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

❖ مقاله غیر فارسی:

Tabesh, M., Roozbahani, A., Roghani, B., Rasi Faghihi, N., and Heydarzadeh, R., (2018), "Risk assessment of factors influencing Non-Revenue Water using Bayesian Networks and Fuzzy Logic", *Water Resources Management*, 31(9), 2561-2578.

❖ مقاله منتشر نشده:

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

❖ کتاب:

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

❖ بخشی از کتاب:

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

❖ موسسه به جای نویسنده:

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

❖ مقالات کنفرانسی:

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

❖ پایان نامه:

de Schaetzen, W., (2000), "Optimal calibration and sampling design for hydraulic network models", Doctoral Dissertation, University of Exeter, Exeter, UK.

❖ سایت اینترنتی:

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

❖ تذکر مهم:

با توجه به افزایش شدید هزینه‌های انتشارنشریه در سال ۱۳۹۷، براساس مصوبه هیئت تحریریه و تایید هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران، کلیه مقالاتی که از ابتدای سال ۱۳۹۸ به مجله ارسال می شود باید مبلغ ۵۰۰ هزار ریال برای هزینه داوری و در صورت پذیرش مقاله نیز مبلغ یک میلیون ریال برای هزینه انتشار به حساب انجمن واریز و فیش آن را به همراه فایل‌های مقاله در سایت نشریه بارگزاری کنند.

Journal of Water and Wastewater Science and Engineering

Vol. 4, No. 1, Spring 2019

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
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 Science
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 Tehran Water & Wastewater Company
Sarrafzadeh, M.H. (PhD): Associate Professor, University of Tehran & Chairholder of UNESCO Chair on Water Reuse
Tabesh, M. (PhD): Professor, University of Tehran
Takdastan, A. (PhD): Associate Professor, Ahwaz Jundishapur University of Medical Science
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): Advisor of Deputy of Managing Director, Iran National Water & Wastewater Engineering Company
Sayahi, A. (PhD): Director General of the Office of research, Technology Development and Industry Relations, Iran Water & Wastewater Engineering Company
Hajhariri, A. (MSc): Former Deputy of Supervision of Operation, Tehran Water & Wastewater Company

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

Akhtari, N.
Shahangian, S. A.
Akhtari, N.
Ostadrahimi, A.
Iran Water & Wastewater Association (IWWA)
1000
No. 7, 4th Floor, 429 Taleghani Street, Tehran, Iran
+98 21 88956097
+98 21 88391390
2588-3941
2588-396X
info@jwwse.ir



ISSN 2588-3941

Journal of Water & Wastewater Science and Engineering

Volume 4, No. 1, Spring 2019

Preface	2
Technical Papers	
Daily Runoff Prediction in Maroun Basin Using HEC-HMS Model Abbas Ahmadpor, Seyyed Hassan Mirhashemi and Parviz Haghighat-Jo	4
A Review on Performance of Rotating Biological Contactor for Phenolic Wastewater Treatment Vahab Ghaleh Khondabi, Alireza Fazlali and Mohammad Arjomandzadegan	14
Health and Safety and Environmental Risk Assessment and Management in Urmia Sewage Treatment Plant by FMEA Method Kobra Setodemaram, Taher Khajepasha and Rahime Alizade	23
Simulation of Electrical Conductivity of Behbahan Plain Using ANN and ANN-PSO Models Fahimeh Sayadi Shahraki and Atefeh Sayadi Shahraki	34
The Relationship between Economic Added Value and Water Consumption in Agriculture and Industry Sectors Reza Maaboudi and Darioush Hassanvand	42
Technical Note	
Problems and the Most Suitable Way of Supplying, Operating and Maintaining the Instruments in the Water and Wastewater Companies Hadi Jafari, Seyed Hadi Hosseini Bidar and Hamid Reza Nikdad	52
General Section	
Interview	60
Round-Table	64
Best Thesis	76
Book Presentation	79
IWWA News	82