



ISSN 2588-3941

مجله علمی - ترویجی

# علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال اول - شماره یک، زمستان ۱۳۹۵

مجله علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال اول - شماره یک، زمستان ۱۳۹۵

انجمن آب و فاضلاب ایران

[www.jwwse.ir](http://www.jwwse.ir)

# علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۱ - شماره ۱ - زمستان ۱۳۹۵

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.

انجمن آب و فاضلاب ایران  
دکتر مسعود تابش  
دکتر حمیدرضا صفوی

صاحب امتیاز  
مدیر مسئول  
سر دبیر

اعضای  
هیئت تحریریه

دکتر بیژن بینا - استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان  
دکتر مسعود تابش - استاد دانشکده عمران، دانشگاه تهران  
دکتر علی ترابیان - استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران  
دکتر افشین تکدستان - دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز  
دکتر سید حسین سجادی فر - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهریار و مشاور معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور  
دکتر محمدحسین صراف زاده - دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران  
دکتر حمیدرضا صفوی - دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان  
دکتر ناصر طالب بیدختی - استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شیراز  
دکتر علی اکبر عظیمی - استادیار باز نشستہ دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران  
مهندس مجید قنادی - کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط و مشاور معاون مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور  
دکتر سیمین ناصری - استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران  
دکتر سارا نظیف - استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران  
دکتر منوچهر وثوقی - استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف



شرکت آب و فاضلاب استان تهران

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

ناھید اختری

نیاز مهدی اصفهانی

انجمن آب و فاضلاب ایران

۵۰۰ نسخه

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

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

کارشناس اجرایی

طراح و صفحه آرا

ناشر

شمارگان

آدرس:

تلفن:

فکس:

## سخن مدیرمسئول

## مقالات

- ۱  
بر آورد سرانه مصرف آب شرب: مطالعه موردی شهر اردکان  
علی اصغر سمسار یزدی، مژگان بقایی پور و محمد صالح سمسار یزدی
- ۴  
مروری بر روابط فشار- شکستگی در شبکه‌های آب‌رسانی  
ایمان مصلحی، محمدرضا جلیلی قاضی زاده
- ۱۱  
ارائه راهبردهای افزایش درآمد در شرکت آب و فاضلاب: مطالعه موردی آبفا مشهد  
جواد براتی، مریم رسولزاده، مریم مقیمی، علیرضا آقابابایی
- ۲۰  
تحلیل و ارزیابی عملکرد شبکه‌های توزیع آب با استفاده از معیارهای عملکرد و شاخص پایداری قطعی و فازی  
شیوا بختیاری، حمیدرضا صفوی، محمد حسین گل محمدی
- ۲۸  
مقایسه اثرات زیست‌محیطی ناشی از ساخت و اجرای انواع لوله‌های شبکه توزیع آب با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات  
محسن حاجی بابایی، سارا نظیف، سجاد واحدی زاده
- ۳۷  
برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و نشست منطقه‌ای: مطالعه‌ی موردی شهر دامنه، اصفهان  
حامد جاودانیان، محمود احمدی دارانی
- ۴۹  
نازل‌ها (یک تجربه در مورد ارتقای تصفیه خانه آب جلالیه تهران)  
جمشید چراغچی، مهرشاد صمدی
- ۶۱

## مطالب عمومی

- ۶۶  
مصاحبه  
فراخوان ایده کاوی  
ایده برتر  
معرفی کتاب  
گزارش فعالیت‌های انجمن
- ۶۹  
۷۰  
۷۲  
۷۳-۸۳





دکتر مسعود تابش  
استاد دانشگاه تهران و  
رئیس هیئت مدیره انجمن  
آب و فاضلاب ایران

همانگونه که ذکر شد ترویج علوم و فناوریهای مرتبط با حوزه آب و فاضلاب به نحوی که بتواند مورد استفاده مشترک دانشجویان، محققین و دانشمندان دانشگاهی و همچنین مدیران و کارشناسان شاغل در صنعت (اعم از شرکتهای آب و فاضلاب، مشاورین، پیمانکاران و سازندگان) قرار گیرد از مهمترین اهداف انجمن می باشد. برای تحقق بخشیدن به این اهداف دو فعالیت مستمر شامل:

■ برگزاری همایشهای سالیانه (بصورت عمومی و تخصصی)

■ انتشار مجله علمی ترویجی  
در دستور کار قرار گرفت.

این دو فعالیت، محلی برای آشنایی و تبادل نظر محققین دانشگاهی و کارشناسان حوزه صنعت آب و فاضلاب خواهد بود تا بتوانند نتایج تحقیقات، تجربیات، ایده ها و فناوریهای مورد نیاز و مورد استفاده خود را با یکدیگر تبادل کرده و ضمن آشنایی با آنها بتوانند در جهت استفاده و یا تکمیل آنها به یکدیگر کمک کنند.

در این راستا کنگره های سراسری انجمن به صورت دوسالانه و تحت عنوان «کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران» برنامه ریزی شد. اولین کنگره با مدد الهی در بهمن ماه ۱۳۹۵ در دانشگاه تهران برگزار شد و دومین کنگره هم در پاییز ۱۳۹۷ در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار خواهد شد.

با توجه به اینکه بخشی از وظایف انجمن توسط کمیته های تخصصی انجام می شود، اولین کمیته تخصصی انجمن تحت عنوان «تلفات آب» در بهمن ماه ۱۳۹۵ تشکیل و به عنوان اولین فعالیت، اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب را در پاییز ۱۳۹۶ در پردیس شهید عباس پور دانشگاه شهید بهشتی برگزار خواهد کرد.

در رابطه با انتشار مجله ذکر این نکته ضروری است که برای اولین بار مجله آب و فاضلاب با رتبه علمی - ترویجی از سال ۱۳۷۵ توسط شرکت مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب اصفهان شروع به انتشار کرد. این

خداوند متعال را بسیار شکرگزارم که پس از گذشت یکسال از تاسیس انجمن (علمی) آب و فاضلاب ایران توفیق انتشار نشریه علمی ترویجی «علوم و مهندسی آب و فاضلاب» با مجوز کمیسیون نشریات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری حاصل شد. انجمن آب و فاضلاب ایران وابسته به کمیسیون انجمنهای علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در بهمن سال ۱۳۹۴ موفق به کسب موافقت اصولی از وزارت علوم شد و اولین مجمع عمومی آن در شهریور ۱۳۹۴ برگزار و هیئت مدیره آن انتخاب شد. این انجمن در تاریخ ۱۳۹۵/۲/۷ به شماره ثبت ۳۸۴۳۸ بعنوان یک موسسه غیرتجاری به ثبت رسید. براساس اساسنامه مصوب، اهم اهداف و برنامه های انجمن عبارتند از:

■ انجام تحقیقات علمی و فرهنگی در سطح ملی و بین المللی با همکاری محققان و متخصصانی که به گونه ای با علم آب و فاضلاب و گرایشهای مربوطه سر و کار دارند.

■ همکاری با نهادهای اجرایی، علمی و پژوهشی در زمینه ارزیابی، بازنگری، اجرا و راهبری طرح ها و برنامه های مربوط به امور آموزش و پژوهش در زمینه علمی موضوع فعالیت انجمن.

■ ترغیب و تشویق پژوهشگران و تجلیل از محققان و استادان ممتاز.

■ ارائه خدمات آموزشی و پژوهشی و فنی

■ برگزاری گردهمایی های علمی در سطح ملی، منطقه ای و بین المللی.

■ انتشار کتب و نشریات علمی.

مجله که مورد استقبال ویژه جامعه دانشگاهی و کارشناسان صنعت قرار گرفته بود توانست طی سالیان زیادی بیشترین ضریب تاثیر را در بین نشریات فنی مهندسی کشور به دست آورد. از آنجا که از سال ۱۳۸۴ رتبه این مجله به علمی - پژوهشی تغییر یافت، به مرور زمان ارتباط کارشناسان صنعت با آن کاهش یافت و اکثریت مقالات به پژوهشهای نوآورانه دانشگاهی اختصاص پیدا کرد.

هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران با شناسایی این خلاء در حلقه ارتباطی دانشگاه و صنعت، بر آن شد تا نخستین مجله خود را با رتبه علمی - ترویجی منتشر سازد تا بتواند مطالب علمی دانشگاهی را با زبان ساده تر و قابل فهم تر برای کارشناسان حوزه صنعت مطرح کند. همچنین از طرف دیگر با انعکاس نظرات، ایده ها، نیازها و مشکلات صنعت، جامعه علمی و پژوهشگران کشور را به اندیشه و تحقیق برای حل مشکلات کاربردی صنعت ترغیب کند. نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب بنا دارد از طریق بخشهایی همچون مقالات دریافتی، اخبار علمی و فناوری، تجربیات کارشناسان خبره، معرفی کتاب ها، استانداردها و نرم افزارهای حوزه آب و فاضلاب، معرفی شرکتها و دستاوردهای آنها و غیره مطالب مورد نیاز دانشگاه و صنعت را مطرح کرده و ترویج دهد.

در راستای ارتباط هرچه بیشتر با صنعت، تفاهم نامه ای با شرکت آب و فاضلاب استان تهران منعقد شده است تا با مشارکت بیشتر و فعالتر کارشناسان صنعت بتواند به نحو مطلوبتری به اهداف خود دست یابد.

آنچه در پیش رو دارید اولین شماره این نشریه علمی - ترویجی است که با بضاعت و توان فعلی کادر اجرایی و هیئت تحریریه تهیه شده و مسلماً ایده آل و خالی از اشکال نخواهد بود. بدین لحظ از کلیه پژوهشگران و مخاطبین مجله در حوزه دانشگاه و صنعت شامل شرکتهای آب و فاضلاب، صنایع، مهندسین مشاور، پیمانکاران و سازندگان دعوت می شود اولاً با ارسال مطالب مرتبط با اهداف مجله و ثانیاً با ارسال پیشنهادات و انتقادات خود ما را در جهت

پویایی بیشتر این مجله یاری کنند.

در پایان لازم است از جناب آقای دکتر صفوی (سردبیر)، اعضای محترم هیئت تحریریه، کادر اجرایی مجله و همچنین کارشناسان واحد تحقیقات و خود کفایی صنعتی شرکت آب و فاضلاب استان تهران که ما را در انتشار اولین شماره این مجله یاری دادند صمیمانه تشکر نمایم.

و من اله التوفیق

مسعود تابش  
مدیر مسئول

## Estimation of the Per Capita Drinking Water Consumption; A Case Study of Ardakan City in Yazd Province

Ali Asghar Semsar Yazdi<sup>1</sup>, Mojgan Baghaeepoor<sup>2</sup>,  
Saleh Semsar Yazdi<sup>\*3</sup>

1- Assistant Professor, Managing Director of Tamadon Karizi Consulting Engineers, Yazd, Iran

2- Project Manager in Tamadon Karizi Consulting Engineers, Yazd, Iran

3- Head of Directory Board and Executive Manager, Tamadon Karizi Consulting Engineers, Yazd, Iran

\* Corresponding Author, Email: saleh.semsar@gmail.com

Received: 11/6/2017

Revised: 22/8/2017

Accepted: 26/8/2017

### Abstract

Applying policies and strategies related to water consumption management, necessitates studying variety of strategies leading to improvement of water productivity. One of these strategies is separation of drinking water networks from other uses (sanitation, greenery, etc.). In this regard, the per capita drinking water consumption plays a major role in the design of drinking water supply and distribution systems. However, it seems that few studies have been conducted on the estimation of this amount in Iran. Therefore, the numbers and statistics cited in the references and technical reports are either dependent on standards (IRI MPORG Publication-Codes for Designing Water Distribution Networks of the Cities) or estimated from other studies in the countries benefiting from similar climate and culture. The present study aimed to estimate the per capita consumption of drinking water in City of Ardakan, Yazd Province, through field studies and a survey of inhabitants who collected their required drinking water from public water distributors. For this purpose, the research background at the international level was reviewed and then a statistical methodology was developed and implemented for the survey and field studies. Finally, the data were statistically analyzed and the per capita consumption of drinking water in this area was determined as 4 liters per day. This amount includes potable water consumption, water used for making tea and the losses in the public water distributors.

**Keywords:** Drinking water distribution system, Drinking water separation, Per capita consumption, Potable water, Statistics.

## برآورد سرانه مصرف آب شرب: مطالعه موردی شهر اردکان

علی اصغر سمسار یزدی<sup>۱</sup>، مژگان باغچهپور<sup>۲</sup> و محمد صالح سمسار یزدی<sup>\*۳</sup>

استادیار و مدیر عامل شرکت مهندسی مشاور تمدن کاریزی، یزد، ایران

مدیر پروژه شرکت مهندسی مشاور تمدن کاریزی، یزد، ایران

مدیر داخلی و رئیس هیات مدیره شرکت مهندسی مشاور تمدن کاریزی، یزد، ایران

\* ایمیل نویسنده، مسئول: saleh.semsar@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۲۱

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۵/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۴

### چکیده

ضرورت اعمال سیاست‌های مرتبط با مدیریت مصرف آب، موجب شده است تا انواع راهکارهایی که منجر به افزایش بهره‌وری آب می‌شوند، مورد بررسی قرار گیرند. یکی از این راهکارها بهره‌گیری از سامانه‌های جداسازی آب شرب از مصارف بهداشتی است. در این راستا میزان سرانه آب شرب مصرفی نقش ویژه‌ای در طراحی‌های سامانه‌های تامین و توزیع آب شرب ایفا می‌کند. با این وجود، به نظر می‌رسد بر اساس سوابق موجود هیچگونه مطالعه و بررسی میدانی در رابطه با تعیین سرانه مصرف آب شرب در ایران صورت نگرفته باشد. بنابراین اعداد و ارقام مورد اشاره در مراجع و گزارش‌های فنی، تنها وابسته به استاندارد وضع شده تحت عنوان "مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری" و یا برگرفته از سایر مطالعات انجام شده در کشورهای مشابه از لحاظ اقلیمی و فرهنگی می‌باشد. در این پژوهش با بررسی‌های میدانی و آمارگیری از مشترکین شهر اردکان که آب شرب مصرفی خود را از جایگاه‌های عمومی برداشت آب تهیه می‌کنند، سرانه مصرف آب شرب برآورد شده است. در این راستا ابتدا، به بررسی سوابق مطالعاتی در سطح بین‌المللی پرداخته، سپس یک روش‌شناسی به منظور تعیین نحوه آمارگیری و مطالعات میدانی تدوین و اجرا شده است. در نهایت داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و رقم ۴ لیتر بر نفر در روز به عنوان مبنای طراحی سامانه توزیع آب شرب در منطقه مورد مطالعه به روش جایگاه عمومی برداشت آب، پیشنهاد شده است که این رقم شامل آشامیدن، تهیه چای و تلفات آب در جایگاه می‌شود.

**کلمات کلیدی:** جداسازی آب شرب، سامانه توزیع آب شرب، سرانه آب شرب، آب شرب، آمارگیری.

## ۱- مقدمه

نشریه دوم بجای محلول نمودن سهم هر یک از مصارف شرب، پخت و پز، مصارف بهداشتی، شستشو و مصارف تهویه فضای سبز در سرانه خانگی، کل مصرف سرانه خانگی را مدنظر قرار داده و توصیه کرده است تا مشاور براساس آمارگیری نمونه‌ای نسبت تعیین سرانه خانگی اقدام کند. این نشریه حتی تا آنجا پیش رفته که حداقل درصد نمونه‌گیری از مشترکین بر اساس جمعیت منطقه مورد مطالعه را نیز مشخص کرده است. بنابراین، آنچه در نهایت از بررسی‌های مشاورین حاصل می‌شود چیزی جز یک رقم کلی برای سرانه خانگی نیست. علت عدم درج جزئیات مصرف سرانه در نشریه دوم، عدم وجود تحقیقات مکفی در این زمینه در ایران است. این پژوهش و پژوهش‌های مشابه می‌توانند در تعیین اجزاء مصرف، ایفای نقش کنند. نشریه مذکور همچنین ارقامی را بمنظور حدود بالا و پائین متوسط سرانه خانگی (بدون فضای سبز و دام و طیور) بصورت تابعی از جمعیت توصیه کرده است (جدول ۲).

ارقام جدول ۲ که برای مصرف سرانه خانگی ارائه شده، کلی است و سرانه‌های جزئی نظیر آب آشامیدن، پخت و پز، شستشو و... را به تفکیک بیان نکرده است. به منظور دسترسی به ارقام واقعی لازم است تا سرانه‌های مذکور مستقلاً مورد بررسی قرار گیرند. چالشی که در اینجا وجود دارد آن است که انجام مطالعات میدانی به منظور تعیین هر یک از مصارف آشامیدن، پخت و پز، شستشو و... کار آسانی نیست و به نظر می‌رسد که در کشور ایران کمتر به پیمایش میدانی برای رسیدن به ارقام جزئی هر یک از مصارف فوق پرداخته شده باشد، حال آنکه اگر مطالعات میدانی دقیق برای شرایط اقلیمی و فرهنگی مختلف کشور صورت پذیرد، می‌تواند در

آب شرب و بهداشتی که توسط مشترکین خانگی مصرف می‌شود معمولاً صرف مواردی از قبیل آشامیدن، تهیه چای و پخت و پز، شستشو، مصارف بهداشتی، سیستم‌های تهویه مطبوع و فضای سبز خانگی می‌شود. میانگین مصارف فوق در طول یک سال برای هر نفر، متوسط مصرف سرانه خانگی نامیده می‌شود. تعیین ارقام مربوط به مصرف سرانه خانگی به تخمین مصارف هر یک از اجزاء آن بستگی پیدا می‌کند. آنچه که تاکنون در کشور ایران ملاک قرار گرفته است، استانداردهایی است که در این خصوص وضع شده‌اند. در واقع در ایران دو نشریه در خصوص مصارف سرانه آب منتشر شده که یکی مکمل دیگری است. اولین نشریه تحت عنوان «مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری» در سال ۱۳۷۱ و نشریه دیگر تحت عنوان «ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی» در سال ۱۳۹۲ توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری) منتشر شده است (نشریه ۳-۱۱۷، ۱۳۷۱؛ نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول، ۱۳۹۲). گرچه با انتشار نشریه دوم، نشریه اول کم اهمیت‌تر شده است ولی در عین حال نکاتی در نشریه اول وجود دارد که قابل تأمل بوده و می‌توانند در مطالعات مورد بهره‌برداری واقع شوند. یکی از آن نکات متوسط سرانه خانگی است که سهم جزئی مصارف در آن مشخص شده است (جدول ۱).

جدول ۱- توزیع اجزای مصرف سرانه خانگی (مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری، ۱۳۷۱)

| نوع مصرف           | مقدار مصرف<br>(لیتر بر نفر در روز) |
|--------------------|------------------------------------|
| آشامیدن            | ۲-۵                                |
| پخت و پز           | ۵-۱۰                               |
| استحمام            | ۲۵-۵۰                              |
| لباسشویی           | ۱۰-۲۰                              |
| ظرفشویی            | ۵-۱۵                               |
| دستشویی و توالت    | ۲۰-۳۰                              |
| شستشوی خانه        | ۳-۱۰                               |
| کولر و تهویه مطبوع | ۲-۵                                |
| مفرقه              | ۳-۵                                |
| جمع                | ۷۵-۱۵۰                             |

جدول ۲- کل مصرف سرانه خانگی به صورت تابعی از جمعیت جامعه (ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی، بازنگری اول، ۱۳۹۲)

| جمعیت<br>(هزار نفر) | مقدار مصرف سرانه خانگی<br>(لیتر بر نفر در روز) |
|---------------------|------------------------------------------------|
| روستاها             | ۷۵ تا ۹۰                                       |
| شهرهای کمتر از ۲۰   | ۷۵ تا ۱۱۰                                      |
| ۲۰ - ۱۰۰            | ۱۰۰ تا ۱۳۰                                     |
| ۱۰۰ - ۵۰۰           | ۱۲۰ تا ۱۴۰                                     |
| بیشتر از ۵۰۰        | ۱۳۰ تا ۱۵۰                                     |

جدول ۳- فهرست مطالعات کلیدی انجام شده در مورد سرانه مصرف آب شرب

| مرجع                             | سرانه مصرف آب شرب<br>(لیتر بر نفر در روز) |
|----------------------------------|-------------------------------------------|
| World Health Organization (2006) | ۲/۰                                       |
| U.S.EPA (2000)                   | ۱/۲۳                                      |
| USDA (1995)                      | ۱/۱۵                                      |
| Ershow and Cantor (1989)         | ۱/۴۱                                      |
| NAS (1989)                       | ۲-۴/۵                                     |
| Gleick (1996)                    | ۳/۰ - ۵/۰                                 |

می‌کنند. نکته قابل توجه آن که نشریه ۳-۱۱۷ که مبانی و ضوابط طراحی آبرسانی شهری را در سال ۱۳۷۱ وضع کرده، سرانه آب شرب در کشور ایران را ۲ تا ۵ لیتر نفر در روز تعیین کرده است.

### ۳- روش انجام پژوهش

با توجه به اینکه مراجع مختلف ارقام متفاوتی با طیفی گسترده را درخصوص سرانه شرب در اختیار قرار می‌دهند، مقرر شد تا در استان یزد مطالعات میدانی پیرامون این موضوع صورت گرفته و سعی شود تا بر این اساس میزان مصرف سرانه شرب تعیین شود. در این راستا، شهر اردکان که از تعدادی جایگاه عمومی برداشت آب شرب نیز برخوردار است، انتخاب و مقرر شد تا با مطالعه میدانی که روش و شرح آن در ادامه آمده است، سرانه مصرف آب شرب مورد بررسی قرار گیرد. لازم به ذکر است که با بررسی‌های انجام شده به نظر می‌رسد که تاکنون در کشورمان بررسی‌های میدانی در خصوص تعیین سرانه شرب انجام نشده و لذا نتایج این آمارگیری می‌تواند برای سایر نقاط کشور که از شرایط آب و هوایی مشابه برخوردار هستند، تعمیم داده شود.

به علت کیفیت نامطلوب آب در شهر اردکان در ماه‌های گرم سال، تعداد ۲۰ جایگاه عمومی برداشت آب شرب در شهر اردکان سامان‌دهی شده است که آب از طریق منابع آب

به روزرسانی ارقام مندرج در استاندارد و یا قضاوت مهندسی مهندسين مشاور تاثیرگذار بوده و آنان را به ارقام واقعی‌تر هدایت کند، امری که به منطقی شدن برآوردهای مالی و پرهیز از هرگونه اقدامات اجرایی غیر اصولی ختم خواهد شد.

انجام مطالعات میدانی با هدف تعیین سرانه آب شرب (آشامیدن) به همین منظور صورت گرفته است، مخصوصاً در مناطقی که سامانه‌های مجزای توزیع آب شرب طراحی می‌شود این مطالعات نقش مهمی ایفا می‌کند. تخمین این رقم می‌تواند منجر به محاسبات واقعی‌تر شده و در نتیجه تاسیساتی که برای این سامانه‌ها طراحی و اجرا می‌شوند، اقتصادی‌تر بوده و از کارایی مطلوب‌تری برخوردار باشند.

### ۲- بررسی سوابق مطالعاتی

بررسی‌های انجام شده در زمینه سرانه مصارف آب در سطح بین المللی که منتخبی از مهم‌ترین آنها در جدول ۳ آمده است، نشان می‌دهند که سرانه آب شرب (آشامیدن) عموماً در سه طبقه‌بندی بررسی نیاز بیولوژیک، برآورد مصرف و استانداردها گزارش شده است.

روش اول مبتنی بر بررسی نیازهای بیولوژیک بدن انسان به آب است. سازمان‌ها و پژوهشگران مختلفی در این زمینه پژوهش کرده‌اند. نتایج بررسی‌های آنان نشان می‌دهد که آب مورد نیاز بدن انسان‌ها برای بقا و ادامه حیات بسته به شرایط مختلف، بین ۱ تا ۵/۵ لیتر بر نفر در روز متغیر است. علت این دامنه تغییرات در سن، وزن، جنسیت، نوع فعالیت (ورزشی، غیر ورزشی، بارداری، شیردهی و ...)، شرایط آب و هوایی، نوع کار (سبک، سنگین، در معرض آفتاب، در سایه ...) نهفته است. روش دوم یعنی برآورد مصارف، بر پیمایش میدانی متمرکز است. نتایج بررسی‌های میدانی که بر پایه برآورد مصرف آب شرب در کشورهای مختلف بنا شده‌اند، نشان می‌دهد که دامنه تغییرات آب شرب مصرفی انسان‌ها بین ۱/۳۸ تا ۶ لیتر نفر در روز متغیر است که میانگین حدود پانزده درصد بالاتر از رقم محاسبه شده در روش اول است. لازم به ذکر است که این تحقیق، مبتنی بر مطالعه انجام شده در شهر اردکان، در طبقه‌بندی مطالعات میدانی قرار می‌گیرد.

استانداردها که نوعاً توسط کشورها وضع می‌شوند، ارقامی را در حدود ۵ لیتر نفر در روز برای تامین آب شرب پیشنهاد



#### ۴- یافته‌های تحقیق

##### ۴-۱- مشخصات نمونه آماری

در نمونه آماری این آمارگیری در شهر اردکان ۸۷/۶ درصد از پرسش‌شوندگان مرد و ۱۲/۴ درصد از آنان زن می‌باشند. بیش از ۷۱/۳ درصد از پرسش‌شوندگان تحصیلات زیردیپلم و دیپلم، ۱۰/۵ درصد فوق دیپلم، ۱۵/۱ درصد لیسانس، ۲/۷ درصد فوق لیسانس و بالاتر و ۰/۴ درصد تحصیلات حوزوی دارند. از نظر شغل پرسش‌شوندگان ۶/۱ درصد خانه‌دار، ۲/۶ درصد شغل آزاد، ۱۰/۳ درصد بازنشسته، ۱۵/۹ درصد کارمند و ۲۸/۹ درصد کارگر هستند. از نظر بعد خانوار، ۸۱/۵ درصد از پرسش‌شوندگان این پیمایش خانواده‌های چهار نفری و کمتر هستند.

در بررسی وضعیت ظروف مورد استفاده در برداشت آب شرب، ظرف ۲۰ لیتری بیشترین و ظرف ۱/۵ لیتری کمترین کاربرد را داشتند. همچنین ظروف ۲، ۳، ۴، ۶ و ۸ لیتری از دیگر ظروف مورد استفاده بوده است. لازم به ذکر است که نظر به تنوع ظروف مورد استفاده و عدم اطلاع دقیق پرسش‌شوندگان از حجم آنان، در محل آمارگیری توزین ظروف نیز انجام و با توجه به وزن مخصوص آب، پس از کسر وزن ظرف خالی، حجم ظروف حاصل گردید.

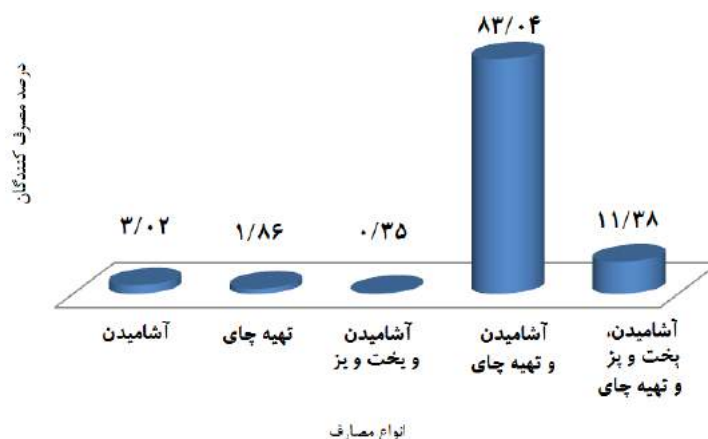
##### ۴-۲- چگونگی مصرف آب شرب برداشت شده

هدف از این آمارگیری تعیین سرانه مصرف آب شرب است، حال آنکه در اکثر مراجع، تعریف روشنی برای آب شرب انجام نشده است. مشخص نیست که منظور از آب شرب، آب مورد استفاده برای آشامیدن است یا شامل تهیه چای، پخت و پز، شستشوی میوه، سبزی و ظروف غذا هم می‌شود. با توجه به حساسیت قابل توجه چگونگی مصرف آب شرب در نتایج تحقیق، در صورتی می‌توان به رقم واقعی سرانه مصرف آب شرب دست یافت که از فراوانی پاسخ‌گویان در مصرف این آب اطلاع دقیقی حاصل شود. بدین منظور چند گزینه در پرسشنامه به شرح مندرج در شکل ۱ مطرح شد تا از پاسخ‌گویان استعلام شود. نظرات پاسخ‌گویان در زمینه چگونگی مصرف آب شرب برداشت شده در شکل ۱ بررسی شده است. بیش از ۸۳ درصد از مردم آب شرب برداشتی را برای آشامیدن و چای مورد استفاده قرار دادند که این گروه برای تعیین سرانه مصرف آب شرب مورد

با کیفیت بسیار مطلوب تامین می‌شود. بنابراین اهالی شهر اردکان به محض آغاز فصل تابستان و احساس تغییر در کیفیت آب شبکه به این جایگاه‌ها مراجعه کرده و آب مورد نیاز شرب (آشامیدن) و طبخ چای را از این طریق تهیه می‌کنند. مردم این آب را با ظروف مختلف با حجم‌های ۱/۵ الی ۲۰ لیتری به محل مصرف منتقل می‌کنند. منظور از آب شرب آبی است که صرف آشامیدن می‌شود. در این تحقیق به علت ماهیت پیمایش میدانی آن و عدم امکان تفکیک آماری آب آشامیدن از آبی که صرف طبخ چای می‌شود، آب شرب مورد محاسبه شامل آب آشامیدن و طبخ چای می‌شود.

در این پژوهش جامعه آماری مورد بررسی مشترکین شرکت آب و فاضلاب شهر اردکان است که برای بررسی تعیین میزان سرانه شرب حین مراجعه به جایگاه برای برداشت آب شرب مورد نیاز مورد پرسش قرار گرفته است. هدف آن بوده است که با طرح سوالات مهندسی شده، در نهایت میزان سرانه آب شرب در شهر اردکان حاصل شود. در هر بررسی نمونه‌ای، برای اندازه‌گیری واحدهای نمونه، انتخاب و تهیه ابزار اندازه‌گیری و مشخص کردن روش‌های اندازه‌گیری از اهمیت خاصی برخوردار است. در این پروژه بررسی نمونه‌ای صرفاً به‌وسیله پرسشنامه انجام می‌شود. به‌منظور دستیابی به نمونه‌های آماری مناسب از جامعه آماری در این طرح از روش نمونه‌گیری اتفاقی استفاده شده است.

گام بعدی برای اجرایی کردن پروژه، تهیه پرسشنامه‌ای بود که توانایی تعیین میزان سرانه شرب در شهر اردکان را داشته باشد. برای این منظور، ابتدا پرسشنامه مقدماتی تهیه شد. پس از مطالعه کتابخانه‌ای، بررسی‌های گروهی در جلسات کارشناسی و اضافه کردن بخش‌های تکمیلی و اعمال تغییرات لازم، پرسشنامه نهایی حاصل شد. در این پژوهش جامعه آماری، مشترکین شرکت آب و فاضلاب شهر اردکان با اندازه ۳۰۹۹۲ است. اندازه نمونه آماری در شهر اردکان با استفاده از رابطه کوکران با خطای کمتر ۰/۰۵ (ضریب اطمینان ۰/۹۵) برابر با ۷۹۵ است. نهایتاً تعداد ۸۸۰ پرسشنامه تکمیل و مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام نمونه‌گیری تعدادی از جایگاه‌های برداشت انتخاب شده و آمارگیران با حضور در آن مکان اقدام به تکمیل پرسشنامه‌ها کردند.



شکل ۱- نمودار میله‌ای توزیع درصد فراوانی چگونگی مصرف آب شرب برداشت شده از جایگاه‌های عمومی برداشت آب شرب در اردکان

توجه ویژه قرار گرفته‌اند.

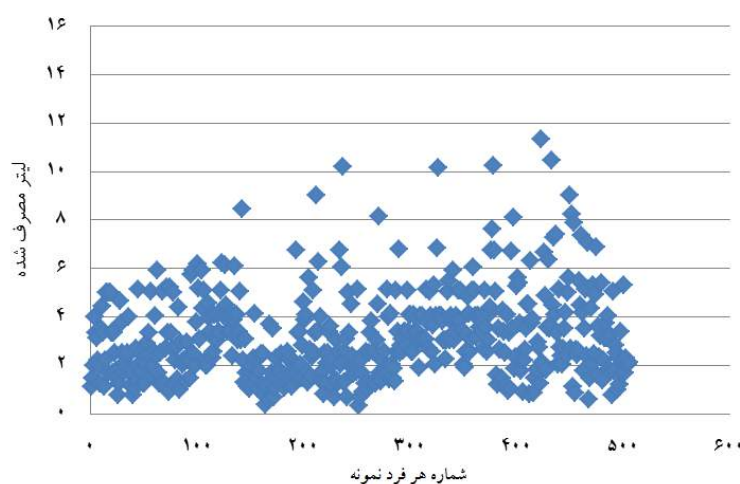
شده، ۵۰۶ پرسشنامه برای تعیین سرانه مصرف مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج در شکل ۲ و در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به اطلاعات جدول ۴، میانگین آب شرب مصرفی معادل ۳/۱۶۲۷ و میانه آن برابر ۲/۷ لیتر بر نفر در روز به‌دست آمده است. ۲۵ درصد از مصرف‌کنندگان کمتر از ۱/۷۶ لیتر و ۷۵ درصد کمتر از ۴/۰۵ لیتر آب مصرف نمودند. همچنین ۵ درصد از مصرف‌کنندگان کمتر از ۱/۰۲۶۸ لیتر و ۹۵ درصد از مصرف‌کنندگان کمتر از ۶/۷۲۲ لیتر آب مصرف کردند.

در ادامه بررسی شده است که با توجه به نتایج حاصل از میانگین نمونه (که رقم ۳/۲ لیتر بر نفر در روز را نشان می‌دهد)

$$\begin{cases} H_0 : \mu = 3.2 \\ H_1 : \mu = 3.2 \end{cases} \quad (1)$$

#### ۳-۴- بررسی میزان سرانه مصرف آب شرب

برای بررسی سرانه مصرف آب شرب در بخش دوم پرسشنامه سوالاتی در زمینه میزان آب شرب مصرفی، مدت زمان مصرف آب، تعداد نفراتی که آب را مصرف می‌کنند و چگونگی مصرف آب شرب پرسیده شده است. برای اطمینان بیشتر از صحت سرانه مصرف آب شرب، پرسشنامه‌هایی مورد بررسی قرار گرفتند که نوع مصرف آب شرب برداشتی را آشامیدن و چای انتخاب کرده بودند که ۸۳/۰۴ درصد از کل پرسشنامه‌ها را در بر می‌گرفت. به این ترتیب از تعداد ۸۸۰ پرسشنامه تکمیل



شکل ۲- نمودار پراکندگی سرانه مصرف آب شرب در شهر اردکان

آیا می‌توان استنتاج کرد سرانه مصرف آب شرب مشترکین شهر اردکان برابر  $3/2$  لیتر است یا خیر؟ برای بررسی این پرسش، فرضیه صفر، فرض برابری سرانه مصرف آب شرب با  $3/2$  و فرض مقابل، فرض نابرابری سرانه مصرف آب شرب با  $3/2$  در نظر گرفته می‌شود (رابطه ۱).  
نتایج مربوط به این فرض با استفاده از آزمون t-student

سطح معنی‌داری ۵ درصد در جدول ۵ آمده است. با توجه به P- مقدار از  $0/05$  کوچک‌تر نیست، فرض برابری سرانه مصرف آب شرب با  $3/2$  رد نمی‌شود. در ادامه در جدول ۶ تفاوت سرانه مصرف آب شرب با توجه به مشخصات فردی پاسخ‌گویان مورد بررسی قرار گرفته است.  
همانطور که ملاحظه می‌شود در همه موارد P- مقدار از

جدول ۴- سرانه مصرف آب شرب در شهر اردکان

| نوع مصرف | تعداد | میانگین | انحراف استاندارد | میان | چارک اول | چارک سوم | صدک پنجم | صدک دهم | صدک و پنجم |
|----------|-------|---------|------------------|------|----------|----------|----------|---------|------------|
| شرب      | ۵۰۶   | ۳/۱۶۲۷  | ۱/۸۴۹۷۴          | ۲/۷  | ۱/۷۶     | ۴/۰۵     | ۱/۰۲۶۸   | ۱/۲۵    | ۵/۳۲۵      |
|          |       |         |                  |      |          |          |          |         | ۶/۷۲۲      |

جدول ۵- آزمون آماری سرانه مصرف آب شرب در شهر اردکان

| میانگین | P- مقدار | آماره آزمون | فاصله اطمینان با ضریب ۹۵٪ |           |
|---------|----------|-------------|---------------------------|-----------|
|         |          |             | کران پایین                | کران بالا |
| ۳/۱۶۲۷  | ۰/۶۰۴    | ۰/۵۲        | ۳/۰۸۱۲                    | ۳/۴۰۴۳    |

جدول ۶- جدول آنالیز واریانس میزان رضایت مشترکین به تفکیک مشخصات پاسخگو در شهر اردکان

| مشخصات پاسخگویان   |            | مجموع توان دوم خطا | درجه آزادی | میانگین توان دوم خطا | F     | P- مقدار |
|--------------------|------------|--------------------|------------|----------------------|-------|----------|
| جنسیت              | بین گروهی  | ۱۱/۱۹۳             | ۱          | ۱۱/۱۹۳               | ۳/۳۰۷ | ۰/۰۷     |
|                    | درون گروهی | ۱۶۴۴/۶۵۷           | ۴۸۶        | ۳/۳۸۴                |       |          |
|                    | کل         | ۱۶۵۵/۸۵            | ۴۸۷        |                      |       |          |
| سن                 | بین گروهی  | ۲/۶۰۴              | ۳          | ۰/۸۶۸                | ۰/۲۵۳ | ۰/۸۵۹    |
|                    | درون گروهی | ۱۶۱۴/۹۴۱           | ۴۷۱        | ۳/۴۲۹                |       |          |
|                    | کل         | ۱۶۱۷/۵۴۵           | ۴۷۴        |                      |       |          |
| میزان تحصیلات      | بین گروهی  | ۹/۱۹۶              | ۴          | ۲/۲۹۹                | ۰/۶۷۸ | ۰/۶۰۸    |
|                    | درون گروهی | ۱۶۱۴/۵۸۶           | ۴۷۶        | ۳/۳۹۲                |       |          |
|                    | کل         | ۱۶۲۳/۷۸۳           | ۴۸۰        |                      |       |          |
| وضعیت شغلی         | بین گروهی  | ۳۲/۱۷۳             | ۷          | ۴/۵۹۶                | ۱/۳۵۳ | ۰/۲۲۳    |
|                    | درون گروهی | ۱۶۲۷/۲۰۸           | ۴۷۹        | ۳/۳۹۷                |       |          |
|                    | کل         | ۱۶۵۹/۳۸۱           | ۴۸۶        |                      |       |          |
| تعداد افراد خانوار | بین گروهی  | ۱۰/۳۶۶             | ۳          | ۳/۴۵۵                | ۱/۰۵۶ | ۰/۳۶۷    |
|                    | درون گروهی | ۱۵۷۶/۷۳            | ۴۸۲        | ۳/۲۷۱                |       |          |
|                    | کل         | ۱۵۸۷/۰۹۶           | ۴۸۵        |                      |       |          |

۰/۰۵ کوچک‌تر نیست و فرض برابری میانگین‌ها با مشخصات فردی متفاوت پاسخ‌گویان رد نمی‌شود، یعنی میزان سرانه مصرف آب شرب تحت تاثیر مشخصات فردی پاسخ‌گویان مانند جنسیت، سن، میزان تحصیلات، شغل و تعداد افراد خانوار قرار ندارد.

## ۵- جمع‌بندی

وجود جایگاه عمومی برداشت آب در اردکان از یک طرف، طراحی مناسب پرسشنامه و همکاری جامعه آماری از طرف دیگر فرصت بسیار مناسبی را برای بررسی میزان واقعی سرانه آب شرب در اختیار قرار داد که نهایتاً به رقمی معادل ۳/۲ لیتر بر نفر در روز ختم شد. با توجه به نتایج حاصله از بررسی سرانه آب شرب در کشورهای مختلف که در ابتدای این مبحث مرور شده است و همچنین با لزوم توجه به در نظر گرفتن ضریب اطمینان ناشی از تلفات آب در جایگاه‌های برداشت آب و همچنین استفاده احتمالی از آب جایگاه‌ها برای مصارف غیر شرب، که در رقم پایه ۳/۲ لیتر بر نفر در روز منظور نشده، مقدار ۴ لیتر بر نفر در روز به عنوان مبنای طراحی سامانه توزیع آب شرب در شهر اردکان به روش جایگاه عمومی برداشت آب، پیشنهاد شد. این رقم شامل آشامیدن، تهیه چای و تلفات آب در جایگاه می‌شود.

لازم به ذکر است رقم تخمینی سرانه شرب، تابعی از روش جداسازی آب است. بنابراین چنانچه سامانه توزیع آب شرب، با استفاده از روش دیگری، نظیر شبکه دوگانه توزیع آب یا آب بسته‌بندی طراحی شود، این رقم تغییر یافته و مستلزم پژوهش‌های ویژه است.

## ۶- تشکر و قدردانی

تهیه‌کنندگان این مقاله مراتب سپاس خویش را از وزارت نیرو، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و شرکت آب و فاضلاب استان یزد به خاطر حمایت از این مطالعات اعلام می‌کنند.

## ۷- مراجع

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۹۲)، «استاندارد طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی، نشریه ۱۱۷-۳ بازنگری اول، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، تهران، ایران.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و وزارت نیرو، (۱۳۷۱)، «مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری» نشریه ۱۱۷-۳، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، تهران، ایران.

Ershow, A.G., and Cantor, K.P., (1989), "Total water and tapwater intake in the United States: Population-based estimates of quantities and sources", National Cancer Institute, Bethesda MD., Order #263-MD-810264.

Gleick, P.H., (1996), "Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs", Water International, 21(2), 83-92.

NAS, (1989), Committee on safe drinking water, Drinking Water and Health, Vol. 9. Washington DC: National Academy Press.

USDA, (1995), Food and nutrient intakes by individuals in the United States, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service NFS Report No. 91-2.

U.S. EPA, (2000), Estimated per capita water ingestion in the United States, Office of Science and Technology, Office of Water, Washington, DC.

WHO, (2006), Guidelines for drinking-water quality: incorporating first addendum, World Health Organization, Vol. 1, Recommendations.



## A Review on Pressure-Burst Relationships in Water Networks

Iman Moslehi<sup>1\*</sup>, Mohammad Reza Jalili Ghazizadeh<sup>2</sup>

1- PhD Student in Civil Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Water and Wastewater, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

\*Corresponding Author, Email: immoslehi@gmail.com

Received: 12/6/2017

Revised: 22/8/2017

Accepted: 26/8/2017

### Abstract

Besides reducing leakage and consumption, pressure management affects as well the occurrence of new bursts in water supply systems. Over the past two decades, several researchers throughout the world have studied the benefits of pressure management on reduction in the burst frequencies. During this period a wide assortment of empirical models have been developed to determine pressure-burst relationships including pressure-leakage relationships. This survey aimed to conduct a comprehensive review of these studies, relationships, and empirical models pertaining to the effects of pressure management on the burst rates of pipes in water supply systems. For this purpose, developed relationships and empirical models by various researchers over the last twenty years were discussed and the advantages and disadvantages of them were summarized. Based on the review a better understanding of the pressure-burst relationships could be founded and the results could be used in the analysis and evaluation of pressure management schemes in water supply systems.

**Keywords:** Average zone point, Maximum pressure, Pressure-Burst relationship, Pressure management.

## مروری بر روابط فشار - شکستگی در شبکه‌های آبرسانی

ایمان مصلحی<sup>۱</sup> و محمدرضا جلیلی قاضی زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران- آب، دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۲- استادیار، گروه آب و فاضلاب، دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

\* نویسنده مسئول، ایمیل: immoslehi@gmail.com

اریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۲۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۵/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۶

### چکیده

مدیریت فشار علاوه بر کاهش نشت و مصرف بر وقوع شکستگی‌های جدید در شبکه‌های آبرسانی نیز تأثیر می‌گذارد. طی دو دهه اخیر مزایای مدیریت فشار بر کاهش تواتر شکستگی لوله‌ها توسط پژوهشگران مختلفی در سرتاسر جهان مورد بررسی قرار گرفته و روابط و مدل‌های گوناگونی به منظور تعیین روابط فشار- شکستگی نظیر روابط فشار- نشت توسعه داده شده است. هدف از ارائه این مقاله مروری کامل و جامع بر مطالعات، روابط و مدل‌های تجربی ارائه شده در ارتباط با تأثیر مدیریت فشار بر نرخ شکستگی لوله‌ها در شبکه‌های آبرسانی است. بدین منظور روابط و مدل‌های تجربی ارائه شده توسط پژوهشگران مختلف طی بیست سال اخیر مورد بحث و بررسی قرار گرفته و مزایا و معایب هریک از آن‌ها بیان شده است. بر اساس این مقاله می‌توان به درک و شناخت بهتری از روابط فشار - شکستگی دست یافت و نتایج آن می‌تواند در تحلیل و ارزیابی برنامه‌های مدیریت فشار در شبکه‌های آبرسانی مورد استفاده قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** مدیریت فشار، رابطه فشار- شکستگی لوله‌ها، شبکه‌های آبرسانی، نقطه میانگین ناحیه، فشار ماکزیمم.

(bert, 2001) با بررسی داده‌های تعدادی ناحیه ایزوله شده<sup>۴</sup> (DMA) و شبکه‌های آبرسانی در انگلستان، استرالیا، نیوزلند و برزیل اینگونه نتیجه گرفت که تواتر شکستگی لوله‌ها با افزایش و کاهش فشار رابطه مستقیم دارد. با توجه به نتایج مطالعات فوق، (Farley and Trow (2003 پیشنهاد دادند که تغییر در شکستگی لوله‌ها می‌تواند با تغییر در فشار با یک مؤلفه توانی یعنی  $p^{N_2}$  مرتبط باشد. بنابراین رابطه فشار - شکستگی به صورت رابطه (۱) ارائه شد:

$$\frac{BF_1}{BF_0} = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^{N_2} \quad (1)$$

فشار و  $P_0$  و  $P_1$ : مقدار فشار قبل و بعد از مدیریت فشار می‌باشند. تحقیقات (UK Water Industry Research (2003 روی یک مجموعه داده بزرگ در انگلستان مربوط به داده‌های مدیریت فشار و تواتر شکستگی‌ها به‌منظور تأیید رابطه (۱)، نشان داد که یک رابطه متقاعدکننده و منطقی بین فشار و تواتر تعمیر خطوط اصلی (یا همان شکستگی‌ها) وجود ندارد. باین‌حال پس از مطالعه دقیق‌تر گزارش سال ۲۰۰۳ توسط اعضای گروه کاری مدیریت هدررفت آب انجمن بین‌المللی آب، آن‌ها بیان داشتند که یک رابطه ریشه دوم بین تواتر شکستگی‌ها و فشار مانند رابطه بین فشار و نشت از یک روزنه، می‌تواند به‌عنوان یک پیش‌بینی سخت‌گیرانه (یعنی بدترین پیش‌بینی در مورد تأثیر مدیریت فشار بر شکستگی) در ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار گیرد، با آگاهی از این موضوع که نتایج واقعی به علت تثبیت تأثیر مدیریت فشار پس از اجرای آن احتمالاً بهتر خواهد بود.

## ۲-۲- مطالعات گروه کاری هدررفت آب انجمن

### بین‌المللی آب (IWA) بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰

پس از ارائه نتایج تحقیقات سال ۲۰۰۳ به نظر می‌آمد که دیگر علاقه‌ای به مطالعات و تحقیقات بیشتر در مورد رابطه فشار - شکستگی بین محققان وجود نداشته باشد. اما گروه تازه تشکیل‌شده مدیریت فشار گروه کاری هدررفت آب IWA تعدادی برنامه‌های مدیریت فشار در شبکه‌های مختلف آبرسانی در سطح بین‌المللی را مورد بررسی و تحلیل قرار داد که مشخص شد در آن‌ها تواتر شکستگی خطوط اصلی و انشعابات بعد از اعمال مدیریت فشار به‌طور قابل توجهی کاهش

امروزه مدیریت فشار در شبکه‌های آبرسانی دستخوش تغییرات و پیشرفت‌های بسیاری شده، چرا که شرکت‌های آبرسانی مزایای فراوان حاصل از مدیریت فشار را به‌خوبی تشخیص داده‌اند. بیش از سی سال پیش تحقیقات انجام گرفته در ژاپن و انگلستان نشان داد که رابطه بین فشار و نرخ نشت در شبکه‌های آبرسانی به‌جای یک رابطه ریشه دوم، تقریباً به صورت خطی است. مدیریت فشار امروزه نه‌تنها برای کنترل نشت، بلکه به‌منظور مدیریت تقاضا، حفاظت آب و مدیریت اجزاء<sup>۲</sup> به کار می‌رود (Lambert and Fantozzi, 2010). مزایای اصلی مدیریت فشار شامل کاهش نشت، کاهش تواتر وقوع شکستگی‌های جدید و کاهش برخی مؤلفه‌های مصرف است. از دیگر مزایای مدیریت فشار می‌توان به تأخیر انداختن بازسازی و نوسازی لوله‌ها، افزایش عمر تأسیسات زیربنایی، کاهش هزینه‌های کنترل فعال نشت، کاهش انرژی مصرفی و بهبود خدمات‌رسانی به مشتریان از طریق قطع کمتر ساعات آبرسانی اشاره کرد (Lambert and Fantozzi, 2010).

همان‌گونه که بیان شد، یکی از مزایای اصلی مدیریت فشار، کاهش تواتر شکستگی‌های جدید در شبکه آبرسانی پس از اعمال مدیریت فشار است. هدف از ارائه این مقاله بررسی و ارزیابی روابط و مدل‌های تجربی - میدانی توسعه داده‌شده به‌منظور ارائه روابط فشار - شکستگی در شبکه‌های آبرسانی طی بیست سال اخیر است. بدین منظور مروری کلی و جامع بر مقالات مرتبط و به‌خصوص مقالات ارائه‌شده توسط گروه کاری هدررفت آب انجمن جهانی آب<sup>۳</sup> شده که نتایج این تحقیقات و آخرین پیشرفت‌های صورت گرفته در این خصوص به‌تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. نتایج این مقاله می‌تواند به درک بهتر از روابط فشار - شکستگی کمک کرده و در تحلیل و ارزیابی برنامه‌های مدیریت فشار و بررسی اثرات آن‌ها مورد استفاده قرار بگیرد.

## ۲- پیشینه تحقیقاتی مربوط به روابط فشار - شکستگی

### ۲-۱- مطالعات در انگلستان بین سال‌های ۱۹۹۴ تا

۲۰۰۳

اولین مطالعات در ارتباط با رابطه فشار - شکستگی در انگلستان به‌وسیله May (1994) و Lambert and Morrison (1995) تأثیر فشار بر تواتر شکستگی لوله‌ها را نشان داد. (Lam-

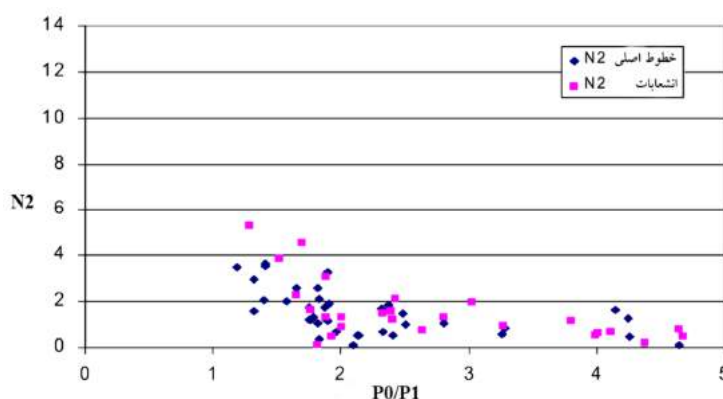
یافته بودند. بار دیگر پژوهشگران بر روی تعیین روابط فشار- شکستگی در شبکه‌های آبرسانی متمرکز شدند.

در یکی از اولین تحقیقات در این زمینه، Thornton and Lambert (2005) مطالعه‌ای روی یک سری داده محدود از کشورهای انگلستان، استرالیا و ایتالیا مربوط به تواتر شکستگی‌های جدید در خطوط اصلی و انشعابات قبل و بعد از مدیریت فشار با فرض در نظر گرفتن رابطه (۱) یعنی تغییر تواتر شکستگی‌های جدید (BF) با فشار (P) به توان  $N_2$  انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار  $N_2$  بین ۰/۵ تا ۶/۵ متغیر بوده و این مقادیر کاهش قابل‌توجه در تواتر شکستگی‌های جدید پس از اجرای مدیریت فشار را نشان می‌داد. در این حال Pearson et al. (2005) به‌منظور انجام یک تحلیل دقیق‌تر از یک مجموعه داده بزرگ جمع‌آوری‌شده از کشورهای مختلف شامل انگلستان، برزیل، ایتالیا و استرالیا استفاده کردند. بررسی داده‌های این تحقیق به‌وضوح نشان داد که مدیریت فشار کاهش قابل‌توجهی در تواتر تعمیرات خطوط اصلی و انشعابات بسیاری مناطق ایزوله می‌گذارد. برای مثال نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های استرالیا تأیید کرد که پس از نصب شیرهای فشارشکن در سپتامبر ۲۰۰۳، تواتر شکستگی‌ها به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. از این رو آن‌ها تلاش کردند تا رابطه فشار- شکستگی را با استفاده از رابطه (۱) و تعیین مقدار  $N_2$  مدلسازی کنند. نتایج تحلیل و آنالیز داده‌ها که در شکل ۱ ارائه شده، نشان داد که مقدار  $N_2$  بین ۰/۲ تا ۸/۵ برای شکستگی لوله‌های اصلی و بین ۰/۲ تا ۱۲ برای شکستگی انشعابات تغییر می‌کند. بنابراین چنین نتیجه‌گیری شد که تغییرات بالای  $N_2$  می‌تواند به علت برخی فاکتورها نظیر جنس لوله، شرایط نصب

لوله‌ها و شرایط زمین باشد. درنهایت (Pearson et al. 2005) دریافتند که معادله پایه فشار- نشت برای نشان دادن رابطه فشار - شکستگی (رابطه (۱) یا همان رابطه توان  $N_2$ ) برای تحلیل و پیش‌بینی روابط فشار- شکستگی مناسب نیست.

یکی از کاستی‌های مطالعات Thornton and Lambert (2005) و Pearson et al. (2005) عدم وجود داده‌های مربوط به شکستگی در دوره‌های زمانی به اندازه کافی بلندمدت با فشار تقریباً پایدار قبل و بعد از اجرای مدیریت فشار به‌منظور توسعه یک رابطه دقیق فشار- تواتر شکستگی بود. معمولاً پیشنهاد شده که داده‌های شکستگی مربوط به سه سال قبل و بعد از اجرای مدیریت فشار برای تخمین قابل اطمینان و دقیق شکستگی‌ها در آینده مورد نیاز است که در بسیاری از مناطق مورد تحلیل در مطالعات مذکور در دسترس نبود. علاوه بر این، Pearson et al. (2005) در مطالعه خود بحثی در مورد مفهوم پوش‌های شکست<sup>۵</sup> لوله و نقاط وظیفه<sup>۶</sup> ارائه دادند که ریشه پیشرفت‌های مفهومی و عملی برای پیش‌بینی شکست لوله‌ها در آینده شد.

آنالیز نتایج به‌دست‌آمده از دو مطالعه فوق نشان داد که اغلب مقادیر بزرگتر  $N_2$  به درصد کمتری در کاهش فشار و مقادیر کوچکتر  $N_2$  به درصد بیشتری در کاهش فشار مربوط می‌شود. با توجه به آنالیز فوق و با الهام از مفهوم پوش‌های شکست و نقاط وظیفه، Thornton and Lambert (2006, 2007) مطالعاتی با هدف اثبات آنکه کاهش فشار اضافی می‌تواند تأثیر قابل توجهی روی کاهش شکستگی‌ها داشته باشد و ارائه یک رویکرد مفهومی، با استفاده از داده‌های ۱۱۲ شبکه آبرسانی از ۱۲ کشور جهان، انجام دادند. آنالیز و تحلیل روی این داده‌ها

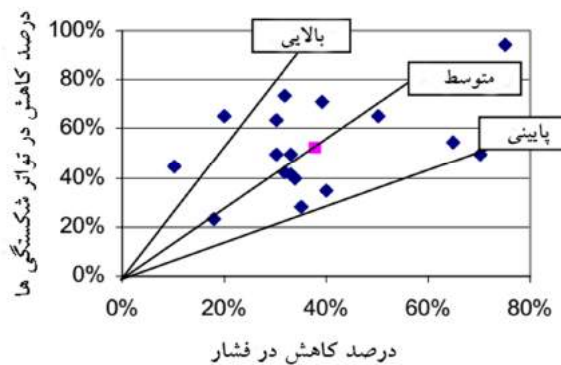


شکل ۱- مقادیر  $N_2$  برای خطوط اصلی و انشعابات در مقابل تغییرات فشار (Pearson et al., 2005).

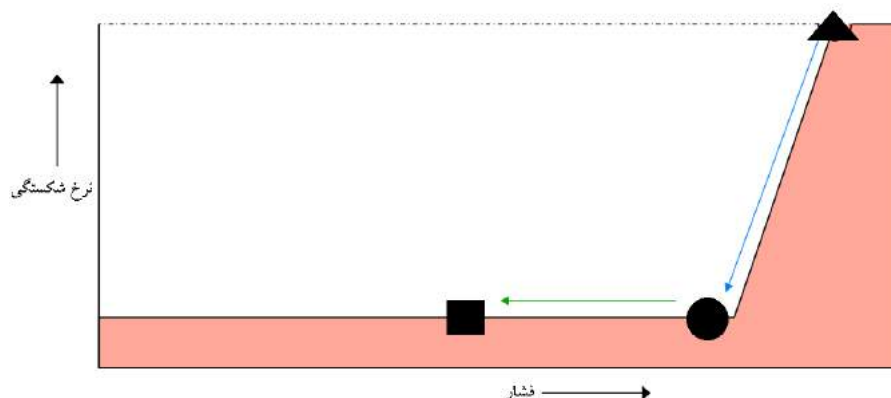
به صورت شکل ۲ برای درصد کاهش فشار در مقابل درصد کاهش تواتر شکستگی برای خطوط اصلی و انشعابات رسم شد. یک تفسیر ساده برای آنالیز داده‌ها آن است که اینگونه فرض شود که درصد کاهش در شکستگی‌های جدید با ضرب فاکتور تواتر شکستگی<sup>۶</sup> (BFF) در درصد کاهش در فشار ماکزیمم در نقطه میانگین ناحیه<sup>۸</sup> (AZP<sub>max</sub>) به دست می‌آید (رابطه ۲). نتایج نشان داد که مقدار متوسط فاکتور تواتر شکستگی (BFF) یا ضریب شیب (S) برای خطوط اصلی و انشعابات ۱/۴ و مقدار کمینه و بیشینه آن به ترتیب ۰/۷ و ۲/۸ بود (Thorn- and Lambert, 2007). رابطه (۲) بعداً به عنوان معادله پایه فشار- شکستگی ۲۰۰۶ شناخته شد. نتایج حاصل از مطالعه Thornton and Lambert (2006) دست‌مایه ارائه یک مدل

$$\% \text{ Reduction in New Bursts} = \text{BFF} \times \% \text{ Reduction in } P_{\max}$$

(۲)



شکل ۲- داده‌های مربوط به درصد کاهش در تواتر شکستگی در مقابل درصد کاهش در فشار برای خطوط اصلی و انشعابات (Thorn- and Lambert, 2007).



شکل ۳- مدل مفهومی STBTCB برای تفسیر رابطه فشار- شکستگی (Thornton and Lambert, 2007).

مفهومی با عنوان STBTCB<sup>۱</sup> به منظور توضیح و تفسیر رابطه فشار- شکستگی (شکل ۲) شد که در شکل ۳ ارائه شده است. این مدل مفهومی برای توضیح اینکه چرا در برخی شبکه‌های آبرسانی، درصد بالای کاهش در تواتر شکستگی‌ها در خطوط اصلی و انشعابات با کاهش کوچکی در فشار رخ می‌دهد، اما در بقیه شبکه‌ها درصد کاهش در تواتر شکستگی‌ها با کاهش فشار کم و ناچیز است، به کار می‌رود.

با توجه به شکل ۳ چنانچه قبل از مدیریت فشار، مقدار تواتر شکستگی و نرخ شکست اولیه نسبتاً بالا در شبکه آبرسانی وجود داشته باشد (مثلاً)، آنگاه یک کاهش نسبتاً کوچک در فشار می‌تواند باعث درصد کاهش بزرگی در تواتر شکستگی‌های جدید باشد (حرکت مثلث به دایره). اما اگر مقدار تواتر شکستگی و نرخ شکست قبل از مدیریت فشار پائین باشد (دایره)، آنگاه هر درصد کاهش در فشار، تأثیر کمی بر

روی تواتر شکستگی‌های جدید خواهد داشت. در این حالت یک فاکتور اطمینان بزرگتر ایجاد شده و عمر باقی‌مانده لوله‌ها افزایش می‌یابد (حرکت از دایره به مربع).

در ادامه، مدل مفهومی STBTCB با معرفی شاخص تواتر شکستگی<sup>۱۰</sup> (BFI) برای شناسایی مناطقی با پتانسیل بالای کاهش تواتر شکستگی‌ها بعد از اعمال مدیریت فشار تکمیل شد. بدین منظور (Thornton and Lambert, 2007) یک روش پیشنهادی ساده برای تفسیر مدل مفهومی STBTCB ارائه دادند که در آن از تواتر شکستگی‌ها در خطوط اصلی و انشعابات قبل از مدیریت فشار استفاده می‌شود تا نشان دهد آیا درصد کاهش در تواتر شکستگی‌ها احتمالاً نسبتاً پائین یا بالا است. بدین منظور از تواتر شکستگی‌های مورد استفاده در برآورد هدررفت واقعی اجتناب‌ناپذیر سالیانه<sup>۱۱</sup> (فرمول UARL) برای مقایسه استفاده شد (Lambert, 2009). این مقدار برای فشار متوسط ۵۰ متر تعداد ۱۳ شکستگی در ۱۰۰ کیلومتر در سال برای خطوط اصلی و تعداد ۳ شکستگی در هر ۱۰۰۰ انشعاب در سال برای انشعابات است. بدین منظور شاخص تواتر شکستگی (BFI) به صورت نسبت تواتر شکستگی واقعی در شبکه آبرسانی قبل از اعمال مدیریت فشار به تواتر شکستگی پایه که برابر است با تواتر شکستگی‌های فرمول هدررفت واقعی سالیانه اجتناب‌ناپذیر (UARL)، معرفی شد (Lambert, 2009). با محاسبه شاخص تواتر شکستگی (BFI) برای لوله‌های اصلی و انشعابات به صورت جداگانه می‌توان به سرعت و به صورت کیفی تشخیص داد که آیا مدیریت فشار در هر ناحیه مدیریت فشار<sup>۱۲</sup> (PMZ) می‌تواند کاهش قابل‌توجهی روی تواتر شکستگی خطوط اصلی انشعابات بگذارد یا خیر؟ از این رو پیشنهاد شد

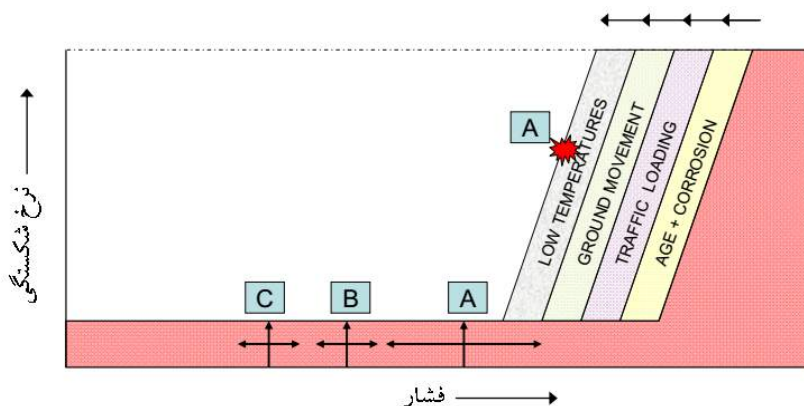
که با هدف‌گذاری و انتخاب مناطقی با شاخص تواتر شکستگی (BFI) بالا و استفاده از معادله پایه فشار- شکستگی ۲۰۰۶ با فاکتور تواتر شکستگی برابر ۱/۴، می‌توان به‌صورت کمی کاهش متوسط در تعداد شکستگی‌های جدید خطوط اصلی و انشعابات را پیش‌بینی کرد.

بنابراین با توجه به مطالب فوق و شکل ۴ می‌توان اینگونه بیان کرد که اگر مقدار شاخص تواتر شکستگی (BFI) قبل از مدیریت فشار پائین و نزدیک به یک باشد، آنگاه درصد کاهش در شکستگی‌ها پس از اعمال مدیریت فشار کم یا نزدیک به صفر است، اما عمر مفید لوله‌ها افزایش می‌یابد (حرکت از B به C). اما اگر مقدار شاخص تواتر شکستگی (BFI) یا نرخ شکست اولیه بالا باشد، آنگاه کاهشی اندک در فشار ماکزیمم می‌تواند به کاهشی بزرگ در تواتر شکستگی‌ها منجر شود (حرکت از A به B). از طرفی طی سال‌های مختلف و یا به‌صورت فصلی، اندرکنش بین فشار و نرخ شکست به سمت چپ شکل ۴ حرکت می‌کند، که عمدتاً به دلیل افزایش سن لوله و خوردگی آن، حرکت زمین، وجود دماهای پائین و بارگذاری ترافیکی است (Thornton and Lambert, 2007).

### ۳-۲- مطالعات گروه کاری هدررفت آب انجمن

#### بین‌المللی آب (IWA) بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳

به طور کلی حتی اگر فشار شبکه ثابت بوده و تغییر چندانی نداشته باشد، تواتر شکستگی‌ها در یک شبکه آبرسانی می‌تواند به صورت فصلی و یا از سالی به سال دیگر تغییر کند. این تغییرات به دنبال اثرات اقلیمی نظیر دماهای بالا یا پائین آب‌وهوا یا تغییرات در رطوبت خاک که منجر به رانش و حرکت



شکل ۴- تأثیر مدیریت فشار روی تواتر شکستگی خطوط اصلی و انشعابات (Thornton and Lambert, 2006).



زمین می‌شود، اتفاق می‌افتد. از این رو برخی از محققان بر این باورند که شکستگی‌های مربوط به افزایش نوسانات فصلی، وابسته به فشار نبوده و تحت تأثیر مدیریت فشار نخواهند بود. اما مطالعه جدید توسط Thornton and Lambert (2011) بر روی یک مجموعه داده باکیفیت به‌منظور بررسی تأثیر فشار روی تغییرات و نوسانات فصلی و سالیانه طبیعی تواتر شکستگی‌ها نشان داد که افزایش نوسانات فصلی شکستگی‌ها با توجه به جنس لوله و نوع شکست می‌تواند تا حدودی وابسته به فشار باشد. بنابراین این گونه نتیجه‌گیری شد که رابطه پایه بین فشار و تواتر شکستگی (معادله پایه فشار- شکستگی ۲۰۰۶)، به‌منظور در نظر گرفتن تغییرات و نوسانات فصلی شکستگی‌ها به بازنگری مجدد و ارتقاء نیاز دارد. نتایج این مطالعه همچنین پیشنهاد داد که در ارتباط با تغییرات فصلی و طبیعی تواتر شکستگی‌ها در یک شبکه آبرسانی اولین گام قبل و بعد از آنالیز شکستگی‌ها در یک ناحیه مدیریت فشار (PMZ) در نظر گرفتن زمان اجرای مدیریت فشار است و درک بیشتر از روابط فشار- شکستگی برای هر جنس لوله از طریق آنالیز مناطق مدیریت فشار (PMZs) بزرگ با تعداد و تواتر شکستگی‌های اولیه بالا با یک نوع غالب از جنس لوله میسر می‌شود. در این مطالعه به‌طور کلی نیاز به بازنگری و بهبودهای بیشتر در روش‌های پیش‌بینی شکستگی‌ها با در نظر گرفتن تغییرات فصلی و تفاوت در جنس لوله با استفاده از روش‌های تحلیلی مورد تأکید قرار گرفت و پیشنهادات زیر برای آنالیز داده‌های فشار- شکستگی در شبکه‌های آبرسانی ارائه شد (Thornton and Lambert, 2011):

- تواتر و تعداد شکستگی به‌صورت ماهیانه یا سالیانه برای حداقل سه سال به صورت جداگانه برای خطوط اصلی و انشعابات مورد نیاز است.

- میانگین متحرک (۳ و ۱۲ ماهه) به کاهش نویزهای آماری<sup>۱۳</sup> در داده‌ها کمک می‌کند.

- فشار ماکزیمم باید مقدار فشار استاتیکی ماکزیمم در نقطه میانگین ناحیه (AZP) به‌علاوه هرگونه نوسانات فشاری<sup>۱۴</sup> باشد.

با توجه به نتایج مطالعه فوق، Thornton and Lambert (2012) یک رویکرد عملی برای آنالیز داده‌های فشار- شکستگی و همچنین یک فرم کلی برای تعیین رابطه فشار- شکستگی در شبکه‌های آبرسانی ارائه دادند. در مورد بررسی اولیه تواتر شکستگی‌ها در شبکه آبرسانی پیشنهاد شد که تغییرات ماهیانه

تعداد و تواتر شکستگی‌ها برای کل شبکه آبرسانی مورد بررسی قرار گیرد. برای تفسیرهای معقول، این داده‌ها باید به‌صورت جداگانه برای خطوط اصلی به‌صورت تعداد شکستگی در ۱۰۰ کیلومتر در سال و برای انشعابات به‌صورت تعداد شکستگی در هر ۱۰۰۰ انشعاب در سال بیان شود. همچنین با محاسبه شاخص تواتر شکستگی (BFI) می‌توان یک ارزیابی سریع از گرایش نسبی شکستگی‌ها با در نظر گرفتن مدل مفهومی STBTCB داشت. برای انتخاب مناطق مناسب به‌منظور آنالیز روابط فشار- شکستگی، ضروری است که مناطقی با تعداد قابل‌توجهی شکستگی قبل از اجرای مدیریت فشار انتخاب شوند. مقادیر راهنمای پیشنهادی Water Services Association of Australia (2011) برای انتخاب چنین مناطقی برای آنالیز داده شامل موارد زیر است:

- انتخاب مناطقی با تعداد بیش از ۲۰ شکستگی خطوط اصلی در هر ۱۰۰ کیلومتر در سال و تعداد ۱۰ یا بیشتر شکستگی انشعابات در هر ۱۰۰۰ انشعاب در سال. چراکه نویزهای آماری تغییرپذیری سالیانه طبیعی در تعداد شکستگی‌های پائین می‌تواند به‌راحتی هر کاهشی که ناشی از مدیریت فشار بوده را پنهان کند.

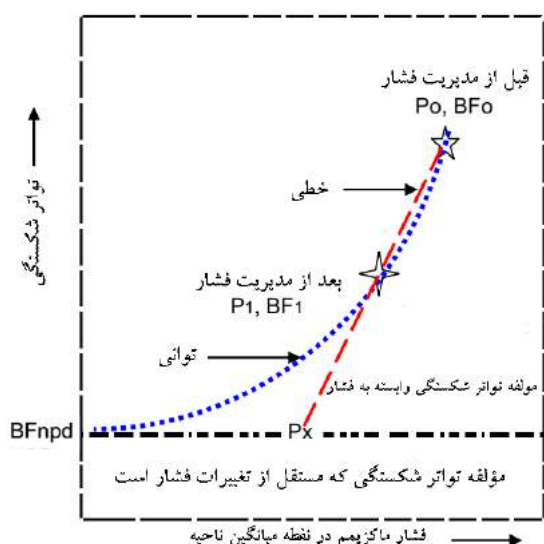
- کاهش قابل‌توجه (بیش از ۲۰ درصد) در فشار ماکزیمم در نقطه میانگین ناحیه (AZP) و اندازه‌گیری پیوسته فشار در این نقطه.

- تلاش برای انتخاب مناطقی با یک جنس لوله غالب برای خطوط اصلی و انشعابات با یک سن مشابه (برای مثال خطوط اصلی عمدتاً چدن و انشعابات عمدتاً پلی‌اتیلن باشد)، چراکه جنس لوله‌های متفاوت احتمالاً جواب‌های مختلفی با تغییر در فشار می‌دهند.

- حداقل داده‌های تعمیرات ماهیانه قابل‌اعتماد قبل از اجرای مدیریت فشار به‌صورت جداگانه برای خطوط اصلی و انشعابات به مدت ۳ تا ۴ سال به‌منظور محاسبه تواتر شکستگی متوسط قبل از مدیریت فشار.

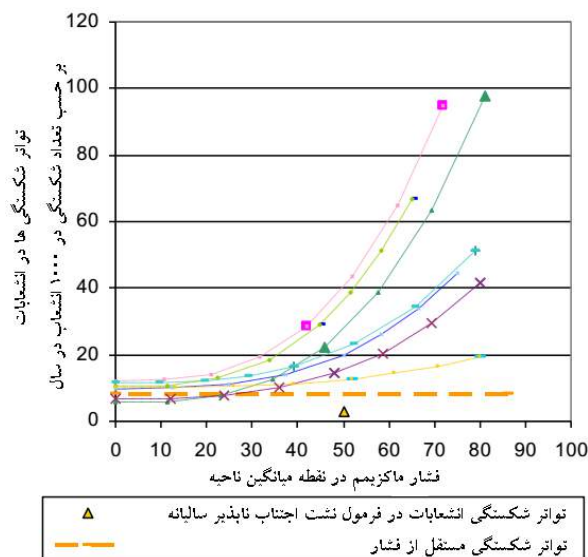
عموماً ترک‌های حلقه‌ای<sup>۱۵</sup> که در خطوط اصلی با قطر پائین و جنس چدن و آذبت سیمان اغلب در زمان رانش یا حرکت خاک تجربه می‌شوند، نشان‌دهنده افزایش نوسانات فصلی و طبیعی شکستگی‌ها بوده و عمدتاً مستقل از فشارند. از طرفی برای دیگر جنس‌ها و انواع ترک‌ها در لوله نظیر ترک‌های طولی<sup>۱۶</sup>، فشار ماکزیمم و ضخامت مؤثر دیواره لوله به‌عنوان پارامترهای کلیدی در شکستگی تشخیص داده شده‌اند. اما در عمل کاهش قابل‌توجهی در تواتر شکستگی‌ها معمولاً بعد از

که  $BF$ : تواتر شکستگی لوله‌ها بر حسب تعداد شکستگی در ۱۰ کیلومتر در سال برای خطوط اصلی یا تعداد شکستگی در هر ۱۰۰۰ انشعاب در سال برای خطوط انشعابات،  $BF_{pd}$ : مؤلفه مستقل از فشار تواتر شکستگی لوله‌ها و  $BF_{pd}$ : مؤلفه وابسته به فشار بوده که تابعی از فشار ماکزیمم در نقطه میانگین ناحیه  $(AZP_{max})$  به توان  $N_2$  است که مقدار  $N_2$  با توجه به داده‌های میدانی جمع‌آوری‌شده نزدیک به ۳ است (یک رابطه درجه سه) و در نهایت  $A$ : ضریبی است که بر شیب بخش وابسته به فشار رابطه تأثیر می‌گذارد. همچنین می‌توان شیب منحنی شکل


$$\text{Burst Frequency (BF)} = BF_{npd} + BF_{pd} =$$

۵-ب (S) یا همان فاکتور تواتر شکستگی (BFF) در هر بخش از منحنی را از رابطه (۴) به دست آورد. از طرفی رابطه بین درصد کاهش در تواتر شکستگی‌ها و  $AZP_{max}$  از رابطه (۵) قابل

با استفاده از معیارهای انتخابی که در بالا ذکر شد، Thorn-ton and Lambert (2012) پیشنهاد دادند که برای مناطق مدیریت فشار با لوله‌هایی از جنس یکسان و تعداد شکستگی بالا، می‌توان شکستگی‌ها را در مقابل مقادیر فشار ماکزیمم در نقطه میانگین ناحیه ( $AZP_{max}$ ) برای هر ناحیه مجزا قبل و بعد از اجرای مدیریت فشار ترسیم نمود. به‌عنوان مثال شکل ۵-الف مقادیر فوقه را برای انشعابات پل‌اتیلن در هفت ناحیه در یک



شرکت آبرسانی در استرالیا را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵-الف مشخص است که تغییر ناگهانی در نرخ شکست لوله‌ها با تغییر فشار آن‌چنان‌که در شکل ۳ ارائه‌شده رخ نمی‌دهد. بنابراین Thornton and Lambert (2012) با در نظر گرفتن نتایج مطالعه Thornton and Lambert (2011) و مدل مفهومی STBTCB و پس از آزمایش معادلات مختلف برازش منحنی با

حصول است (Thornton and Lambert, 2013):

که  $S$ : شیب منحنی رابطه فشار- شکستگی،  $BF_0$ : تواتر شکستگی اولیه، قبل از اجرای مدیریت فشار و  $P_0$  و  $P_1$ :

$$S = (1 - BF_{npd} / BF_0) \times (1 - (P_1 / P_0)^{N_2}) / (1 - P_1 / P_0) \quad (4)$$

$$\% \text{ Reduction in BF} = (1 - BF_{npd} / BF_0) \times (1 - (P_1 / P_0)^3) \quad (5)$$

مقادیر فشار حداکثر در نقطه متوسط ناحیه قبل و بعد از اجرای مدیریت فشار است. برای استفاده از آخرین رابطه فشار- شکستگی ۲۰۱۲ (رابطه ۳)، باید بتوان تخمینی از  $BF_{npd}$  داشت. این تخمین می‌تواند دو تا سه سال بعد از اعمال مدیریت فشار کنترل شده و اصلاح شود. Thornton and Lambert (2013) یک روش ساده برای تخمین  $BF_{npd}$  توسعه داده و آزمایش کردند که شامل موارد زیر است:

۱- گردآوری داده‌های مربوط به تعمیر خطوط اصلی از مناطقی با بیش از ۱۰ تعمیر خط اصلی در سال، به‌منظور کمینه کردن نویز داده‌ها از مناطقی با تعمیرات کمتر (در صورت نیاز می‌توان داده‌ها از مناطق کوچکتر را جمع‌آوری کرد).

۲- ترسیم داده‌های مربوط به تواتر شکستگی‌ها در مقابل فشار متوسط شبانه ناحیه برای هر ناحیه.

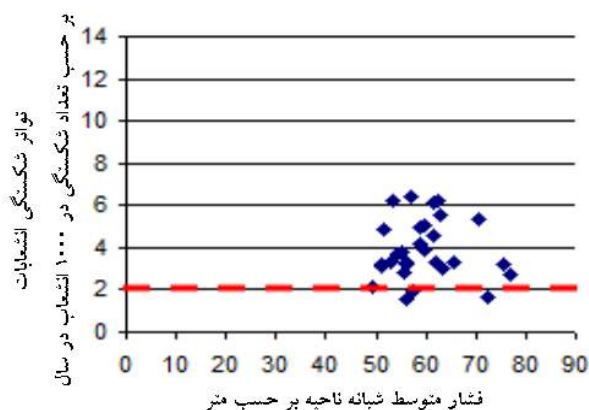
۳- تخمین مرز پائین برای داده‌های ترسیم شده، که می‌تواند به‌عنوان تخمین اولیه  $BF_{npd}$  برای خطوط اصلی به کار رود.

۴- تکرار روند فوق برای داده‌های مربوط به انشعابات.

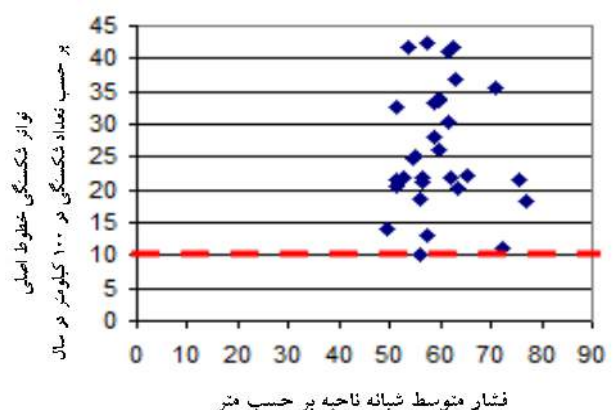
مقادیر  $BF_{npd}$  برای مناطق مختلف متغیر بوده و متفاوت است. برای مثال این مقادیر برای شکل ۶-الف و ۶-ب که برای یک شبکه آبرسانی با شرایط زیربنایی خوب در یک کشور پیشرفته است، در حدود مقادیر تواتر شکستگی در فرمول UARL بوده و مقادیر آن برابر ۱۰ شکستگی خطوط اصلی در ۱۰۰۰ کیلومتر در سال و ۲ شکستگی انشعابات در هر ۱۰۰۰ انشعاب در سال است (Thornton and Lambert, 2013).

### ۳- نتیجه‌گیری

در این مقاله مروری، نتایج مطالعات گروه کاری هدررفت آب انجمن بین‌المللی آب (IWA) در خصوص روابط فشار- شکستگی و آخرین پیشرفت‌ها در این حوزه مورد بحث و بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعات به‌طور کلی نشان داد که رابطه فشار - شکستگی را نمی‌توان مانند رابطه فشار- نشت یا فشار- مصرف تنها با استفاده از یک مؤلفه توانی مدلسازی کرد. مطالعات بعدی به‌منظور توسعه یک رویکرد مفهومی در مورد رابطه فشار- شکستگی منجر به معرفی مدل مفهومی STBTCB و رابطه پایه فشار- شکستگی ۲۰۰۶ شد. پس از آن مطالعات بیشتر و بررسی تأثیر نوسانات فصلی و طبیعی بر نرخ شکستگی لوله‌ها نشان داد که می‌توان تواتر شکستگی لوله‌ها را به دو بخش کلی شامل بخش وابسته به فشار و بخش مستقل از فشار طبقه‌بندی کرد. با توجه به این رویکرد Thornton and Lambert (2012, 2013) یک فرم کلی معادله برای نشان دادن رابطه فشار- شکستگی ارائه دادند که در آن



شکل ۶-ب- تخمین  $BF_{npd}$  اولیه برای انشعابات (Thornton and Lambert, 2013)



شکل ۶-الف- تخمین  $BF_{npd}$  اولیه برای خطوط اصلی (Thornton and Lambert, 2013)

Lambert, A., and Fantozzi, M., (2010), "Recent developments in pressure management", *International Water Association Conference 'Water Loss 2010'*, Sao Paolo, Brazil.

Lambert, A., and Thornton, J., (2011), "The relationships between pressure and bursts – A state-of-the-art update", *Water 21 Journal*, 37-38.

Lambert, A., and Thornton, J., (2012), "Pressure - burst relationships: Influence of pipe materials, Validation of scheme results and implications of extended asset life", *Proceedings of International Water Association Conference 'Water Loss 2012'*, Manila, Philippines.

Lambert, A., Fantozzi, M., and Thornton, J., (2013), "Practical approaches to modeling leakage and pressure management in distribution systems-progress since 2005", *12<sup>th</sup> International Conference on Computing and Control for the Water Industry*, Prugia, Italy.

May, J., (1994), "Pressure dependent leakage", *World Water and Environmental Engineering*, 17(8), 10.

Pearson, D., Fantozzi, M., Soares, D., and Waldron, T., (2005), "Searching for N<sub>2</sub>: How does pressure reduction reduce burst frequency?", *Proceedings of International Water Association Special Conference 'Leakage 2005'*, Halifax, Canada.

Thornton, J., and Lambert, A., (2005), "Progress in practical prediction of pressure-leakage, pressure-burst frequency and pressure-consumption Relationships", *Proceedings of International Water Association Special Conference 'Leakage 2005'*, Halifax, Canada.

Thornton, J., and Lambert, A., (2006), "Managing Pressure to reduce new breaks", *Water 21 Journal*, 21(8), 24-26.

Thornton, J., and Lambert, A., (2007), "Pressure management extends infrastructure life and reduces unnecessary energy costs", *Proceedings of International Water Association Conference 'Water Loss 2007'*, Bucharest, Romania.

UK Water Industry Research, (2003), *Leakage index curve and the longer-term effects of pressure management*, Report Ref. No. 03/WI/08/29.

Water Services Association of Australia, (2011), *Framework for targeting leakage and pressure management, report for water services association of Australia*, By Wide Bay Water Corporation and Water Loss Research & Analysis Ltd, May 2011, as part of WSAA Asset Management Project PPS-3', Review of Leakage Reporting and Management Practices, Stage 3.

وقوع شکستگی‌های جدید با استفاده از یک مؤلفه توانی فشار ماکزیمم در نقطه میانگین ناحیه و یک مؤلفه غیر وابسته به فشار قابل پیش‌بینی بود. صحت‌سنجی این رابطه با استفاده از داده‌های شبکه‌های آب رسانی در نقاط مختلف جهان نشان داد که رابطه مذکور به‌خوبی قابلیت مدلسازی رابطه فشار-شکستگی را برای شبکه‌های آبرسانی دارد. لیکن مطالعات و تحقیقات بیشتر در خصوص رابطه فشار-شکستگی و در نظر گرفتن دیگر پارامترها و مؤلفه‌های مؤثر بیش‌ازپیش احساس می‌شود.

#### ۴- پی‌نوشت‌ها

- 1- Demand Management
- 2- Asset Management
- 3- IWA-Water Loss Task Force (IWA-WLTF)
- 4- District Metered Area (DMA)
- 5- Failure Envelope
- 6- Duty Points
- 7- Burst Frequency Factor (BFF)
- 8- Average Zone Point
- 9- The Straw That Breaks The Camel's Back (STBTBCB)
- 10- Burst Frequency Index
- 11- Unavoidable Annual Real Losses (UARL)
- 12- Pressure Management Zone (PMZ)
- 13- Statistical Noises
- 14- Pressure Transient
- 15- Ring Cracks
- 16- Longitudinal Split

#### ۵- مراجع

Farley, M., and Trow, S., (2003), *Losses in water distribution networks – A Practitioner's guide to assessment, monitoring and control*, International Water Association Publishing, London.

Lambert, A., and Morrison, J.A.E., (1996), "Recent developments in application of bursts and background estimates concepts for leakage management", *Water and Environment Journal*, 10(2), 100-104.

Lambert, A., (2001), "What do we know about pressure: leakage relationships", *International Water Association Conference*, Brno, Czech Republic.

Lambert, A., (2009), "Ten years experience in using the UARL formula to calculate Infrastructure Leakage Index", *Proceedings of International Water Association Conference 'Water Loss 2009'*, Cap Town, South Africa.



## Strategies to Increase Revenue in the Water and Wastewater Company Case Study: Mashhad Water and Wastewater Company

Javad Barati<sup>1</sup>, Maryam Rasoulzadeh<sup>2\*</sup>, Maryam  
Moghimi<sup>3</sup>, Alireza Agha Babae<sup>4</sup>

1- Faculty member, Khorasan Razavi Jahad Daneshgahi, Mashhad, Iran  
2- Researcher, Khorasan Razavi Jahad Daneshgahi, Mashhad, Iran  
3- Researcher, Khorasan Razavi Jahad Daneshgahi, Mashhad, Iran  
4- Expert Staff, Mashhad Water and Wastewater Company, Mashhad, Iran

\*Corresponding Author, Email: mrasoulzadeh@gmail.com

Received: 29/5/2017

Revised: 20/8/2017

Accepted: 26/8/2017

### Abstract

One of the main reasons of regional subsidence is drawdown of groundwater level due to overexploitation of aquifers which can lead to irreversible damage to soil deposits. In recent years, the regional subsidence around the country have greatly damaged agricultural sites, residential buildings, roads, power transmission lines, etc. The Damaneh City, located at west of Isfahan Province, is amongst the cities that has extensively been affected by this phenomenon. Therefore, the present study aims to investigate the level of depletion of groundwater resources and subsequent land subsidence in this region. The results indicated that drawdown of groundwater level had a direct influence on the occurrence of subsidence in the studied region. Considering that the studied area is one of the most important agricultural regions in Isfahan Province, the primary exploitation of aquifers is related to agricultural purposes. The results showed that water table has dropped 20 m in Damaneh City during the period of 1977-2014. Accordingly, it is essential to use artificial recharge and to change the cultivation pattern to revive the aquifer and to prevent the damage induced by land subsidence as well.

**Keywords:** Aquifer, Overexploitation of groundwater, Land subsidence, Damaneh City.

## ارائه راهبردهای افزایش درآمد در شرکت آب و فاضلاب : مطالعه موردی آبفا مشهد

جواد براتی<sup>۱</sup>، مریم رسولزاده<sup>۲\*</sup>، مریم مقیمی<sup>۳</sup>، علیرضا آقابابایی<sup>۴</sup>

۱- عضو هیات علمی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۲- پژوهشگر جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۳- پژوهشگر جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۴- کارشناس شرکت آب و فاضلاب مشهد

\* نویسنده مسئول، ایمیل: mrasoulzadeh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۸

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۵/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۴

### چکیده

کاهش درآمدها و زیاندهی، از مشکلات شرکت های ارائه دهنده خدمات عمومی است. معمولاً دولتها جبران این زیان دهی را انجام میدهند که این امر در درازمدت تضعیف سیستم اقتصادی کشور را در پی دارد. شرکتهای آب و فاضلاب نیز به عنوان یکی از شرکت های ارائه دهنده این خدمات، دچار زیاندهی شده و مسلماً به دنبال راهکارهایی جهت برون رفت از این حالت خواهند بود. تحقیق حاضر به دنبال ارائه راهکارهایی برای افزایش درآمد در شرکت آب و فاضلاب مشهد، می باشد. در این راستا از روش SWOT بهره گرفته شده است. به این منظور به کمک تکمیل پرسشنامه و انجام مصاحبه با کارشناسان، ابتدا عوامل داخلی (IF) و خارجی (EF) موثر بر افزایش درآمد، شناسایی شده است و سپس به کمک روش مذکور، راهکارهایی در این راستا پیشنهاد شده است. نتایج تحقیق در سه دسته شامل «راهکارهای کاهش هزینه»، «راهکارهای افزایش درآمد از نظر فنی» و «راهکارهای افزایش درآمد از نظر نیروی انسانی»، دسته بندی شده است. مهمترین موارد دسته اول شامل: کنترل و بازرسی، مدیریت هزینه ها، کوتاه کردن انجام پروژه ها و تغییر نوع قرارداد با پیمانکاران است. در دسته دوم عواملی شامل: تغییر نوع قرارداد قرائت کنتور، دریافت آبیها از همه محلهای برداشت، وصول سریعتر درآمدها، نظم سازمانی، اجرای روشهای الکترونیکی و تکنولوژی ها جدید و نوین، هماهنگی با سایر نهادهای شهری و هماهنگی داخل سازمانی اشاره شده است و در دسته سوم مهمترین موارد شامل: افزایش انگیزه در افراد برای بهبود بهره وری، اصلاح نظام توبیخ و تشویق کارکنان، جانمایی صحیح افراد در پست های واگذاری بر اساس شایسته سالاری و ذی نفع قراردادن پرسنل در افزایش درآمد شرکت، اشاره شده است.

**کلمات کلیدی:** درآمد، روش SWOT، شرکت آب و فاضلاب، مشهد



با توجه به آنچه بیان شد باید گفت؛ شرکت آب و فاضلاب به عنوان یکی از شرکتهای دولتی، در سال های مختلف با زیان همراه بوده است. از آنجا که این شرکت دارای مسئولیتی مهم در حوزه منابع آب بوده و مسلماً تقویت منابع درآمدی شرکت و بررسی راهکارهای افزایش آن، می تواند گام موثری در حفظ منابع آب و همچنین خدمات رسانی بهتر به مشترکین داشته باشد. کنکاش در این زمینه، به کمک بررسی عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل خارجی (فرصت ها و تهدیدها) موثر بر افزایش درآمد و ارائه راهکار در این زمینه، مشخص خواهد نمود که این شرکت با چه مسائلی در حوزه کاری خود مواجه بوده و راهکارهای ارائه شده میتواند به بهبود افزایش عملکرد و کارایی شرکت بیانجامد یا راه را برای مطالعات بعدی روشن تر نماید. در رابطه با مسائل مربوط به حوزه آب و فاضلاب، تحقیقاتی در داخل و خارج کشور انجام شده است که برخی از آنان، مرتبط با موضوع تحقیق، عبارتند از:

مسلم پور و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی مدیریت مصرف و شناسایی عوامل موثر بر کاهش آب بدون درآمد در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کرمانشاه پرداختند. آنان نشان دادند که کاهش هزینههای سربار و اضافی و سمت و سو دادن به مخارج و هزینههای ضروری از مهمترین اقدامات در جهت پایدارسازی درآمد میباشد که باید با ایدهپردازی و نوآوری همراه باشد. مرادی نژاد و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان کاهش آب بدون درآمد بر اساس نتایج بالانسینگ<sup>۱</sup> در آب و فاضلاب استان مرکزی، به بررسی این موضوع پرداختند. در این تحقیق متناسب با مولفه «آب بدون درآمد به تفکیک به دو صورت حجمی و درصدی از آب ورودی به سیستم توزیع آب»، فعالیتهای اجرایی با هدف کاهش آب بدون درآمد در دو بخش فعالیتهای کوتاهمدت یا دورههای و فعالیتهای بلندمدت پیشنهاد شده است. این امر سبب کاهش آب بدون درآمد و در نتیجه بهبود وضعیت درآمدی شرکت خواهد بود. فرهادیان و همکاران (۱۳۸۸)، در تحقیقی به تجزیه و تحلیل هدر رفت آب در شرکت آب و فاضلاب نایین پرداختند. نتایج نشان داد ۳۰ درصد از کل هزینه های شرکت صرف حوادث شده و ۶۸ درصد حوادث شبکههای توزیع آب مرتبط با لوله و اتصالات پلی اتیلن بوده است که بعضاً به دلیل استفاده از مصالح نامرغوب و فاقد استاندارد، عمق کارگذاری، اجرای نامناسب و مسائل مرتبط با انبارداری است. این موضوع بیانگر آن است که استفاده از

در بخش دولتی به طور معمول، مسئله تغییر مدیران یا انحلال شرکت در ارتباط با عملکرد ضعیف آنان کمتر به وقوع می پیوندد، در حالی که عدم کارایی یا عملکرد ضعیف شرکتها در بخش خصوصی منجر به فروپاشی آنان یا تعویض مدیریت شرکت های مزبور می شود. به دلیل نقش گسترده ای که شرکت های دولتی در فرآیند توسعه اقتصادی کشور ایفا میکنند و همچنین با توجه به حجم گسترده فعالیت، تعداد و حجم بودجه آنها، شرکت های دولتی به طرق مختلف بر ساختار کلی بودجه کل کشور تأثیر می گذارند. این تأثیرها، هم دریافت ها و هم پرداخت های بودجه کل کشور را در بر می گیرد، به طوری که شرکت های دولتی از یک سو از طریق پرداخت مالیات و سود سهام به خزانه کشور، به افزایش درآمدهای عمومی کشور کمک می کنند و از سوی دیگر، برخی از شرکت های دولتی و مؤسسه های انتفاعی وابسته به دولت برای اجرای طرح های تملک دارایی های سرمایه ای خود به تناسب، از محل درآمدهای عمومی دولت یا از تمام یا قسمتی از منابع سرمایه گذاری داخلی خود استفاده میکنند. از این رو در صورت زیاندهی شرکت های دولتی (یا حتی تعدادی از آنها)، بخش قابل توجهی از منابع عمومی دولت و درآمدهای عمومی کشور باید صرف تأمین زیان اینگونه شرکت ها شود یا جبران زیان یادشده در صورت امکان، از منابع داخلی آنها تأمین شود. در هر صورت این امر باعث می شود منابع و درآمدهایی که باید صرف سرمایه گذاری های جدید یا تکمیل پروژه ها شود، صرف جبران زیان شرکت های زیانده شود که این امر در درازمدت تضعیف سیستم اقتصادی کشور را در پی دارد. از سوی دیگر سازمان ها، وزارتخانه ها و دستگاه های بزرگ دولتی به دلیل گستره فعالیت و نیز برخورداری از دامنه وسیع ارتباط با محیط خارج با عوامل بیشمار روبرو میباشند که باید در فرآیند برنامه ریزی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. برای برنامه ریزی در وزارتخانه ها و نیز دستگاه های دولتی لازم است تا علاوه بر بررسی شرایط درونی، کلیه عواملی که در خارج از آنها تأثیرگذار هستند، مورد ارزیابی قرار گیرد. شرکت آب و فاضلاب نیز به عنوان یکی از سازمان های دولتی، نیازمند این امر خواهد بود. برای ارتقای سطح بهره وری، تولید پایدار، کمک به ایجاد امنیت و خود کفائی نمیتوان بدون بررسی کلیه عوامل و متغیرهای محیطی و نیز بررسی شرایط درونی هر بخش، برنامه های خود را تدوین نمود (اعرابی، ۱۳۸۵).

تجهیزات با کیفیت و انجام کار به دقت بالاتر، سبب کاهش هزینه‌ها و در نتیجه کمک به بهبود وضعیت درآمد در شرکت خواهد بود.

(Ferro and Mercadier 2016) کارایی فنی را در مورد شرکت آب و فاضلاب شیلی مورد تحقیق قرار دادند. نتایج نشان داد که ۱۰ درصد کاهش آب بدون درآمد، سبب ۲/۶ درصد افزایش در ورودیها میشود، بنابراین کاهش آب بدون درآمد سبب افزایش کارایی شرکت و به تبع آن افزایش درآمد در شرکت خواهد شد. (Reynaud 2016) در پژوهشی به ارزیابی تاثیر اجرای قیمت تمام شده‌ی خدمات آب و فاضلاب در خانواده‌های اروپا پرداخت. این ارزیابی که بر روی یک تقاضا از روش تابع آب خانگی متکی شده است برای ۹ کشور اروپایی (اتریش، بلغارستان، جمهوری چک، استونی، فرانسه، یونان، ایتالیا، پرتغال و اسپانیا) انجام شد. نتایج نشان داد که برای بسیاری از این کشورها، اجرای اصل  $FCR^2$  (پوشش کامل هزینه‌ها یا همان دریافت قیمت تمام شده خدمات) تغییر اساسی در قیمت آب ایجاد نمیکند، بنابراین این اصل، به بهبود وضعیت درآمدی منجر نخواهد شد. (Pinto and Marques 2015) در تحقیقی به بررسی نقش تعرفه به عنوان یک راهکار برای بخش آب کشور پرتغال پرداختند. این تحقیق بیان میکند که پیشنهاد تعرفه دو بخشی با تعرفه‌های بلوکی افزایشده، به نظر میرسد به اندازه کافی انعطافپذیر نباشد و منجر به ایجاد درآمد نخواهد شد. (Mugisha 2013) در تحقیقی به بررسی کاربرد انگیزه‌های تشویقی بر روی افزایش آب با درآمد در سیستمهای شهری پرداخت. وی اشاره دارد که انگیزه‌های تشویقی کارکنان سبب کاهش آب بدون درآمد میشود. برای این منظور از داده-های سری زمانی سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰، برای ۱۹ شرکت آب و فاضلاب کشور اوگاندا استفاده کرده است. نتایج نشان داد که متغیر حجم آب تولید شده بیشترین اثر را بر روی میزان آب با درآمد خواهد داشت. (Abbott et al. 2012) عملکرد بخش آب و فاضلاب شهری را در استرالیا مورد سنجش قرار دادند. نتایج نشان میدهد که بهره‌وری متوسط اما مثبت در مراکز شهری بزرگتر، مستقل از ساختار صنعتی، به دست آمده است. علاوه بر این، برجسته‌ترین نیاز به در نظر گرفتن عوامل برونزا که میتواند نتایج بهره‌وری در صنعت وابسته به منابع آب را تحت تاثیر قرار دهد، در سطوح مختلف، غیرقابل پیشبینی و غیرقابل کنترل، هستند. (Lee and Yu 2011) در مطالعه‌ای به

بررسی مشارکت بخش خصوصی در قسمتی از وظایف شرکت آب و فاضلاب پرداختند، در این تحقیق با هدف بالا بردن بازده عملکرد شرکت برای توسعه پروژه‌ها، مشارکت بخش خصوصی و دولتی مد نظر قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که از نظر سرمایه‌گذاران در مورد پروژه‌ی نمونه «الف»، نزدیک به ۵۰ درصد از درآمد پیشبینی شده، به دست خواهد آمد، اما این مسئله عامل مهمی در ملاحظات ریسک مالی آنان بوده است. (USAID 2009)<sup>۳</sup> در گزارشی به تعیین قیمت‌های پرداختی برای آب و تعیین تعرفه برای آن در کشور اردن پرداخته است. برای این منظور هزینه خدمات آب و فاضلاب را مشخص کرده است و نظام قیمت گذاری کنونی در کشور اردن را مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق، مدل تهیه شده و قیمت‌های مناسب برآورد شده است. براساس نظام جاری درآمدی آب و فاضلاب در کشور اردن، دریافتی از مصرف کنندگان خانگی و غیرخانگی شامل: آب‌ونمان ثابت، هزینه مربوط به میزان مصرف، هزینه مربوط به اضافه بار و هزینه حجمی خیابانها میباشد. از جمله توصیه‌هایی که این گزارش برای تعیین تعرفه آب و فاضلاب کرده است، عبارتند از: ۱) تغییر در آب‌ونمان ثابتی که مرتبط با میزان مصرف آب باشد و هزینه های انشعاب آب را پوشش دهد، ۲) برقراری هزینه حجمی برای هر سطح از مصرف، ۳) تعیین تعرفه برای هر مصرف کننده خانگی بر اساس سطح درآمدی و افرادی که بیش از ۲۰ متر مکعب در هر فصل مصرف می کنند. بطوری که افرادی که زیر خط فقر هستند حداکثر ۱ درصد از درآمد خانوار را بابت آن بپردازند، ۴) برقراری هزینه های سربار برای خانوارها و مصرف کنندگان غیرخانگی که فقیر نیستند و با مصرف بیشتر آب توسط آنها، این هزینه ها متغیر میباشد. (OECD 2009) در گزارشی با عنوان «کاربرد یک استراتژی مالی ملی برای بخش عرضه آب و فاضلاب در کشور ارمنستان»، به اجرای یک پروژه در ارمنستان اشاره داشته است. نتایج پروژه بیانگر آن بوده است که داشتن سیاست و استراتژی مالی هماهنگ در خدمات آب و فاضلاب سبب توسعه خدمات و افزایش درآمد خواهد شد.

با توجه به آنچه بیان شد و بررسی مطالعات انجام شده مرتبط با موضوع تحقیق، باید گفت مسئله زیاندهی در شرکتهای دولتی، یکی از مهمترین مشکلات این شرکت ها بوده که تحقیق حاضر در پی پرداختن به این مسئله به طور خاص، در شرکت آب و فاضلاب شهر مشهد، خواهد بود. بدین

منظور مجموعه ای از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدها، موثر بر افزایش درآمد این شرکت، متناسب با فعالیتهای آن، با کمک کارشناسان شرکت، تهیه شده است و این تحقیق به ارائه راهکارهایی بدین منظور به کمک روش SWOT<sup>۴</sup> خواهد پرداخت.

## ۲- روش تحقیق

به منظور دستیابی به راهکارهایی جهت افزایش درآمد در شرکت آب و فاضلاب مشهد، از روش SWOT بهره گرفته شده است. در ادامه به صورت مختصر به نحوه انجام این روش اشاره می‌شود. در ابتدا ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE)<sup>۵</sup> و ماتریس ارزیابی عوامل خارجی (EFE)<sup>۶</sup> تهیه میشود که این دو ماتریس در کنار هم تشکیل نقاط قوت، ضعف، فرصتها و تهدیدها (SWOT) را خواهند داد. سپس از نتیجه نهایی این دو ماتریس، ماتریس IE بدست خواهد آمد. به عبارت دیگر، ماتریس IE، موقعیت شرکت (در حوزه عوامل موثر بر افزایش درآمد) را مشخص می‌کند. بعد از آن ماتریس TOWS<sup>۷</sup> طراحی می‌شود. توضیح اجمالی برای هر یک از ماتریس‌های ذکرشده ارائه می‌شود:

۱- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE): به طور کلی، فهرست قوت‌ها و ضعف‌ها نشان دهنده حالت بالفعل بوده و می‌توان آن را به عکسی فوری از وضعیت موجود تشبیه کرد. نمره‌دهی در نقاط قوت و ضعف که تشکیل دهنده ماتریس عوامل داخلی را میدهند به این صورت است که نقاط قوت نمره ۳ و ۴ و نقاط ضعف نمره ۱ و ۲ را دریافت میکنند. نمره ۴ برای قوت قوی و نمره ۳ برای قوت معمولی، نمره ۱، ضعف اساسی و نمره ۲ ضعف معمولی را در بردارد.

۲- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی (EFE): هدف از بررسی عوامل خارجی این است که از فرصتهایی که می‌توان از آنها بهره‌برداری کرد و تهدیداتی را که می‌توان از آنها احتراز نمود، یک فهرست نهایی تهیه شود. همان گونه که از مفهوم واژه «نهایی» استنباط می‌شود، بررسی عوامل خارجی با این هدف انجام نمی‌شود که فهرست کاملی از هر عاملی که می‌تواند تاثیرگذار باشد تهیه شود. بلکه هدف، شناسایی متغیرهای اصلی است که باید در برابر آنها واکنش عملی نشان داده شود (یعنی توان نشان دادن واکنش وجود دارد). نمره‌دهی در نقاط فرصتها و تهدیدها که تشکیل دهنده ماتریس عوامل خارجی

را می‌دهند به این صورت است که نقاط فرصت نمره ۳ و ۴ و نقاط تهدید نمره ۱ و ۲ را دریافت میکنند. نمره ۴ برای فرصت قوی و نمره ۳ برای فرصت معمولی، نمره ۱، تهدید اساسی و نمره ۲ تهدید معمولی را در بردارد.

۳- ماتریس داخلی و خارجی (IE): ماتریس داخلی و خارجی (IE) وضعیت شرکت را تعیین می‌کند. این ماتریس از ۴ خانه تشکیل شده است و بر اساس استقرار داده‌های بدست آمده از دو ماتریس IFE و EFE در دو بعد اصلی زیر شکل می‌گیرد:

- جمع امتیاز نهایی ماتریس ارزیابی عوامل داخلی که بر روی محور X ها نشان داده می‌شود.

- جمع امتیاز نهایی ماتریس ارزیابی عوامل خارجی که بر روی محور Y ها نشان داده می‌شود.

- نقطه به دست آمده در یکی از ۴ خانه ماتریس IE قرار می‌گیرد و مشخص می‌شود که شرکت در کدام موقعیت محافظه کارانه، تهاجمی، تدافعی یا رقابتی قرار دارد. موقعیت تهاجمی، توسعه فعالیت‌ها را مد نظر دارد، موقعیت تدافعی، ترکیب، ادغام و یا انحلال فعالیت را در پی خواهد داشت. موقعیت محافظه‌کارانه، حفظ شرایط فعلی و نشانه رفتن کاهش ضعفها را به مرور در آینده نتیجه می‌دهد. موقعیت رقابتی حفظ شرایط فعلی و بهبود عملکرد را به کمک بهره‌گیری از فرصت‌ها و احتراز از تهدیدها نشان می‌دهد.

۴- ماتریس تهدیدات، فرصت‌ها، نقاط قوت و ضعف (TOWS):

در این ماتریس، در هر مرحله دو عامل با هم مقایسه می‌شوند و مدیران با استفاده از این ابزار می‌توانند چهار راهکار ST//SO و WT//WO را با توجه به موقعیت انتخابی، تعیین کنند. تعریف راهکار در اینجا عبارت است از: بهره‌برداری و تخصیص منابع و تعاملات یک سازمان با بازارها، رقبا و دیگر عوامل محیطی.

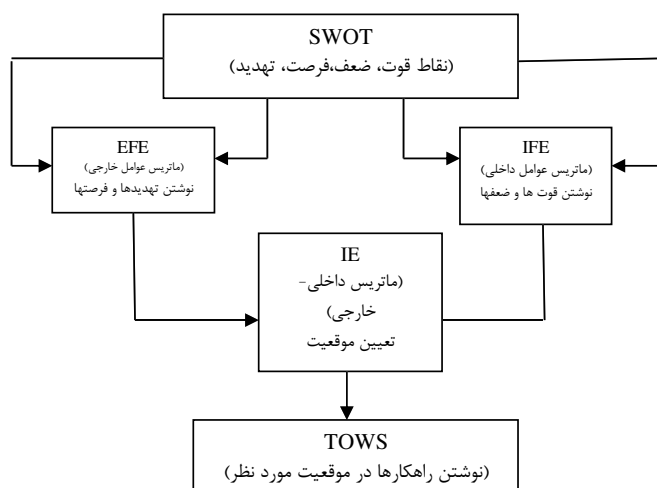
SO: سازمان با اجرای این راهکار می‌کوشد با استفاده از نقاط قوت از فرصت‌های خارجی بهره‌برداری کند.

WO: هدف این است که با استفاده از فرصت‌های موجود در محیط خارج نقاط ضعف داخلی بهبود یابد.

ST: با استفاده از نقاط قوت سازمان، اثر تهدیدات خارجی کاهش یابد.

WT: حالت تدافعی است و هدف کم کردن نقاط ضعف داخلی و پرهیز از تهدیدات خارجی است.

متغیرهای روش تحقیق در شکل ۱ ارائه شده است.

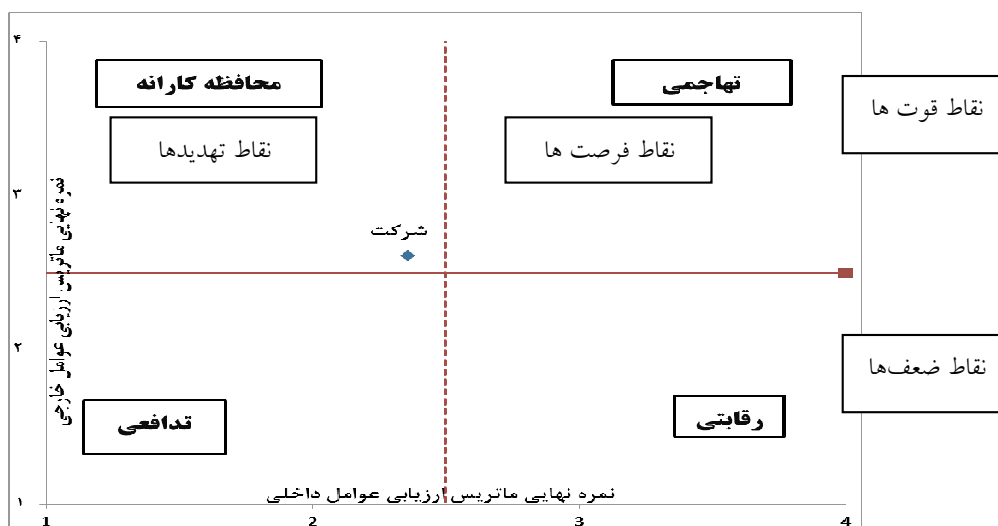


شکل ۱- متغیرهای روش پیشنهادی

### ۳- نتایج و بحث

کارشناسان در خصوص افزایش درآمد شرکت نظر داده‌اند. نتایج خروجی از پرسشنامه، در ماتریس IE در شکل ۲ نشان داده شده است. نحوه ترسیم این ماتریس بدین گونه است که با استفاده از مجموع نمره نهایی دو ماتریس عوامل داخلی (محور X) و عوامل خارجی (محور Y) که در جدول ۱ به ترتیب اعداد  $X = 2/36$  و  $Y = 2/61$  می‌باشد، این اعداد روی محورهای

همان طور که در مواد و روش ها توضیح داده شد، مرحله اول در ارائه راهکار، تبیین نقاط قوت، ضعف، فرصت ها و تهدیدها (در اینجا تنها در حوزه کاهش افزایش درآمد شرکت) است. در ادامه، نقاط SWOT در قالب جدول تهیه شده و در اختیار کارشناسان قرار گرفته است تا به هریک از عوامل آن ضریب و نمره داده شود. جدول ۱ بیانگر مهمترین عواملی است که



شکل ۲- ماتریس IE: تعیین موقعیت شرکت از لحاظ عوامل موثر بر کاهش افزایش درآمد

مختصات علامتگذاری میشود و تقاطع آن موقعیت شرکت را مشخص خواهد کرد. با توجه به مقادیر نمره نهایی ماتریس های عوامل داخلی و خارجی، میتوان این طور بیان نمود که شرکت در کدام موقعیت (تهاجمی، محافظه کارانه، رقابتی، تدافعی) قرار گرفته است. به بیان دیگر در راستای برنامه ریزیهای آتی و بهبود عملکرد، برای افزایش درآمد، کدام دسته از راهکارها (راهکارهای تهاجمی، راهکارهای رقابتی، راهکارهای تدافعی و راهکارهای محافظه کارانه) بیشترین کارایی را خواهند داشت. همان طور که شکل ۲ نشان می دهد شرکت آب و فاضلاب

مشهد در موقعیت محافظه کارانه قرار گرفته است. پس از این مرحله، ماتریس TOWS تشکیل و بر اساس آن راهکارها تدوین میشود. ماتریس TOWS نحوه نوشتن هر دسته از راهکارها را نشان میدهد، بدین گونه که طبق شکل ۱، راهکار تهاجمی از ترکیب نقاط یا همان گزینههای مطروحه برای «قوت ها و فرصتها» نوشته میشود. راهکارهای محافظه کارانه از ترکیب «نقاط قوت و تهدیدها» ارائه میشود. راهکارهای رقابتی با توجه به «نقاط ضعف و فرصتها» نگارش شده و راهکارهای تدافعی با در نظر گرفتن «نقاط ضعف و تهدیدها» نوشته میشود.

جدول ۱- نقاط SWOT در شرکت آب و فاضلاب مشهد

| نمره نهایی | نمره | ضریب نرمال | ضریب | شرکت آب و فاضلاب                                                                                                                                                                                               |          |
|------------|------|------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ۰,۱۹۸      | ۳    | ۰,۰۶۶      | ۸۰   | ایجاد و توسعه سیستم تله متری در سالهای اخیر در راستای افزایش بهره‌وری                                                                                                                                          | نقاط قوت |
| ۰,۲۲۳      | ۳    | ۰,۰۷۴      | ۹۰   | همانگی و برگزاری جلسات با افراد خبره در خصوص ایجاد راهکارهای افزایش درآمد و پیاده سازی آنها                                                                                                                    |          |
| ۰,۱۷۴      | ۳    | ۰,۰۵۸      | ۷۰   | بازنگری و بررسی مستمر در هزینه‌ها و کنترل نمودن آنها                                                                                                                                                           |          |
| ۰,۲۹۸      | ۴    | ۰,۰۷۴      | ۹۰   | وجود کارشناسان مجرب در شرکت و ارائه برخی از پیشنهادات و راهکارهای آنان برای اجرا در کل کشور                                                                                                                    |          |
| ۰,۲۲۳      | ۳    | ۰,۰۷۴      | ۹۰   | حرکت به سمت برون سپاری در شرکت در راستای ایجاد پتانسیل برای درآمدزایی و کنترل هزینه‌ها                                                                                                                         |          |
| ۰,۲۹۸      | ۴    | ۰,۰۷۴      | ۹۰   | پیگیری هدفهای تعریف شده برای هر حوزه و یا دفتر، جهت بهبود عملکرد شرکت                                                                                                                                          |          |
| ۰,۱۹۸      | ۳    | ۰,۰۶۶      | ۸۰   | پایش‌های اقتصادی مستمر برای ایجاد قراردادهای جدید در راستای ایجاد فرصتهای نو درآمدی برای شرکت                                                                                                                  |          |
| ۰,۱۶۵      | ۲    | ۰,۰۸۳      | ۱۰۰  | وجود برخی از موارد اتلاف آب در شبکه توزیع                                                                                                                                                                      | نقاط ضعف |
| ۰,۰۸۳      | ۱    | ۰,۰۸۳      | ۱۰۰  | عدم همخوانی فرآیندها و عدم هماهنگی در برخی سطوح مختلف فعالیتی سازمان                                                                                                                                           |          |
| ۰,۱۴۹      | ۲    | ۰,۰۷۴      | ۹۰   | نیاز به بکارگیری تجهیزات و قطعات با کیفیت در خدمات برای کاهش هزینه تعمیرات و نگهداری                                                                                                                           |          |
| ۰,۱۴۹      | ۲    | ۰,۰۷۴      | ۹۰   | نیاز به هماهنگی بیشتر بین فعالیتهای مختلف در آب و فاضلاب مناطق شهر                                                                                                                                             |          |
| ۰,۰۶۶      | ۱    | ۰,۰۶۶      | ۸۰   | انجام موازی کاری در برخی فعالیتهای و نیاز به اصلاح فرآیندها                                                                                                                                                    |          |
| ۰,۰۶۶      | ۱    | ۰,۰۶۶      | ۸۰   | نیاز به بکارگیری افراد متخصص در هر فعالیت و تناسب پست کاری با تخصص افراد                                                                                                                                       |          |
| ۰,۰۶۶      | ۱    | ۰,۰۶۶      | ۸۰   | عدم وجود نظام پاداش دهی مناسب و قرار دادن پاداش یکسان در انتهای سال برای همه افراد و عدم ایجاد انگیزه                                                                                                          |          |
| ۲,۳۶       |      | ۱,۰۰۰      | ۱۲۱۰ |                                                                                                                                                                                                                | جمع      |
| ۰,۳۵۶      | ۴    | ۰,۰۸۹      | ۹۰   | امکان فروش آب غیر شرب به صنایع بزرگ در نزدیکی شهر مشهد                                                                                                                                                         | فرصتها   |
| ۰,۲۳۸      | ۳    | ۰,۰۷۹      | ۸۰   | رویکرد دولت در برنامه ششم توسعه، به لحاظ انجام پروژه‌ها با تامین مالی خودگردان و نیاز حرکت به سمت خودگردانی و فروش آب با قیمت تمام شده                                                                         |          |
| ۰,۲۶۷      | ۳    | ۰,۰۸۹      | ۹۰   | استفاده مناسب از لوازم و تجهیزات انبارها و امکان تبدیل آنها به منبع درآمدی                                                                                                                                     |          |
| ۰,۳۹۶      | ۴    | ۰,۰۹۹      | ۱۰۰  | مستقل نمودن مناطق در استفاده از منابع درآمدی و هزینه‌ها (مانند نوعی از خصوصی سازی و ایجاد انگیزه در مدیران مناطق، خودکفا بودن آنها، به عنوان مثال به هراندازه که درآمد داشته به همان اندازه حقوق دریافت کنند). |          |
| ۰,۲۶۷      | ۳    | ۰,۰۸۹      | ۹۰   | استفاده از حساسیت کالای آب و کم کشش بودن تقاضای این کالا                                                                                                                                                       |          |
| ۰,۳۵۶      | ۴    | ۰,۰۸۹      | ۹۰   | فروش انشعاب به صورت اینترنتی (عدم پذیرش مستقیم مشترکین و کاهش فساد اداری، کاهش هزینه لوازم و ...)                                                                                                              |          |
| ۰,۰۹۹      | ۱    | ۰,۰۹۹      | ۱۰۰  | محدودیت منابع مالی جهت سرمایه گذاری                                                                                                                                                                            |          |
| ۰,۱۷۸      | ۲    | ۰,۰۸۹      | ۹۰   | عدم توازن بین تعرفه‌ها و قیمت تمام شده ناشی از اعمال محدودیتهای قانونی                                                                                                                                         | تهدیدها  |
| ۰,۰۹۹      | ۱    | ۰,۰۹۹      | ۱۰۰  | محدودیتهای قانونی برای منطقی ساختن قیمت خدمات آب و فاضلاب                                                                                                                                                      |          |
| ۰,۱۷۸      | ۲    | ۰,۰۸۹      | ۹۰   | نگرش سنتی به آب بعنوان کالای ارزان و قابل دسترس                                                                                                                                                                |          |
| ۰,۱۷۸      | ۲    | ۰,۰۸۹      | ۹۰   | افزایش قیمت تمام شده محصول بدلیل لزوم انتقال آب از دور دست و تصفیه آب‌های با کیفیت پایین                                                                                                                       |          |
| ۲,۶۱       |      | ۱,۰۰۰      | ۱۰۱۰ |                                                                                                                                                                                                                | جمع      |



خروجی‌های حاصل از ماتریس TOWS در ادامه در قالب جدول ۲ ارائه شده است.

#### ۴- نتیجه گیری

همانطور که بیان شد در ماتریس توس TOWS بر حسب موقعیت تعیین شده، راهکار تدوین می‌شود. همانطور که اشاره شد، شکل ۱ موقعیت شرکت را در حوزه افزایش درآمد،

در موقعیت «محافظه کارانه» نشان میدهد، بنابراین با توجه به توضیحات فوق، در دسته راهکارهای محافظهکارانه باید راهکارهایی از ترکیب «نقاط ضعف و فرصتها» نوشته شود، به گونه‌ای که با تعریف این راهکارها، درصدد کاهش ضعف‌ها و بهره‌گیری از فرصتها بوده و به بهبود درآمد شرکت کمک نماید. لازم به ذکر است که در تعیین راهکارها، علاوه بر استفاده از اطلاعات پرسشنامه تکمیل شده، از مصاحبه نیز کمک گرفته شده است. نتایج نشان میدهد که در شرکت آب و فاضلاب

جدول ۲- راهکارها در زمینه افزایش درآمد در شرکت آب و فاضلاب مشهد

| دسته                                                     | ردیف | راهکار                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| کاهش هزینه                                               | ۱    | کنترل و بازرسی منظم کنتورها جهت تعویض کنتورهای فرسوده و جلوگیری از هدررفت آب                                                                                                                               |
|                                                          | ۲    | تعیین الزامات و سازوکارهای لازم برای مدیریت کاهش هزینه‌ها                                                                                                                                                  |
|                                                          | ۳    | هماهنگی بین مراحل مختلف انجام کار برای کوتاه شدن زمان انجام پروژه‌ها و بهبود مدیریت                                                                                                                        |
|                                                          | ۴    | نیاز به بازنگری و نظارت در نوع قراردادهای پیمانکاران برای کاهش واقعی هزینه‌ها (لزوماً قرارداد با شرکت‌های پیمانکاری و عدم قرارداد بستن با افراد به طور مستقیم به معنی کاهش هزینه نخواهد بود)               |
|                                                          | ۵    | دریافت و وصول چک‌های شرکت با کمک کارشناسان و عدم عقد قرارداد با شرکتهای پیمانکار برای وصول چک در راستای کاهش هزینه‌ها                                                                                      |
|                                                          | ۶    | آیتم‌های مهم در راستای کنترل هزینه‌ها و بهبود درآمد در بخش انرژی: طراحی مجدد چاه‌ها؛ حذف ساعات پیک در مصرف برق؛ چک نمودن خازن‌ها برای کنترل هزینه‌ها در ساختمان‌ها و تاسیسات؛ تصحیح قبوض؛ نصب سلول خورشیدی |
| افزایش درآمد (از طریق روشهای فنی در شرکت)                | ۷    | تعویض قراردادهای قرائت کنتور در راستای بهبود بهره‌وری و افزایش درآمد (ذی نفع نمودن مامور کنتورخوان در مبلغ آب‌بها)                                                                                         |
|                                                          | ۸    | نصب کنتور در همه محل‌های برداشت آب و اصلاح روشهای قرائت کنتور                                                                                                                                              |
|                                                          | ۹    | ایجاد نظم سازمانی به عنوان یکی از مهمترین فاکتورها در راستای افزایش درآمد                                                                                                                                  |
|                                                          | ۱۰   | تعویض برخی از بانکها برای جلوگیری از نگهداشت مبالغ آب‌بها و وارد شدن سریعتر پول به حساب شرکت                                                                                                               |
|                                                          | ۱۱   | حذف ارتباطات رو در رو، به کمک توسعه روشهای الکترونیکی و قرائتهای کنتور راه دور                                                                                                                             |
|                                                          | ۱۲   | استفاده از نقشه‌های GIS و افزایش سرعت انتقال اطلاعات بین حوزه‌ها                                                                                                                                           |
|                                                          | ۱۳   | استفاده از سایر دستگاه‌ها و نهادهای خدمات شهری و همکاری با آنان جهت رصد سریعتر اطلاعات مشتریان                                                                                                             |
|                                                          | ۱۴   | ایجاد هماهنگی بین امور مالی و و دفتر بودجه در راستای هماهنگی بین مخارج مالی و بودجه در راستای کنترل هزینه‌ها و جلوگیری از زیانده بودن شرکت (تنظیم هزینه‌ها با بودجه)                                       |
|                                                          | ۱۵   | تعریف شاخص‌های عملیاتی معین در راستای افزایش درآمد به عنوان مثال تعیین هزینه تهیه و صدور هر قبض برای مشترک                                                                                                 |
|                                                          | ۱۶   | دریافت مبلغی به عنوان ارزش افزوده ایجاد شده در اراضی فاقد زیرساختهای شهری، شناسنامه‌دار کردن این اراضی از بعد ایجاد تاسیسات شهری                                                                           |
|                                                          | ۱۷   | ایجاد نرم افزارهای جدید در سیستم اعتبارات شرکت (به محض ایجاد سند هزینه‌ای جدید، نرم افزار مانده اعتبارات را نشان دهد و هزینه‌ها تا سقف اعتبارات انجام شود و فاکتورها برابر سرفصلها بودجه تنظیم شود)        |
| افزایش درآمد (از طریق راه- کارهای مرتبط با نیروی انسانی) | ۱۸   | افزایش انگیزه در افراد برای بهبود بهره‌وری آنها و تعیین سیستم صحیح پاداش‌دهی (اختلاف در پاداش افراد معنی‌دار نیست که سبب انگیزه شود)                                                                       |
|                                                          | ۱۹   | اصلاح نظام تنبیه و توبیخ افراد به صورت نامه‌های محرمانه و مهلت دادن به افراد برای به روزرسانی خود و ایجاد کمیته برای تصمیم‌گیری در این خصوص                                                                |
|                                                          | ۲۰   | انتخاب مناسب افراد در پست‌های واگذار شده، و تعویض به موقع و صحیح کارشناسان شرکت در راستای رشد توانایی‌های افراد                                                                                            |
|                                                          | ۲۱   | عدم جذب نیروی غیر متخصص و آموزش نیروهای جذب شده در راستای بهبود بهره‌وری افراد                                                                                                                             |
|                                                          | ۲۲   | مشارکت پرسنل در منابع درآمدی و ایجاد سازوکار لازم برای ذی‌نفع نمودن آنها در منابع درآمدی واحد یا شرکت                                                                                                      |

Abbott, M., Cohen, B., and Wang, W.Ch., (2012), "The performance of the urban water and wastewater sectors in Australia", *Utilities Policy*, 20(1), 52-63.

Ferro, G., and Mercadier, A.C., (2016), "Technical efficiency in Chile's water and sanitation providers", *Utilities Policy*, 43, 97-106.

Halla, F., (2007), "A SWOT analysis of strategic urban development planning: the case of Dar as Salaam city in Tanzania", *Habitat International*, 31(1), 130-142.

Hipp, T., Trylyovska, M., Tsarynnyk, O., Sharkov, M., and Khachatryan, G., (2007), "Implementation of a national finance strategy for the water supply and sanitation sector in Armenia Republic", *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*.

Lee, Ch. H., and Yu, Y.H., (2011), "Service delivery comparisons on household connections in Taiwan's sewer public-private-partnership (PPP) projects", *International Journal of Project Management*, 29(8), 1033-1043.

Markus, L., Jensenb, K., and Shivakoti, G., (2008), "Analysis of constraints and potentials for wastewater management in the coastal city of Manado, North Sulawesi, Indonesia", *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1141-1150.

Mugisha, S., (2013), "Applying incentives to increase revenue water in urban systems", *Journal of Water Supply*, 62(5), 268-278.

Pinto, F.S., and Marques, R.C., (2015), "Tariff recommendations: A panacea for the Portuguese water sector", *Utilities Policy*, 34, 36-44.

Reynaud, A., (2016), "Assessing the impact of full cost recovery of water services on European households", *Water Resources and Economics*, 14, 65-78.

United States Agency for International Development (USAID), (2009), "Pricing of water and wastewater services in Amman and subsidy options; conceptual framework, recommendations and pricing model",

مشهد، امکان توسعه درآمد وجود دارد. به عبارتی به کمک بهره‌گیری از فرصت‌ها و کاهش ضعف‌ها، میتوان فعالیت‌های درآمدزایی را توسعه داد.

## ۵- تشکر و قدر دانی

مقاله حاضر، برگرفته بخشی از طرح پژوهشی، به سفارش شرکت آب و فاضلاب شهر مشهد است که بدین وسیله از کلیه کارکنان و دست‌اندرکاران این شرکت تشکر و قدر دانی می‌شود.

## ۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Action Plan
- 2- Full Cost Recovery
- 3- United States Agency for International Development
- 4- Strength, Weakness, Opportunity, Threat (SWOT)
- 5- Internal Factor Evaluation (IFE) matrix
- 6- External Factor Evaluation (EFE) matrix
- 7- Threat, Opportunity, Weakness, Strength (TOWS)

## ۷- مراجع

اعرابی، س.م.، (۱۳۸۵)، *دست‌نامه برنامه‌ریزی استراتژیک تهران*، انتشارات دفتر پژوهش‌های فرهنگی.

برایسون، ج.، (۱۳۸۱)، *برنامه استراتژیک برای سازمان‌های دولتی و غیرانتفاعی*، ترجمه عباس منوریان، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

پیرس، ر.، (۱۳۷۷)، *برنامه‌ریزی و مدیریت استراتژیک*، ترجمه دکتر سهراب خلیلی شورینی، انتشارات یادواره کتاب.

فرهادیان، م. و ملاباشی، آ.، و شفیعی دستگردی، ا.، (۱۳۸۸)، «تجزیه و تحلیل هدر رفت آب در شرکت آب و فاضلاب نایین»، همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب.

مسلمپور، ن.، شریفپور، م. و حیدری، ج.ف.، (۱۳۸۸)، «مدیریت مصرف و شناسایی عوامل موثر بر کاهش آب بدون درآمد در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کرمانشاه (بارویکرد اصلاح الگوی مصرف)»، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران، پژوهشگاه نیرو، ۴-۵ اسفند.

مرادینژاد، ا.، نجاتی، غ.، سلگی، م.، و فرهادزاده، م.، (۱۳۸۸)، «کاهش آب بدون درآمد بر اساس نتایج بالانسینگ (Action Plan) در آب و فاضلاب استان مرکزی»، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران، پژوهشگاه نیرو، ۴-۵ اسفند.

## Analysis and Evaluation of the Performance of Water Distribution Networks Using Performance Criteria and Certain and Fuzzy Stability index

Shiva Bakhtyari<sup>1\*</sup>, Hamid Reza Safavi<sup>2</sup>, Mohammad Hossein Gol Mohammadi<sup>3</sup>

1- M.Sc. in Civil Engineering-Water Resources Management.

2- Associate Professor, Civil Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

3- Assistant Professor, Civil Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

\*Corresponding Author, Email: shi22a@yahoo.com

Received: 29/5/2017

Revised: 21/8/2017

Accepted: 26/8/2017

### Abstract

Water distribution networks are one of the major water supply projects and amongst the most important infra structures in cities and villages. Currently the networks are analyzed based on demand analysis method in which the demands at different nodes are always constant and reachable and pressure is assumed as a constraint to evaluate the system stability. Various criteria are utilized in analyzing networks of which the performance criteria could be mentioned. These criteria are developed and analyzed based on binary logic. One of the greatest defects of this method is that it presents unreal and insensible results at threshold values. It also has no flexibility confronting experts' knowledge. In this study, a new method is presented that utilizes performance criteria including reliability in time, combinational reliability (elasticity, water age, and entropy), resilience, and vulnerability. A new sustainability index is developed to evaluate the water supply networks using the capabilities of membership function in fuzzy logic. The usefulness of this method is demonstrated with optimized specifications of Hanoi network. Comparison of the proposed and traditional methods indicated improvement in estimations, showing that the new approach is quite effective and practical.

**Keywords:** Fuzzy logic, Performance Criteria, Sustainability Index, Water Supply Networks.

## تحلیل و ارزیابی عملکرد شبکه‌های توزیع آب با استفاده از معیارهای عملکرد و شاخص پایداری قطعی و فازی

شیوا بختیاری<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا صفوی<sup>۲</sup>، محمد حسین گل محمدی<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مدیریت منابع آب

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استادیار دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

\* نویسنده مسئول، ایمیل: shi22a@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۸

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۴

### چکیده

شبکه‌های توزیع آب یکی از اصلی‌ترین قسمت‌های پروژه‌های آبرسانی و از مهمترین سازه‌های زیربنایی شهرها و روستاها هستند. وظیفه شبکه‌های توزیع آب، رساندن آب تامین شده از منابع آب و تصفیه شده در تصفیه‌خانه‌ها با کمیت کافی، کیفیت مناسب و فشار استاندارد به هریک از مشترکین است. در این تحقیق تحلیل شبکه‌ها بر اساس تحلیل مبتنی بر تقاضا صورت گرفته و روشی با استفاده از منطق فازی برای محاسبه معیارهای عملکرد شامل قابلیت اطمینان در زمان، قابلیت اطمینان ترکیبی (قابلیت ارتجاع، سن آب و آنتروپی)، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری ارائه شده که در آن شاخص پایداری شبکه آبرسانی با استفاده از قابلیت‌های تابع عضویت در منطق فازی توسعه یافته است. کارایی روش جدید در شبکه‌های پرکاربرد دوحلقه ای و Anytown مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که عملکرد شاخص پایداری فازی توسعه داده شده در این تحقیق در مقایسه با روش قطعی، از نظر کارشناسی به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** شبکه توزیع آب، معیارهای عملکرد، شاخص پایداری، منطق فازی.

آسیب‌پذیری و پایداری یکی از دغدغه‌های مهم دانشمندان و محققان در چند دهه اخیر بوده‌است. (Loucks 1997) شاخص پایداری (SI) را با استفاده از تمام معیارهای عملکرد شامل قابلیت اطمینان، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری توسعه داد و بیان کرد که قابلیت اطمینان، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری باهم ابزاری برای تعیین کمیت و نظارت بر پایداری در طول زمان است. برای تأمین نیازمندی‌های آب برای بشر یا محیط زیست در زمان حال و آینده لازم است که عملکرد و شاخص‌ها اندازه‌گیری شود تا بتوان سناریوهای مختلف سیستم‌های منابع آب را با یکدیگر مقایسه و ارزیابی نمود. این هدف توسط منابع آب (Sandoval-Solis et al. 2011) به عنوان شاخص‌های پایداری منابع آب ارائه شده است که امکان ارزیابی و مقایسه گزینه‌های سیاست‌های مدیریتی برای سیستم‌های منابع آب را ممکن می‌سازد.

قابلیت اطمینان یا اعتمادپذیری شبکه‌های آبرسانی در سال‌های اخیر به دلیل افزایش عمر زیرساخت‌ها و تغییرات آب و هوایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این قابلیت‌ها در دو دسته گرهی یا نقطه‌ای و شبکه قابل دسته‌بندی است که با دو الگوریتم اصلی براساس تقاضای آب در گره‌ها و کل شبکه بدون در نظر گرفتن فشار در گره‌ها و دیگری رویکرد بر پایداری فشار در گره‌ها بدون در نظر گرفتن تغییرات نیاز در گره‌ها بیان می‌گردد (BTES, 2013). قابلیت اطمینان، احتمال موفقیت یک سامانه در یک دوره زمانی مشخص و معیار ارزیابی معین را ارائه می‌دهد (Bazovsky, 1961). در شبکه‌های توزیع آب، قابلیت اطمینان را می‌توان توانایی شبکه در فراهم کردن آب کافی در فشار مناسب برای مصرف‌کنندگان بیان کرد (Tabesh, 1998). به طور کلی در شبکه‌های توزیع آب، قابلیت اطمینان از سه جنبه هیدرولیکی، مکانیکی و کیفیت آب بررسی می‌شود. (Hashimoto et al. 1982) فرمولی برای قابلیت اطمینان

$$Rel = \frac{\text{تعداد گامهای زمانی که در آن موفقیت رخ داده است}}{\text{تعداد کل گامهای زمانی}} \quad (1)$$

بر اساس تعریف (Loucks 1997) به صورت زیر ارائه نمود:  
معیار برگشت‌پذیری، توانایی سیستم در بازگرداندن آن به حالت ایده‌آل و مطلوب پس از وقوع یک شکست در سیستم را بیان می‌کند. (Todini 2000) مفهوم قابلیت ارتجاع را شدیداً

شبکه‌های توزیع آب شهری گسترده‌ترین بخش از تأسیسات زیربنای شهری است که در بقاء و چرخه معمول زندگی شهرها از ضروریات بی‌چون و چرای دنیای امروز است. وظیفه شبکه‌های توزیع آب، رساندن آب تأمین‌شده از منابع آب و تصفیه شده در تصفیه‌خانه‌ها با کمیت کافی، کیفیت مناسب و فشار استاندارد به هر یک از مشترکین است (Monzavi, 2009). از حدود چهار دهه پیش استفاده از روشهای مختلف بهینه‌سازی در طراحی شبکه‌ها، یکی از زمینه‌های مورد علاقه دانشمندان بوده است که علاوه بر داشتن بهترین شرایط از لحاظ سرمایه‌گذاری و هزینه، بهترین شرایط بهره‌برداری را نیز برای مصرف‌کننده تأمین کند. در بهره‌برداری چند هدفه شبکه‌های توزیع آب، علاوه بر حداقل‌سازی هزینه‌ها، حداکثرسازی قابلیت اطمینان شبکه از جمله قابلیت اطمینان مکانیکی، هیدرولیکی و کیفی نیز به عنوان اهداف بهینه‌سازی مطرح است و مجموع آنها برای توسعه پایدار امری بسیار مهم و اجتناب‌ناپذیر است (Tabesh et al., 2013).

در طراحی شبکه‌ی توزیع آب ترکیب‌های مختلف از اندازه قطر لوله‌ها، ارتفاع مخازن و نوع پمپ‌ها را می‌توان انتخاب نمود، اما مهندس طراح باید شبکه‌ای را ارائه دهد که در بدترین شرایط موجود جوابگوی نیاز آبی مردم باشد، علاوه بر این باید گسترش شهرها و نیازهای اضطراری را در نظر بگیرد. همچنین شبکه باید طوری عمل کند تا قوانین هیدرولیکی نیز در آن کاملاً صدق کنند. این اهداف به عنوان شاخص پایداری ارائه شده است که امکان ارزیابی و مقایسه گزینه‌های سیاست‌های مدیریتی برای سیستم‌های آبرسانی را ممکن می‌سازد.

تمایل تصمیم‌گیرندگان به احداث شبکه‌های کم هزینه‌تر در گذشته، محققان را به سمت طراحی شبکه‌ها با هدف کمینه کردن هزینه‌ها سوق می‌دهد. اما تمرکز بیش از حد مدل‌های طراحی به کمینه کردن هزینه‌های ساخت، بدون توجه به وضعیت فاکتورهای کارایی و پایداری شبکه، اصلی‌ترین دلیل ناکارآمدی مدل‌های مزبور در طی سال‌های اخیر بوده‌است (Walski, 2001). از این رو مفاهیم معیارهای عملکرد و شاخص پایداری و کاربرد آن‌ها در تحلیل شبکه‌های آب در یک دهه اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته‌است.

کمی کردن مفاهیمی چون قابلیت اطمینان، برگشت‌پذیری،

مرتبط با توانایی ذاتی سیستم در غلبه بر شکست دانست و آن را معیاری برای معرفی محدودیت‌های قابلیت اطمینان بیان نمود. (Moy et al. (1986 از حداکثر تعداد دوره های کمبود متوالی قبل از ترمیم به عنوان تعریفی از برگشت پذیری استفاده نمودند.

$$Res = \frac{\text{تعداد گامهای زمانی که در آن موفقیت بلافاصله بعد از یک شکست رخ داده است}}{\text{تعداد کل گامهای زمانی همراه با شکست}} \quad (2)$$

آسیب پذیری میزان شکست سیستم را بیان می کند که می تواند به صورت (۱) میانگین شکستها (۲) میانگین حداکثر شکستها در طول یک دوره مداوم شکست (۳) احتمال بیشتر شدن شکست در یک یا چند دوره از یک مقدار مشخص کمی شود. به عقیده Hashimoto et al. (1982)، میتوان آسیب پذیری را از تقسیم مجموع مقادیر عدم رضایت به مجموع تمام مقادیر در گامهای زمانی شبیه سازی شده به دست آورد. این روش ارزیابی به وسیله Huizar et al. (2011) به منظور ایجاد سیستمهای حمایت تصمیمگیری برای پایداری منابع آب نیز استفاده شده است.

$$Vul = \frac{\text{مجموع کل مقادیر نامطلوب}}{\text{مجموع کل مقادیر مورد نیاز هدف}} \quad (3)$$

شاخص پایداری توسعه یافته توسط Loucks (1997)، توسط Sandoval-Solis et al. (2011) با استفاده از توان هندسی ضرب معیارهای عملکرد به صورت رابطه زیر اصلاح گردید که در آن (i) معیار عملکرد M ام مربوط به مصرف کننده یا گره i ام میباشد.

$$SI^i = [\prod_{m=1}^M C_m^i]^{1/M} \quad (4)$$

Taheri (2016) شاخص پایداری با استفاده از قابلیت اطمینان ترکیبی به صورت زیر ارائه نمود:

$$SI^i = [Rel_C^i * Res^i * (1 - Vul^i)]^{1/3} \quad (5)$$

که در آن قابلیت اطمینان ترکیبی است و به صورت رابطه (۶) میباشد. در این رابطه  $I_n$  برگشت پذیری،  $r_{WA}$  شاخص سن آب و  $\varepsilon_F$  آنتروپی میباشد و روابط و توضیحات مربوط به آنها در (Taheri, 2016) به طور کامل ارائه شده است.

$$Rel_C^i = 0.3 * I_n(i, t) + 0.3 * r_{WA}(i, t) + 0.4 * \varepsilon_F(i, t) \quad (6)$$

آنچه در روابط فوق از اهمیت زیادی برخوردار است نحوه شمارش گامهای زمانی یا تعداد دفعات شکست یا پیروزی در محاسبه معیارهای عملکرد می باشد. در روابط فوق برای شمارش شکستها یا موفقیتها در هر گام از منطق کلاسیک استفاده می شود. از معایب این منطق آن است که در مقادیر آستانه نمی تواند واقعیت شکست یا پیروزی سیستم را به صورت عددی بیان کند چرا که محدوده جواب آن صفر یا یک است.

$$\text{منطق کلاسیک} \begin{cases} \text{if } x \in \tilde{A} \rightarrow \mu(x) = 1 \\ \text{if } x \notin \tilde{A} \rightarrow \mu(x) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

در مقابل منطق کلاسیک، منطق فازی اولین بار توسط Zadeh (1965) مطرح شد. او به ناتوانی منطق کلاسیک برای پرداختن به مسائل نادقیق دنیای واقعی اشاره کرد و چارچوب جدیدی به نام تئوری فازی را پایه ریزی کرد و مبانی آن را معرفی نمود. این تئوری تعمیم یافته منطق کلاسیک است که در آن دسترسی گزاره ها میتواند در محدوده صفر و یک تغییر کند و بدین ترتیب امکان استدلال تقریبی فراهم می گردد.

$$\text{منطق فازی} \begin{cases} \text{if } x \in \tilde{A} \rightarrow 0 < \mu(x) \leq 1 \\ \text{if } x \notin \tilde{A} \rightarrow \mu(x) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

در این تحقیق با استفاده از مفهوم تابع عضویت در منطق فازی برای محاسبه معیارهای عملکرد، ضمن توسعه یک شاخص پایداری حاصل از ترکیب چهار معیار قابلیت اطمینان فازی در زمان، قابلیت اطمینان ترکیبی (قابلیت ارتجاع، سن آب و آنتروپی)، برگشت پذیری فازی و آسیب پذیری فازی برای ارزیابی شبکههای توزیع آب، کارایی آنها با استفاده از نتایج فشار حاصل از شبیه سازی شبکههای دوحلقه ای و Anytown



با معیارها و شاخص پایداری در منطق کلاسیک مورد مقایسه، ارزیابی و بحث قرار گرفته است.

## ۲- مواد و روش ها

در این تحقیق ابتدا مقادیر قابلیت اطمینان در زمان، قابلیت اطمینان ترکیبی، برگشت پذیری و آسیب پذیری با استفاده از روش قطعی به دست آمده و با استفاده از این سه معیار پایداری شبکه به صورت قطعی محاسبه شده است. سپس با استفاده از توابع عضویتی که توسط متخصصین تعیین شده، میزان عضویت قابلیت اطمینان در زمان، برگشت پذیری و آسیب پذیری بدست آمده و با استفاده از این مقادیر، شاخص پایداری فازی برای شبکه توزیع محاسبه شده است. تئوری مجموعه های فازی اساساً نوع جدیدی از ریاضیات است که مقادیر مبهم یا فازی که توسط توزیع های احتمالاتی قابل توصیف نیستند، را بیان می کند (Abbott et al., 2014). بیان میزان «فازیت» نسبت به میزان احتمالات بسیار راحت تر و کاربردی تر است. در تئوری کلاسیک تعلق یک عضو به یک مجموعه به صورت صریح بوده و یک عضو می تواند به یک مجموعه تعلق داشته باشد و یا به آن تعلق نداشته باشد. یعنی تابع تعلق به صورت یک مجموعه دودویی حاوی صفر و یک است؛ درحالی که در تئوری فازی، تابع تعلق به صورت یک تابع پیوسته در محدوده صفر و یک می باشد. تابع عضویت در تئوری مجموعه های فازی از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا تمام اطلاعات مربوط به یک مجموعه فازی به وسیله تابع عضویت آن توصیف می شود. تابع عضویت، مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را نشان می دهد. در واقع به تابعی که میزان درجه عضویت المان های مختلف را به یک مجموعه نشان می دهد، تابع عضویت گفته می شود. توابع عضویت مثلثی، دوزنقه ای، گوسی، زنگوله ای و سیگموئید از جمله معروف ترین توابع عضویت استاندارد می باشند. تابع عضویت زنگوله ای از مهم ترین و پرکاربردترین توابع عضویت فازی است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu(x) = bell(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (9)$$

(Safavi and Golmohammadi, 2016) با استفاده از مفهوم تابع عضویت در تئوری فازی و مفاهیم مطلوبیت و

عدم مطلوبیت قابل استنتاج از تابع عضویت، روابط مربوط به معیارهای عملکرد اعم از قابلیت اطمینان، برگشت پذیری و آسیب پذیری را برای تحلیل عملکرد سیستم های منابع آب مورد بازبینی قرار داده و روابط زیر را برای محاسبه این معیارها پیشنهاد دادند.

$$Rel_{time}^i = \frac{\sum_t \mu^i(x_t)}{N} \times 100\%; \quad 0 \leq Rel_{time}^i \leq 100\% \quad (10)$$

$$Res^i = \frac{\sum_t \langle \mu^i(x_t) - \mu^i(x_{t-1}) | \mu^i(x_t) > \mu^i(x_{t-1}) \rangle}{\sum_t (1 - \mu^i(x_t))} \times 100\%; \quad 0 \leq Res^i \leq 100\% \quad (11)$$

در این تحقیق معیار آسیب پذیری فازی برای شبکه های آب با استفاده از مفهوم رابطه (۳) و مقدار مطلوبیت حاصل از تابع عضویت فازی به صورت زیر پیشنهاد می شود:

$$Vul^i = \frac{\sum_t x_t \times (1 - \mu^i(x_t))}{\sum_t x_t} \quad (12)$$

که  $\mu(x_t)$ : میزان مطلوبیت در گره  $j$  در زمان  $t$ ؛  $N$ : تعداد کل گام های زمانی،  $x_t$ : پارامتر در نظر گرفته شده (در این تحقیق پارامتر فشار) هستند.

همچنین برای محاسبه پایداری شبکه های آب، رابطه زیر براساس رابطه (۴) و روابط (۸) تا (۱۱) پیشنهاد می شود:

$$SI^i = [Rel_{time}^i \times Rel_C^i \times Res^i \times (1 - Vul^i)]^{1/4} \quad (13)$$

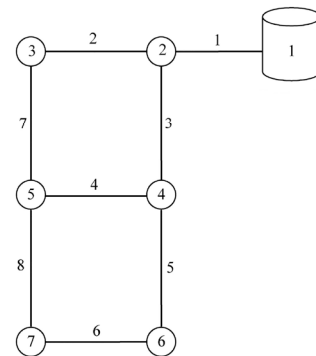
که در این رابطه پارامترها به ترتیب قابلیت اطمینان در زمان، قابلیت اطمینان ترکیبی، برگشت پذیری و آسیب پذیری در گره  $i$  هستند.

## ۳- مطالعه موردی

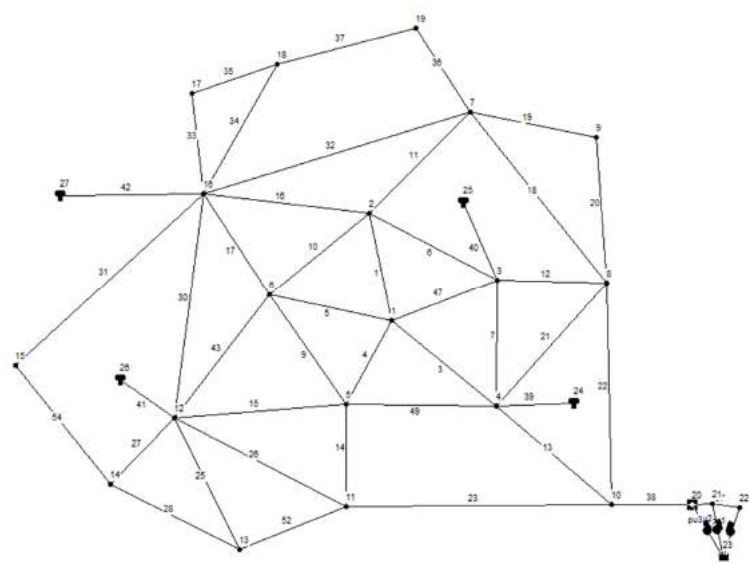
برای بررسی و ارزیابی شاخص پایداری پیشنهادی، از شبکه های دوحلقه ای و Anytown به عنوان مطالعه موردی

استفاده شده است. شکل های ۱ و ۲ شماتیک شبکه های مذکور را نمایش می دهد (Fujiwara and Khang, 1990). شبکه دو حلقه ای از ۸ لوله با اندازه های یکسان به طول ۱۰۰۰ متر قرار گرفته در دو حلقه تشکیل شده است. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود با یک مخزن ثابت تغذیه می شود.

در این تحقیق، مشخصات بهینه شبکه ی دو حلقه های که توسط Zhou et al. (2015) به دست آمده، نیز مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین منبع تأمین آب در شبکه Anytown از رودخانه است که تصفیه آب در تصفیه خانه مرکزی شهر واقع در گر شماره ۱۰ انجام می گیرد. براساس شکل ۲، سه پمپ یکسان به صورت موازی آب را از تصفیه خانه به شبکه پمپاژ می کنند. مشخصات بهینه این شبکه از مطالعات (Farmani et



شکل ۱- شبکه دو حلقه ای



شکل ۲- شبکه Anytown

al., 2005) استخراج و مورد استفاده قرار گرفته است. پس از توسعه شبکه های فوق و اجرای آن در محیط نرم افزار EPA-NET، خروجیهای مربوط به پارامتر فشار در گر ها با استفاده از روابط مربوط به معیارهای عملکرد و شاخص پایداری از دو منطق کلاسیک و فازی محاسبه شده و نتایج برای ارزیابی روابط توسعه داده شده با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته اند.

#### ۴- نتایج و بحث

مدل سازی این دو شبکه در ۲۴ ساعت با دوره زمانی ۳ ساعته با ضرایب تقاضای متفاوت در طول روز (مطابق جدول ۱)، مورد تحلیل قرار گرفته است. با اجرای مدل در نرم افزار EPANET، فشار در گر های مختلف در کل شبکه ها محاسبه شده و مورد ارزیابی قرار گرفته اند. در این تحقیق طبق نظر کارشناسان از تابع زنگوله ای استفاده شده است. برای این دو شبکه با در نظر گرفتن محدوده ی مجاز فشار (حداقل فشار ۳۰ متر و حداکثر فشار ۵۰ متر آب) طبق نظر کارشناسان خبره در وزارت نیرو و شرکت های آب و فاضلاب در بخش های طراحی و بهره برداری که به صورت مکتوب نظر خواهی شده است، مطلوبیت فشار ۲۵ و ۵۵ متر آب برابر ۰/۵ در نظر گرفته شده است. با استفاده از تابع زنگوله ای (رابطه ۷) مقادیر a، b و c به ترتیب برابر ۱/۵، ۱/۸ و ۴۰ به دست آمده که نمودار آن در شکل ۳ نمایش

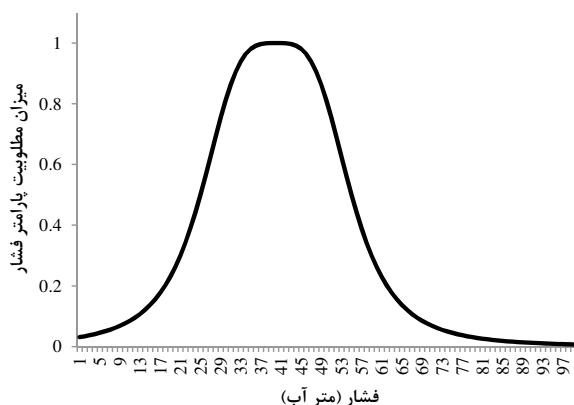
داده شده است. در نهایت با استفاده از خروجی های نرم افزار EPANET و تابع عضویت فوق، میتوان میزان درجه عضویت گرورها یا به عبارت دیگر میزان مطلوبیت فشار در هر گره از شبکه ها را محاسبه کرد.

جدول ۱- الگوی زمانی تغییرات تقاضا

| دوره زمانی | ۱   | ۲   | ۳   | ۴   | ۵   | ۶   | ۷ | ۸   |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|
| ضریب       | ۰/۷ | ۰/۶ | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱ | ۰/۹ |

خروجی های شبکه دو حلقه ای برای تحلیل، ارزیابی و مقایسه شاخص های توسعه داده شده فازی در این تحقیق با شاخص های متداول غیرفازی (روابط ۱، ۲، ۵) در جدول ۲ ارائه شده است. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود بعضی از فشارها با اختلاف کمی خارج از محدوده مجاز قرار گرفته است که مقادیر از لحاظ روش قطعی، شکست مطلق محسوب می شود، در حالی که در روش فازی این مقادیر دارای مطلوبیت بالایی هستند. برای مثال در گره ۲ در حالت قطعی در تمامی

بازه های زمانی فشار بالاتر از حد حداکثر است. در نتیجه از لحاظ روش قطعی، دچار شکست شده و میزان مطلوبیت صفر است، در حالی که در روش فازی در ساعت ۹ بر اساس نظر کارشناسان میزان مطلوبیت برابر ۰/۸۱ است که میزان مطلوبیت نسبتاً بالایی دارد. حال اگر در جدول ۲ فشار گره ۲ در ساعت ۹ مشاهده شود، فشار برابر با ۵۰/۱۵ متر آب است که فقط ۰/۱۵ متر با حداکثر فشار مجاز فاصله دارد. این بدین معنی است که در این ساعت گره دارای فشار مناسبی بوده و باید میزان مطلوبیت بالایی داشته باشد. حال اگر این حالت برای ما بقیه فشارها نیز بررسی شود نشان میدهد که نتایج حاصل از معیارهای فازی بسیار ملموس تر از نتایج معیارهای قطعی است. معیارهای عملکرد و شاخص پایداری محاسبه شده برای کل شبکه به روشهای قطعی و فازی در جدول ۳ ارائه شده است. مشاهده می شود که براساس روش فازی قابلیت اطمینان فازی بالاتر از حدی است که روش قطعی نمایش می دهد. همچنین برگشت پذیری و آسیب پذیری شبکه نیز کمتر از مقداری



شکل ۳- تابع عضویت مورد استفاده در محاسبه معیارهای عملکرد شبکه های دو حلقه ای و Anytown

جدول ۲- فشارهای بدست آمده در بازه زمانی ۲۴ ساعته برای شبکه دو حلقه ای

| فشار (متر آب) |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| شماره گره     | ۰:۰۰  | ۳:۰۰  | ۶:۰۰  | ۹:۰۰  | ۱۲:۰۰ | ۱۵:۰۰ | ۱۸:۰۰ | ۲۱:۰۰ |
| ۲             | ۵۶/۸۷ | ۵۷/۶۵ | ۵۱/۵۱ | ۵۰/۱۵ | ۵۱/۵۱ | ۵۲/۷۷ | ۵۳/۹۴ | ۵۵/۰۱ |
| ۳             | ۴۰/۸۶ | ۴۳/۱۳ | ۴۵/۱۹ | ۲۱/۲۳ | ۲۵/۱۹ | ۲۸/۸۹ | ۳۲/۳  | ۳۵/۴۴ |
| ۴             | ۴۹/۸۱ | ۵۱/۱  | ۴۰/۹۱ | ۳۸/۶۶ | ۴۰/۹۱ | ۴۳/۰۱ | ۴۴/۹۵ | ۴۶/۷۳ |
| ۵             | ۴۵/۶۹ | ۴۹/۲۵ | ۲۱/۱۷ | ۱۴/۹۷ | ۲۱/۱۷ | ۲۶/۹۵ | ۳۲/۳  | ۳۷/۲۱ |
| ۶             | ۳۷/۸۵ | ۳۹/۶۳ | ۲۵/۶  | ۲۲/۵  | ۲۵/۶  | ۲۸/۴۹ | ۳۱/۱۶ | ۳۳/۶۱ |
| ۷             | ۴۰/۴۷ | ۴۲/۸۳ | ۲۴/۱۳ | ۱۹/۹۹ | ۲۴/۱۳ | ۲۷/۹۸ | ۳۱/۵۴ | ۳۴/۸۱ |

است که از روش قطعی محاسبه می‌کند. بنابراین به طور کلی می‌توان گفت از دیدگاه کارشناسی و ملموس میدانی پایداری شبکه (۵۷٪) بیش از مقداری است که روش قطعی (۵۰٪) آن را محاسبه می‌کند. تفاوت بین نتایج زمانی بسیار زیاد و قابل تأمل خواهند بود که مقادیر فشار گره‌ها بسیار نزدیک به محدوده مجاز ولی خارج از آن باشد. در این مواقع به طور حتم روش قطعی محقق را با اشتباهات و نتایج نادرستی روبرو

خواهد کرد که طبقاً تصمیمات نادرستی را نیز در پی خواهد داشت. این درحالی است که روش فازی به خوبی مقادیر حدی را شناسایی کرده و نتایج ملموس تری را به محقق ارائه می‌دهد. بخشی از خروجیهای شبکه Anytown در شکل ۴ ارائه شده‌است. در این شبکه اگر میزان مطلوبیت قطعی و فازی برای فشار گره‌ها محاسبه شود مشاهده میشود که اکثر مطلوبیتهایی که برای حالات فازی بدست آمده نزدیک به مقادیر قطعی است

جدول ۳- مقایسه مقادیر قطعی و فازی در شبکه دو حلقه‌ای

| روش  | قابلیت اطمینان ترکیبی | قابلیت اطمینان در زمان | برگشت پذیری | آسیب پذیری | شاخص پایداری |
|------|-----------------------|------------------------|-------------|------------|--------------|
| قطعی | ۶۱                    | ۵۲                     | ۳۳          | ۴۱         | ۵۰           |
| فازی |                       | ۷۴                     | ۳۰          | ۲۱         | ۵۷           |

ولی در بعضی گره‌ها مطلوبیت فازی و قطعی تفاوت فاحشی دارند. برای مثال اگر گره ۱ در زمان ۱۸:۰۰ مشاهده شود، در حالت قطعی مطلوبیتی برابر صفر دارد که در مقابل آن در روش فازی مطلوبیتی برابر ۸۱٪ دارد. حال اگر در جدول ۴ فشار این گره در زمان ۱۸:۰۰ مشاهده شود برابر است با ۵۰/۵۴ متر و همان طور که مشاهده میشود تنها ۰/۵۴ متر از حد مجاز

حداکثر بیشتر است. این مقدار فشار چه از نظر متخصصین و چه از نظر ذی تفعان مقداری مطلوب میباشد. همانطور که در جدول ۴ مشاهده میشود شاخص پایداری فازی و قطعی با یکدیگر برابر هستند. این موضوع نشان دهنده این است که مقادیر فشار یا دقیقاً در فاصله حد مجاز است و یا اختلاف زیادی با حد حداکثر و حداقل دارد. فشارهایی مشابه با

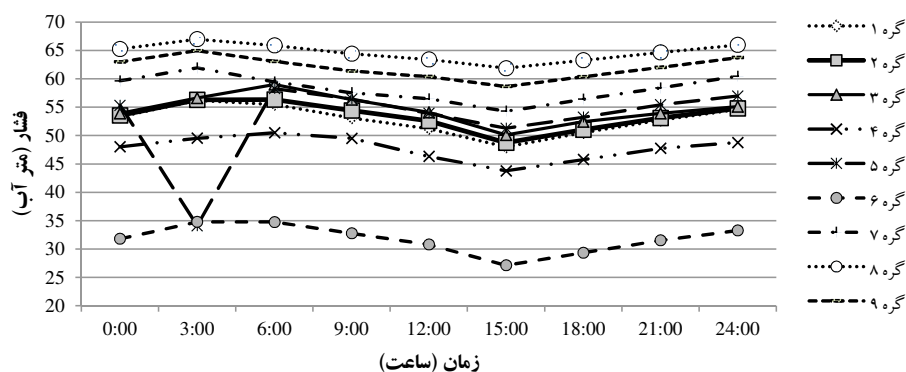
جدول ۴- مقایسه مقادیر قطعی و فازی در شبکه Anytown

| روش  | قابلیت اطمینان ترکیبی | قابلیت اطمینان در زمان | برگشت پذیری | آسیب پذیری | شاخص پایداری |
|------|-----------------------|------------------------|-------------|------------|--------------|
| قطعی | ۴۰                    | ۴۴                     | ۴۶          | ۵۸         | ۴۳           |
| فازی |                       | ۵۹                     | ۲۵          | ۴۱         | ۴۳           |

فشار گره ذکر شده باعث میشود میزان قابلیت اطمینان روش فازی بیشتر از روش قطعی باشد. حال اگر میزان مطلوبیت گره ۶ در زمان ۱۸:۰۰ و ۲۱:۰۰ در نظر گرفته شود، مشاهده میشود اختلاف مطلوبیت این دو زمان تفاوت زیادی ندارد و برگشت پذیری شبکه در این زمان کم است ولی در روش قطعی در زمان ۱۸:۰۰ شبکه شکست خورده و در زمان ۲۱:۰۰ فشار مورد نیاز را تأمین نموده است. حالاتی مشابه حالت ذکر شده نشان می‌دهد که برگشت پذیری کلی شبکه با استفاده از روش فازی کمتر از روش قطعی به دست می‌آید.

## ۵- جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبرسانی با استفاده از شاخص پایداری و اجزاء آن اعم از معیارهای قابلیت اطمینان، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری در دو منطق فازی و کلاسیک مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفت. نتایج فشار در گره‌های دو شبکه Anytown و دو حلقه‌ای که در نرم افزار EPANET توسعه داده شدند، به عنوان داده‌های قابل ارزیابی انتخاب و مطالعه موردی تحقیق را تشکیل دادند. نتایج نشان داد که محاسبات



شکل ۴- فشارهای بدست آمده در بازه زمانی ۲۴ ساعته برای گرهای ۱ تا ۹ از شبکه Anytown

Farmani, R., Walters, G.A., and Savic, D.A., (2005), "Trade-off between total cost and reliability for Anytown water distribution network", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(3), 161-171.

Fujiwara, O., and Khang, D. B., (1990), "A two-phase decomposition method for optimal design of looped water distribution networks", *Water Resources Research*, 26(4), 539-549.

Hashimoto, T., Stedinger, J.R., and Loucks, D.P., (1982), "Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation", *Water Resources Research*, 18(1), 14-20.

Huizar, Jr, L.H., Kang, D., and Lansey, K., (2011), "A decision support system for sustainable urban water supply", *In World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability*, California, 3238-3250.

Loucks, D.P., (1997), "Quantifying trends in system sustainability", *Hydrological Sciences Journal*, 42(4), 513-530.

Monzavi, M., (2009), *Urban water supply*, University of Tehran Press, Tehran, Iran, (in Farsi).

Moy, W.S., Cohon, J.L., and ReVelle, C. S., (1986), "A programming model for analysis of the reliability, resilience, and vulnerability of a water supply reservoir", *Water Resources Research*, 22(4), 489-498.

Safavi, H.R., Golmohammadi, M.H., and Sandoval-Solis, S., (2016), "Scenario analysis for integrated water resources planning and management under uncertainty in the Zayandehrud river basin", *Journal of Hydrology*, 539, 625-639.

پایداری و معیارهای عملکرد با استفاده از منطق فازی نسبت به منطق کلاسیک نسبت به واقعیت شبکه از دیدگاه خبرگان و کارشناسان، منطقیتر و ملموس تر است. نتایج مبین آن است که به طور قطع نمی توان قضاوت کرد که شاخص پایداری فازی بیشتر یا کمتر از شاخص پایداری قطعی خواهد بود، بلکه مقادیر آن بستگی به محدوده فشار گره دارد. اگر فشار گرهها اکثراً در نزدیکی مرز محدوددهی مجاز قرار گیرد، اختلاف شاخص پایداری فازی با شاخص پایداری قطعی زیاد است و اگر مقادیر فشار در نزدیکی مرز محدوددهی مجاز و اغلب در داخل محدوددهی مجاز قرار گیرد، شاخص پایداری فازی بیشتر از شاخص پایداری قطعی خواهد بود. بالعکس چنانچه مقادیر فشار در نزدیکی مرز محدوددهی مجاز ولی اکثراً خارج از محدوده مجاز باشند، شاخص پایداری فازی کمتر از شاخص پایداری قطعی خواهد بود.

## ۶- مراجع

Abbott, M.L., O'Neill, J., and Barkdoll, B.D., (2014). "Adaptive Greedy-Heuristic Algorithm for redundancy augmentation by loop addition in branched water distribution systems", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(6), 06014005.

Bazovsky, I., (1961), *Reliability theory and practice*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, N.J.

Bureau of Technical Execution System, Office of President Deputy for Strategic Supervision, (2013), 'Design criteria of urban and rural water supply and distribution systems', Standard Code 113-3, 1<sup>st</sup> Revision, (in Farsi).



- Sandoval-Solis, S., McKinney, D.C., and Loucks, D.P., (2010), "Sustainability index for water resources planning and management", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137(5), 381-390.
- Tabesh, M., (1998), 'Implications of the pressure dependency of outflows of data management, mathematical modelling and reliability assessment of water distribution systems', Doctoral Dissertation, University of Liverpool, UK.
- Tabesh, M., Nazif, S., and Babai, N., (2013), "Optimal utilization of resources in water distribution networks for sustainable development", First National Conference on Water Crisis, Isfahan, Iran, (in Farsi).
- Taheri, S., (2016), "Providing a composite index of reliability in order to assess the sustainability of urban water distribution networks", M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, (in Farsi).
- Todini, E., (2000), "Looped water distribution networks design using a resilience index based heuristic approach", *Urban Water*, 2(2), 115-122.
- Walski, T.M., (2001), "The wrong paradigm: Why water distribution optimization doesn't work", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127(4), 203-205.
- Zadeh, L.A., (1965), 'Fuzzy sets', *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zhou, X., Gao, D.Y., and Simpson, A.R., (2016), "Optimal design of water distribution networks by a discrete state transition algorithm", *Engineering Optimization*, 48(4), 603-628.

## Comparing the Environmental Impacts Caused by Construction and Implementation of Different Pipes in Water Distribution Network using Life Cycle Assessment (LCA) Method

Mohsen Hajibabaei<sup>1</sup>, Sara Nazif<sup>2\*</sup>, Sajad Vahedizade<sup>1</sup>

1- MSc. Student, School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

\*Corresponding Author, Email: snazif@ut.ac.ir

Received: 5/6/2017

Revised: 25/8/2017

Accepted: 26/8/2017

### Abstract

Because of importance of water distribution networks in social health and their role in providing public services to residents in urban and rural areas, many studies have investigated the performance of these networks. Most of the studies have focused on hydraulic and qualitative aspects of such networks, while their environmental aspects are less considered. In this study, the environmental impacts of production, transportation, and installation of Polyvinyl Chloride (PVC), High-Density Polyethylene (HDPE), Ductile Iron (DI) and Fiber cement pipes are investigated. Furthermore, considering the characteristics of the specific trench that is used for each pipe installation, environmental impacts of different trenches are compared in installation phase. In this paper, SimaPro 8 is used to evaluate the life cycle of considered alternatives. The results indicated that DI and PVC pipes have respectively the highest and lowest environmental impacts in the whole process of production, transportation and installation. The results of this study can be used as a guideline in design and construction of water distribution networks with the lowest environmental impacts. A part of water distribution network of City of Tehran is chosen as the case study and the reduction potential of environmental impacts through using different pipes is investigated.

**Keywords:** Water distribution network, Life Cycle Assessment, Pipes, Trenches, Environmental impacts

## مقایسه اثرات زیست‌محیطی ناشی از ساخت و اجرای انواع لوله‌های شبکه توزیع آب با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات

محسن حاجی بابایی<sup>۱</sup>، سارا نظیف<sup>۲\*</sup>، سجاد واحدی زاده<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

\* نویسنده مسئول، ایمیل: snazif@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۵

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۵/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۴

### چکیده

اهمیت شبکه‌های توزیع آب در حفظ بهداشت و سلامت جامعه و همچنین نقش آن‌ها در ارائه خدمات عمومی به ساکنین شهرها و روستاها، باعث شده است تا مطالعات زیادی به بررسی عملکرد این شبکه‌ها بپردازند. بیشتر مطالعات صورت گرفته به جنبه‌های هیدرولیکی و کیفی شبکه‌ها پرداخته و این در حالی است که جنبه‌های زیست‌محیطی شبکه‌های توزیع آب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه به بررسی اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید، حمل و نصب لوله‌های پی‌وی‌سی، پلی‌اتیلن با وزن مخصوص بالا، سیمانی الیاف دار و چدن نشکن پرداخته است. همچنین در فرآیند نصب، با در نظر گرفتن ترانشه مختص هر لوله، مقایسه‌ای بین اثرات زیست‌محیطی انواع ترانشه‌ها نیز صورت گرفته است. در این مطالعه به منظور ارزیابی چرخه حیات گزینه‌های موجود، از نرم‌افزار SimaPro 8 استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در مجموع سه فاز تولید، حمل و نصب، لوله‌های چدن نشکن بیشترین و لوله‌های پی‌وی‌سی کمترین اثرات زیست‌محیطی را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنمایی برای طراحی و اجرای شبکه‌های توزیع آب با کمترین اثرات زیست‌محیطی مورد توجه قرار گیرد. در این مطالعه بخشی از شبکه توزیع آب شهر تهران به عنوان مطالعه موردی بررسی و پتانسیل کاهش اثرات زیست‌محیطی این شبکه با انتخاب لوله‌های مختلف تعیین شده است.

**کلمات کلیدی:** شبکه توزیع آب، ارزیابی چرخه عمر، لوله‌ها، ترانشه‌ها، اثرات زیست‌محیطی

۲۰۰ میلی متر را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق مراحل مختلف چرخه حیات لوله‌ها در نظر گرفته شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که لوله‌های پی‌وی‌سی مولکولی گرا<sup>۲</sup> در مقایسه با لوله‌های پی‌وی‌سی<sup>۲</sup>، چدنی<sup>۴</sup> و پلی‌اتیلن با وزن مخصوص بالا<sup>۵</sup>، مناسب‌ترین جنس از نظر مقدار دی‌اکسید کربن آزاد شده هستند. (Sanjuan-delmas et al. (2014 با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات اثرات زیست‌محیطی لوله‌های شبکه توزیع آب را برای پنج جنس مختلف مقایسه کردند. در این تحقیق تنها فاز ساخت، حمل و نصب لوله‌ها در نظر گرفته شده و فاز بهره‌برداری و نگهداری وارد محاسبات نشده است. در این مطالعه دو قطر ۹۰ و ۲۰۰ میلی متر که در شهرهای کوچک تا متوسط کاربرد زیادی دارند، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در قطرهای ۹۰ میلی متر، لوله‌های پی‌وی‌سی و پلی‌اتیلن با وزن مخصوص بالا اثرات زیست‌محیطی مشابهی دارند.

(Petit-Boix et al. (2014 با استفاده از تحلیل چرخه عمر به بررسی اثرات زیست‌محیطی لوله‌های پلی‌اتیلن، پی‌وی‌سی، سیمانی الیاف دار و بتنی، در شبکه جمع‌آوری فاضلاب پرداختند. در این مطالعه اثرات زیست‌محیطی ناشی از اجرای دو ترانше برای لوله‌های پلاستیکی و دو ترانشه برای لوله‌های سیمانی و بتنی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، لوله‌های پلی‌اتیلن بیشترین و لوله‌های بتنی کمترین اثرات زیست‌محیطی را به خود اختصاص می‌دهند. در این مطالعه فاز بهره‌برداری از شبکه در نظر گرفته نشده است. (Vahidi et al. (2016 با استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر، اثرات زیست‌محیطی شش نوع از لوله‌های شبکه جمع‌آوری فاضلاب را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق علاوه بر فازهای تولید، حمل و نصب لوله‌ها، فاز بهره‌برداری از شبکه نیز در نظر گرفته شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که لوله‌های پی‌وی‌سی کمترین اثرات زیست‌محیطی را به خود اختصاص می‌دهند. در این مطالعه برای فاز نصب، تنها حفاری ترانشه در نظر گرفته شده است و از سایر ماشین‌آلات و مصالح مورد استفاده برای ترانشه، صرف‌نظر شده است.

وزن اثرات زیست‌محیطی هر یک از فازهای تولید، به‌وزن اثرات زیست‌محیطی هر یک از فازهای تولید، بهره‌برداری و

رشد جمعیت و صنعتی شدن شهرها باعث انتشار گازهای سمی، گرم شدن کره زمین و ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی فراوانی شده است. این امر محققان را بر آن داشت تا با بررسی اثرات زیست‌محیطی محصولات و خدمات، به انتخاب گزینه‌هایی با کمترین اثرات زیست‌محیطی بپردازند. همچنین باتوجه به نقش پروژه‌های عمرانی در پیامدهای زیست‌محیطی، در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی طرح‌ها و زیرساخت‌های عمرانی امری ضروری است. از آنجایی که شبکه‌های توزیع آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای زیرساخت‌های شهری محسوب می‌شوند، در دهه‌های گذشته جنبه‌های زیست‌محیطی این شبکه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. متأسفانه در کشور ایران مطالعات اندکی به بررسی پیامدهای زیست‌محیطی شبکه‌های توزیع آب پرداخته‌اند و بیشتر آن‌ها جنبه‌های هیدرولیکی و کیفی این شبکه‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. تحلیل چرخه عمر<sup>۱</sup> از روش‌های مدیریتی و تصمیم‌گیری مهمی است که اثرات زیست‌محیطی محصولات و خدمات را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این مطالعه با استفاده از تحلیل چرخه عمر، به مقایسه اثرات زیست‌محیطی چهار نوع لوله در سه فاز تولید، حمل و نصب پرداخته شده است. بنابراین در این مطالعه به پرسش‌های زیر پاسخ داده خواهد شد.

- اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید جنس‌های مختلف لوله نسبت به یکدیگر چقدر است؟
- سهم هر یک از فازهای تولید، حمل و نصب در اثرات زیست‌محیطی لوله‌ها چه مقدار است؟
- کدام یک از ترانشه‌های در نظر گرفته شده برای لوله‌ها کمترین اثرات زیست‌محیطی را بخود اختصاص می‌دهد؟
- چه مقدار پتانسیل کاهش اثرات زیست‌محیطی در شبکه مورد مطالعه وجود دارد؟

در ادامه به بررسی مطالعات مرتبط با ارزیابی چرخه حیات در شبکه‌های توزیع آب پرداخته می‌شود. گروهی از مطالعات به‌طور خاص به بررسی اثرات زیست‌محیطی لوله‌های شبکه توزیع آب یا شبکه جمع‌آوری فاضلاب اختصاص دارند. برای مثال Piratla et al. (2012 مقدار دی‌اکسید کربن آزاد شده در طول چرخه عمر چهار جنس از لوله‌های شبکه آب با قطر

تعمیر و نگهداری به گزینه‌ای که به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب می‌شود، وابستگی زیادی دارد. به‌عنوان مثال Stokes and Horvath (2006) با استفاده از ارزیابی چرخه انرژی سامانه‌های تأمین و توزیع آب نشان دادند ۹۱٪-۶۰٪ اثرات زیست‌محیطی مربوط به فاز بهره‌برداری (شامل پمپاژ آب) و ۳۶٪-۵٪ اثرات زیست‌محیطی مربوط به فاز تعمیر و نگهداری است. این در حالی است که فاز تولید تنها ۹٪-۴٪ اثرات زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده است. نتایج مشابه این تحقیق در مطالعات دیگر نیز یافت می‌شود (Roghani (2013), Stokes and Horvath, 2009) در بخشی از مطالعه خود با استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر ورودی خروجی ۶ مقدار دی‌اکسید کربن معادل آزاد شده را در شبکه جمع‌آوری فاضلاب محاسبه کرد. در این مطالعه علاوه بر در نظر گرفتن انرژی لازم برای تولید، انرژی مصرفی در فعالیت‌های بازرسی و تعمیر و نگهداری لوله‌های شبکه فاضلاب نیز وارد محاسبات شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مراحل ساخت و نصب لوله‌ها، نقش اساسی در تولید گازهای گلخانه‌ای دارند. در این تحقیق تنها یک جنس لوله در نظر گرفته شده است.

در تحقیق پیش رو اثرات زیست‌محیطی تولید لوله‌های پی‌وی‌سی، پلی‌اتیلن با وزن مخصوص بالا، سیمانی الیاف دار و چدن نشکن با استفاده از روش تحلیل چرخه عمر، بررسی می‌شود. در مرحله بعد با توجه به استانداردهای موجود و اطلاعات جمع‌آوری شده درباره نصب لوله‌های مختلف، اثرات زیست‌محیطی ترانше‌های هر لوله بررسی و با یکدیگر مقایسه می‌شوند. سپس با تجمیع اثرات زیست‌محیطی ناشی از فازهای تولید، حمل و نصب، اثرات زیست‌محیطی نهایی هر لوله، تعیین خواهد شد. سعی شده است تا اطلاعات ورودی به نرم‌افزار بر اساس داده‌های موجود در کشور باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان نشانگری در شبکه‌های توزیع آب به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین مصالح، با کمترین اثرات زیست‌محیطی موردتوجه قرار گیرد.

## ۲- روش شناسی

در این مطالعه به‌منظور بررسی و مقایسه اثرات زیست‌محیطی از روش ارزیابی چرخه عمر استفاده شده است. با استفاده از این روش ابتدا کلیه منابع مصرف‌شده و فعالیت‌های انجام‌شده برای

هدف موردنظر تعیین و سپس کلیه مواد منتشرشده به محیط و پیامدهای ناشی از انتشار آن‌ها بررسی می‌شود. در مورد مزایا و کمبودهای روش ارزیابی چرخه حیات نسبت به سایر روش‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- در این روش با استفاده از نرم‌افزارهای موجود، امکان کمی کردن اثرات زیست‌محیطی و طبقه بندی آن‌ها در گروه‌های مختلف وجود دارد.

- در کشورهای مختلف، پایگاه‌های داده معتبری بر مبنای روش ارزیابی چرخه حیات توسعه یافته اند که در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

- برای استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات نرم‌افزارهای زیادی وجود دارد که از معروف‌ترین آن‌ها می‌توان به نرم‌افزار Simapro اشاره داشت. این نرم‌افزار مجهز به پایگاه داده معتبر و روش‌های مختلف است.

- مقایسه‌های صورت گرفته در این روش تنها به جنبه‌های زیست‌محیطی اشاره دارد و جنبه‌های اقتصادی در آن لحاظ نمی‌شود.

- ارزیابی دقیق اثرات زیست‌محیطی محصولات و خدمات در چارچوب روش ارزیابی چرخه حیات به جمع‌آوری حجم زیادی از داده‌های قابل استناد نیاز دارد که این فرآیند می‌تواند امری زمان‌بر و پرهزینه باشد.

سازمان استاندارد جهانی<sup>۷</sup> در استاندارد ۱۴۰۴۰ ارزیابی چرخه عمر را به‌صورت گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها و خروجی‌ها و پیامدهای بالقوه زیست‌محیطی یک محصول در سراسر چرخه عمر آن تعریف می‌کند (ISO, 2006). درواقع چارچوب ارزیابی چرخه عمر شامل گام‌های تعریف هدف و دامنه کاربرد<sup>۸</sup>، تجزیه و تحلیل موجودی‌ها (سیاهه چرخه عمر)<sup>۹</sup>، ارزیابی اثرات چرخه عمر<sup>۱۰</sup> و تفسیر<sup>۱۱</sup> است (ISO, 2006).

### ۲-۱- تعریف هدف و دامنه کاربرد

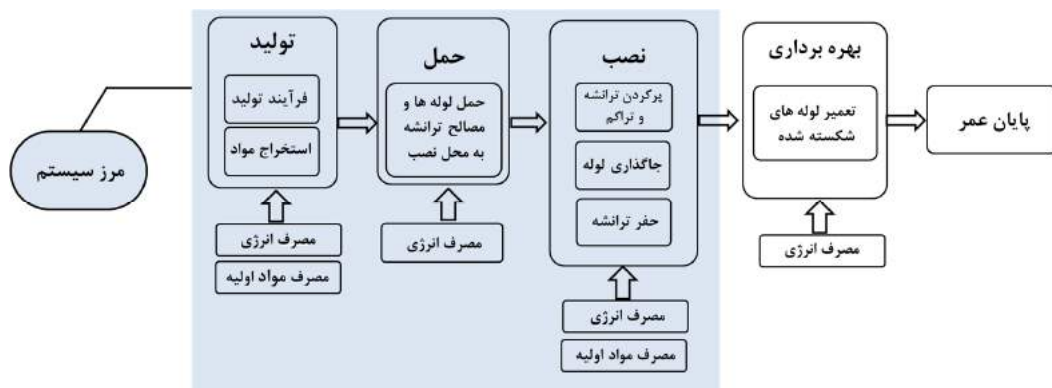
این مرحله شامل تعیین هدف مطالعه، مرزهای سیستم و واحد عملکرد<sup>۱۲</sup> سیستم است (Kirk et al., 2005). مقایسه ارزیابی چرخه عمر بر مبنای مقایسه کردن اثرات زیست‌محیطی ناشی از مقدار معینی از محصول یا خدمتی که ثمره کار سیستم است انجام می‌شود و این مقدار معین، واحد عملکرد نامیده می‌شود (Akhoundi, 2016). هدف از این تحقیق مقایسه اثرات زیست‌محیطی تولید، حمل و نصب چهار جنس لوله در دو ساینز

مختلف است. مرز سیستم شامل فعالیت‌های انجام‌شده در فاز تولید، حمل و نصب است. شکل ۱ شامل کل فازهای شبکه توزیع است که در آن مرز سیستم در نظر گرفته شده با کادر مشخص شده است. در این مطالعه اثرات ناشی از فاز بهره‌برداری از شبکه در نظر گرفته نشده است. همچنین واحد عملکردی به‌صورت یک متر لوله تعریف‌شده و اثرات زیست‌محیطی تمام فازها بر اساس واحد عملکردی یک متر لوله محاسبه‌شده است.

## ۲-۲- تجزیه و تحلیل موجودی (سیاه چرخه عمر)

این مرحله شامل شناسایی و کمی کردن کلیه منابع مورد استفاده مانند انرژی، آب، مواد خام و فرآوری شده؛ کلیه مواد منتشر شده به محیط زیست مانند انتشار آلاینده‌ها به هوا، خاک، آب و ضایعات ناشی از تولید و مصرف محصول است. از آنجایی که در تولید محصولات نهایی، خدمات و کالاهای زیادی نقش دارند، بررسی اثرات زیست‌محیطی یک محصول نهایی به حجم زیادی از داده‌های ورودی نیاز دارد. جمع‌آوری مستقیم این داده‌ها امری زمان‌بر و پرهزینه است، لذا می‌توان از پایگاه‌های داده معتبر استفاده کرد. پایگاه Ecoinvent نسبت به پایگاه‌های دیگر دارای حجم وسیعی از اطلاعات محصولات و خدمات است (Ecoinvent, 2009). این پایگاه از مقبولیت جهانی برخوردار بوده و دارای حجم وسیعی از داده‌های قابل اسناد مانند مصالح ساختمانی، فلزات، برق، فرآیندهای تولیدی، فرآیندهای ساختمانی، ماشین‌آلات حمل‌ونقل، مدیریت پسماند، تأمین آب و ... است (Ecoinvent, 2009). در این مطالعه به‌منظور ارزیابی اثرات زیست‌محیطی از نرم‌افزار Simapro (Pre' Consultants, 2014) استفاده شده است. این

نرم‌افزار یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهای ارزیابی چرخه عمر و حاوی اطلاعات پایگاه داده Ecoinvent v3 است. در این مطالعه با توجه به جدول ۱، مواد اولیه و فرآیندهای مرتبط با هر یک از فازها با توجه به داده‌های موجود در کشور مشخص می‌شوند. در مرحله بعد اطلاعات جمع‌آوری‌شده با استفاده از پایگاه داده، وارد نرم‌افزار می‌شود. به‌منظور مقایسه اثرات زیست‌محیطی لوله‌های پلی‌اتیلن با وزن مخصوص بالا، پی‌وی‌سی، چدن نشکن و سیمانی الیاف دار دو قطر ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. با توجه به تعداد زیاد داده‌های ورودی به نرم افزار در جدول ۲، برای نمونه داده‌های ورودی مربوط به یک متر لوله چدن نشکن به قطر ۲۰۰ میلی‌متر در سه فاز تولید، حمل و نصب آورده شده است. فاز تولید شامل مواد و فرآیندها برای تولید لوله است که اطلاعات این فاز به‌وسیله جمع‌آوری داده‌های موردنیاز از کارخانه‌ها به‌دست‌آمده است. برای تمام قطرها، از لوله‌هایی با فشار حداکثر ۱۰ بار استفاده‌شده است. تلاش شده که اطلاعات این فاز به‌صورت کامل گردآوری شود. برای مثال برای لوله‌های چدن نشکن علاوه بر مواد و فرآیندهای اصلی، مصالح و فرآیندهایی که برای پوشش‌های داخلی و خارجی لوله‌ها استفاده می‌شوند نیز در نظر گرفته‌شده است. این در حالی است که در بیشتر مطالعات پیشین از اثرات این پوشش‌ها صرف‌نظر شده است. با توجه به اثرات نامطلوب آزبست بر سلامتی انسان و ممنوعیت استفاده از لوله‌های آزبست سیمان در شبکه توزیع آب بسیاری از کشورها، در این مطالعه اثرات زیست‌محیطی لوله‌های سیمانی الیاف دار مورد بررسی قرار گرفته است. در لوله‌های سیمانی الیاف دار، الیاف مصنوعی



شکل ۱- مرز سیستم در نظر گرفته‌شده

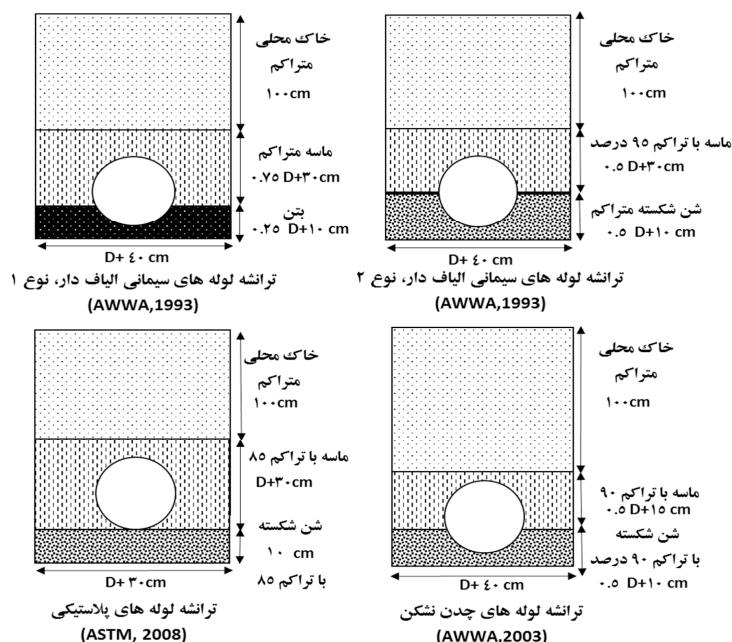


جدول ۱- موارد در نظر گرفته شده و صرف نظر شده در آنالیز چرخه عمر

| فاز       | موارد در نظر گرفته شده در آنالیز چرخه عمر                                                                                                                                                                                   | موارد صرف نظر شده                                     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| تولید     | مواد خام اولیه (پی وی سی، پلی اتیلن، چدن، سنگ آهک، سیمان، الیاف مصنوعی)، اثرات زیست محیطی تجهیزات تولید لوله (دستگاه اکسترودر برای لوله های پلاستیکی، ریخته گری و ...)، پوشش های محافظتی لوله ها (چسب قیر، ملات سیمان، روی) | تولید و نگهداری تجهیزات مورد استفاده در خط تولید لوله |
| حمل و نقل | فاصله حمل لوله و مصالح ترانشه، نوع وسیله نقلیه، سوخت مصرفی                                                                                                                                                                  | تولید و نگهداری وسایل نقلیه                           |
| نصب       | اثرات زیست محیطی تجهیزات نصب لوله (دستگاه حفاری و غلتک به منظور تراکم)، مصالح مورد نیاز در ترانشه (شن و ماسه، بتن)                                                                                                          | تولید و نگهداری ماشین آلات نصب                        |

از بین ترانشه های مورد استفاده برای هر جنس لوله، ترانشه ای که بیشترین بار خارجی را تحمل می کند، انتخاب شده است. ترانشه های بررسی شده در فاز نصب در شکل ۲ نشان داده شده است. برای لوله های سیمانی الیاف دار دو نوع ترانشه در نظر گرفته شده است. در ترانشه های لوله های پلاستیکی، چدن و سیمانی نوع دو، بسترسازی با شن شکسته و در ترانشه سیمانی نوع ۱ بسترسازی با بتن انجام می شود. همچنین تراکم خاک در لایه های ۱۵ الی ۲۰ سانتی متری و توسط غلتکی صورت گرفته که هر ساعت ۶۰/۸۶ کیلووات انرژی مصرف می کند (Sanjuan-delmas et al., 2014). با توجه به درصد تراکم هر ترانشه و غلتک در هر ترانشه متفاوت است.

جایگزین آریست شده اند. فاز حمل و نقل شامل سه بخش است: حمل لوله ها از کارخانه به محل نصب، حمل مصالح مورد نیاز ترانشه از منبع قرضه و یا کارخانه به محل نصب و حمل خاک مازاد ترانشه از محل نصب تا محل دپو. در این مطالعه برای حمل لوله و مصالح ترانشه تا محل نصب فاصله ۳۰ کیلومتری (فاصله کارخانه ای که بخشی از اطلاعات از آن گرفته شده است تا محدوده مورد مطالعه) و برای تخلیه خاک مازاد ترانشه، فاصله ۱۵ کیلومتری در نظر گرفته شده است. با توجه به استانداردهای بین المللی (AWWA 1993; AWWA 2003; ASTM 2008) و همچنین اطلاعات جمع آوری شده از منطقه مورد مطالعه، اثرات ناشی از اجرای چهار نوع ترانشه مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۲- ترانشه های بررسی شده در فاز نصب

جدول ۲- داده‌های ورودی به نرم‌افزار برای ۱ متر لوله چدن نشکن به قطر ۲۰۰ میلی‌متر

| فاز   | مصالح / فرآیندها                                           | واحد | مقدار  | اطلاعات ورودی به نرم‌افزار Simapro                                                      |
|-------|------------------------------------------------------------|------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| تولید | چدن نشکن                                                   | kg   | ۳۲/۳   | Cast iron {GLO}  market for   Alloc Def, S                                              |
|       | فرآیند تولید                                               | kg   | ۳۲/۳   | Metal working, average for metal product manufacturing {GLO}  market for   Alloc Def, S |
|       | ملات سیمان (برای پوشش داخلی)                               | kg   | ۳/۵۳   | Cement mortar {GLO}  market for   Alloc Def, S                                          |
|       | چسب قیر (برای پوشش خارجی)                                  | kg   | ۰/۱۹   | Bitumen adhesive compound, hot {GLO}  market for                                        |
|       | روی اکسید (برای پوشش خارجی)                                | kg   | ۰/۰۸   | Zinc {GLO}  market for                                                                  |
|       | فرآیند پوشش روی                                            | m2   | ۰/۶۳   | Zinc coat, pieces, adjustment per micro-m {GLO}  market for                             |
| حمل   | حمل لوله با کامیون ۳۲ تنی                                  | tkm  | ۱/۰۸   | Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {GLO}  market for   Alloc Def, S        |
|       | حمل ماسه با کامیون ۱۶ تا ۳۲ تنی                            | tkm  | ۷/۲۳   | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {GLO}  market for   Alloc Def, S      |
|       | حمل شن با کامیون ۱۶ تا ۳۲ تنی                              | tkm  | ۵/۳۲   | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {GLO}  market for   Alloc Def, S      |
|       | حمل خاک مازاد با کامیون ۱۶ تا ۳۲ تنی از محل نصب به محل دپو | tkm  | ۶/۴۴   | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {GLO}  market for   Alloc Def, S      |
| نصب   | شن برای پرکردن ترانشه                                      | kg   | ۱۷۷/۳۱ | Gravel, crushed {GLO}  market for                                                       |
|       | ماسه برای پرکردن ترانشه                                    | kg   | ۲۴۱/۷۴ | Sand {GLO}  market for                                                                  |
|       | دستگاه حفاری                                               | m3   | ۰/۸۷   | Excavation, hydraulic digger {GLO}  market for                                          |
|       | غلنک لرزنده                                                | hr   | ۰/۵    | Machine operation, diesel, < 18.64 kW, steady-state {GLO}  market for                   |

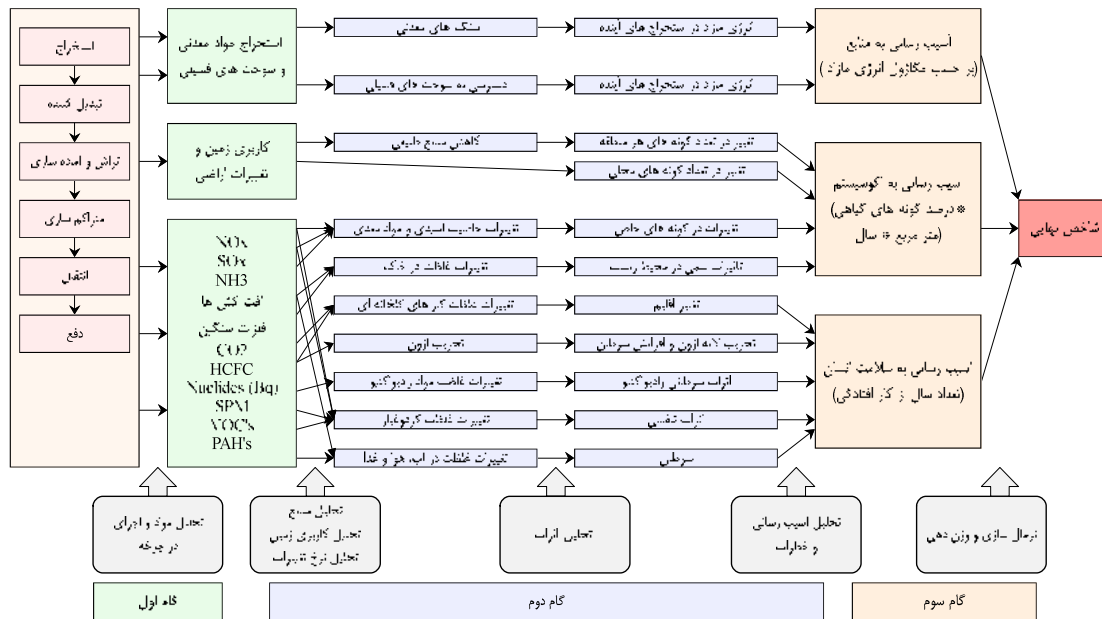
## ۲-۳- ارزیابی اثرات چرخه عمر

هدف از ارزیابی اثرات چرخه عمر، درک و ارزیابی اندازه و اهمیت اثرات بالقوه زیست‌محیطی ناشی از یک محصول است. در این گام اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت ارزیابی می‌شود. یکی از روش‌هایی که برای بررسی اثرات چرخه عمر پروژه‌های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد EI 99 است. در این روش با توجه به تجزیه و تحلیل موجودی (سیاهه چرخه عمر)، اثرات زیست‌محیطی محصول نهایی در ۱۱ گروه اثرات میانی مانند تغییر اقلیم، تغذیه گرای، تخریب لایه ازن، تنفس گازهای غیر آلی و... طبقه‌بندی می‌شوند (Pré Consultants, 2000). برای درک بهتر اثرات ناشی از چرخه عمر سیستم، این اثرات میانی به سه اثر نهایی آسیب وارده به سلامت انسان، آسیب وارده به کیفیت اکوسیستم و آسیب وارده به منابع اولیه تبدیل می‌شوند (Kirk et al., 2005). آسیب وارده به سلامت انسان توسط سال‌های زندگی با معلولیت بیان می‌شود و با نمایه DALY<sup>۱۳</sup> که توسط سازمان بهداشت جهانی و بانک جهانی استفاده

می‌شود، نشان داده شده است. همچنین آسیب وارده به کیفیت اکوسیستم بر اساس گونه‌های از بین رفته در یک منطقه معین و در طول یک زمان مشخص بیان می‌شود (Akhoundi, 2016). آسیب وارده به منابع اولیه نیز با انرژی مازادی که نیاز است تا در آینده استخراج مواد معدنی و سوخت‌های فسیلی صورت گیرد، بیان می‌شود (Akhoundi, 2016). تبدیل ۱۱ گروه از اثرات میانی به سه گروه از اثرات پایانی باعث سهولت در مقایسه بین گزینه‌های مختلف می‌شود. بعد از وزن دهی سه گروه از اثرات پایانی نتیجه نهایی یک مقدار عددی به نام Eco-indicator Pré است. شکل ۳ مراحل مختلف روش EI 99 را نشان می‌دهد (Pré Consultants, 2000). یکی دیگر از روش‌های ارزیابی چرخه حیات TRACI است که توسط اداره حفاظت محیط‌زیست آمریکا تدوین شده است. در این روش با توجه به داده‌های ورودی به سیستم، اثرات زیست‌محیطی در یازده گروه اثرات میانی مانند تخریب لایه ازن، گرم شدن کره زمین، اسیدی شدن، مه دود، اثرات تنفسی و غیره طبقه‌بندی می‌شوند. در

این روش برخلاف روش EI 99 اثرات میانی به اثرات پایانی تبدیل نخواهند شد. در این تحقیق به منظور انتخاب بهترین گزینه از روش EI 99 و به منظور مقایسه اثرات میانی از روش TRACI استفاده شده است.

و نسبت به لوله پی‌وی‌سی صورت گرفته است. نتایج این شکل حاکی از آن است که پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از تولید لوله‌های پی‌وی‌سی نسبت به سایر لوله‌ها کمتر است. همچنین در فاز تولید، لوله پی‌وی‌سی و لوله پلی‌اتیلن با وزن مخصوص بالا، تقریباً اثرات زیست‌محیطی مشابهی دارند. این در حالی



شکل ۳- مراحل ارزیابی اثرات چرخه عمر مطابق روش EI99 (Pré Consultants, 2000)

### ۳- نتایج مقایسه اثرات زیست‌محیطی

نتایج این مطالعه شامل دو بخش است. در بخش اول اثرات میانی (تخریب لایه اوزن، گرمایش جهانی، مه دود، اسیدی شدن، اثرات تنفسی، کاهش سوخت‌های فسیلی) فازهای مختلف لوله‌ها با استفاده از روش TRACI بررسی می‌شود. در بخش دوم با استفاده از روش EI 99 اثرات زیست‌محیطی در یک شاخص تجمیع پیدا کرده و بدین ترتیب لوله‌ای که در تمام فازها کمترین اثرات زیست‌محیطی را دارد، مشخص می‌شود. با توجه به تعداد زیاد داده‌های خروجی، جدول ۳ تنها بخشی از خروجی‌های نرم‌افزار Simapro که به لوله‌های پی‌وی‌سی اختصاص دارد را نشان می‌دهد.

با توجه به اهمیت فاز تولید لوله‌ها، شکل ۴ با استفاده از روش TRACI مقایسه‌ای بین پیامدهای ناشی از تولید لوله‌هایی به قطر ۲۰۰ میلی‌متر را ارائه می‌کند. این مقایسه به صورت نسبی

است که در اکثر پیامدها، لوله چدن نشکن سهم بیشتری نسبت به دو جنس دیگر دارد. برای مثال اثر گرمایش جهانی تولید لوله چدن تقریباً ۶ برابر لوله‌های دیگر است. نیاز به مواد اولیه بیشتر برای ساخت لوله‌های چدنی نسبت به سایر لوله‌ها، می‌تواند یکی از دلایل اختلاف بین پیامدهای زیست‌محیطی باشد. برای مثال برای تولید لوله چدنی به طول یک متر و به قطر ۲۰۰ میلی‌متر، ۳۶ کیلوگرم مواد اولیه نیاز است و این در حالی است که مواد اولیه برای تولید لوله پی‌وی‌سی با همان طول و قطر، ۸/۵ کیلوگرم است.

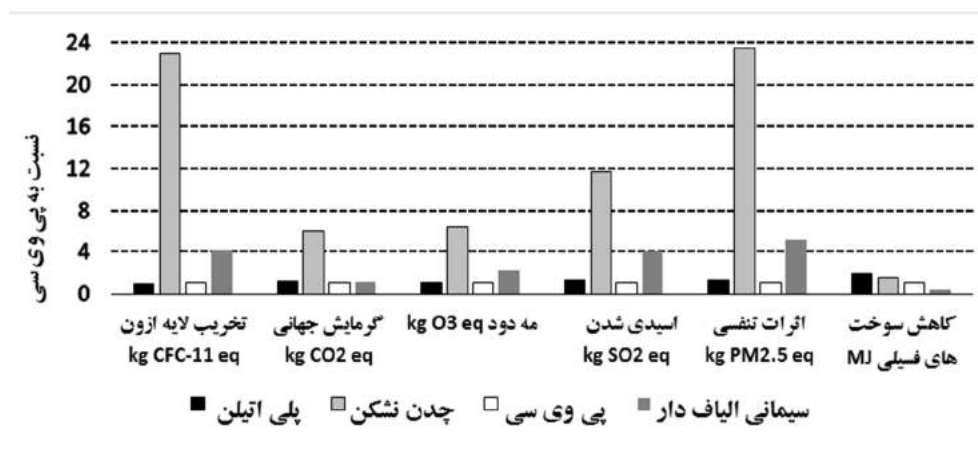
یکی دیگر از موارد مهم در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، توجه به عمر مفید محصولات است. برای مثال ممکن است عمر مفید لوله‌های چدن نشکن بیشتر از لوله‌های دیگر باشد و همین امر موجب شود تا استفاده از این لوله‌ها از نظر زیست‌محیطی مطلوب‌تر باشد. متخصصان معتقدند که عمر مفید لوله‌های

پی‌وی‌سی، پلی‌اتیلن و چدن نشکن می‌تواند تا ۱۰۰ سال در نظر گرفته شود (Sanjuan-delmas et al., 2014). از طرفی در عمرهای بیش از ۵۰ سال، نیاز به تعمیر و نگهداری و حفاظت بیشتر از لوله‌ها افزایش می‌یابد. همچنین عمر لوله‌ها با توجه به نوسانات فشار در گره‌های مصرف، می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد؛ بنابراین عمر مفید لوله‌ها علاوه بر جنس لوله به شرایط بهره‌برداری از شبکه نیز وابسته است. در این مطالعه با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از بهره‌بردار، عمر مفید تمام جنس‌ها ۵۰ سال در نظر گرفته شده است.

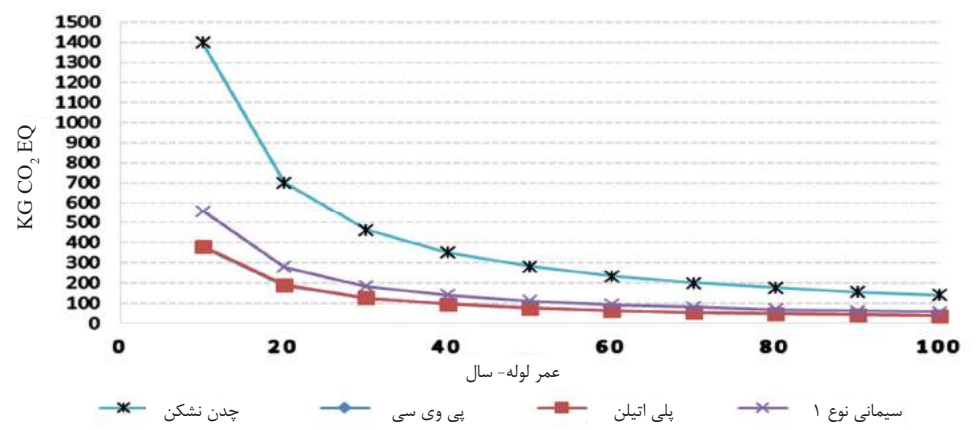
با توجه به شکل ۵، از دی‌اکسید کربن معادل آزادشده به‌عنوان نشانگری به‌منظور مقایسه اثرات زیست‌محیطی لوله‌ها

در طول عمرهای مفید مختلف استفاده شده است. در شکل ۵ با توجه به منطبق شدن نمودارهای پی‌وی‌سی و پلی‌اتیلن در طول عمرهای مفید مختلف بر یکدیگر، این لوله‌ها اثرات زیست‌محیطی مشابهی دارند. مطابق این شکل در صورتی اثرات زیست‌محیطی لوله چدن و لوله‌های پلاستیکی یکسان می‌شود که عمر مفید چدن تقریباً  $\frac{3}{5}$  برابر لوله‌های پلاستیکی باشد.

مشخص شد که ترانше لوله‌های سیمانی نوع ۱، بیشترین اثرات را به خود اختصاص داده‌اند. علت اصلی این امر استفاده از بتن به‌جای شن در بسترسازی لوله است. همچنین ترانشه‌های لوله‌های پلاستیکی و ترانشه لوله چدنی، تقریباً اثرات



شکل ۴- مقایسه اثرات فاز تولید برای قطر ۲۰۰ میلی‌متر



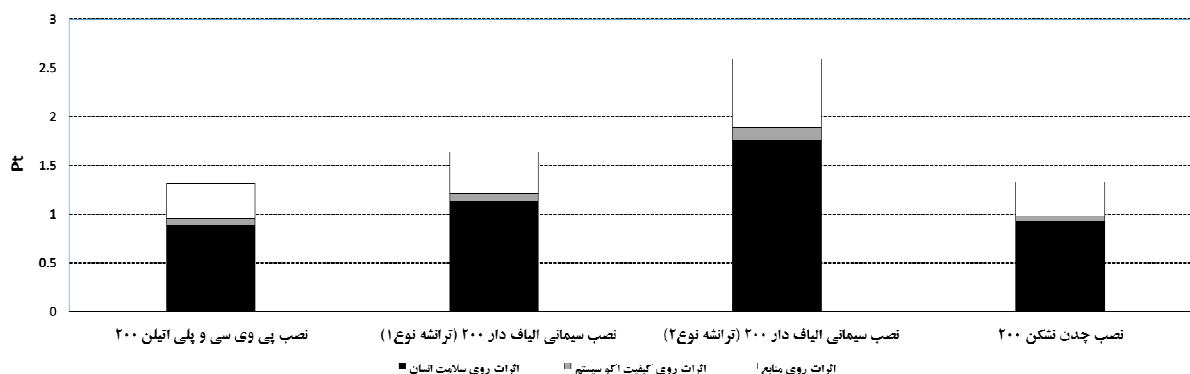
شکل ۵- آنالیز حساسیت برای میلی‌متر قطر ۲۰۰ در دوره زمانی ۱۰۰ ساله

جدول ۳- خروجی نرم افزار Simapro مربوط به لوله های پی وی سی

| جنس لوله   | رده پیامد           | واحد         | تولید        |            | نصب      |          |                | حمل      |
|------------|---------------------|--------------|--------------|------------|----------|----------|----------------|----------|
|            |                     |              | فرآیند تولید | مواد اولیه | شن       | ماسه     | ماشین آلات نصب |          |
| PVC ۲۰۰ mm | تخریب لایه ازون     | kg CFC-11 eq | 2.80E-07     | 3.15E-07   | 2.27E-07 | 9.01E-07 | 6.46E-07       | 1.86E-06 |
|            | گرمایش جهانی        | kg CO2 eq    | 3.76E+00     | 1.73E+01   | 1.52E+00 | 4.64E+00 | 2.68E+00       | 7.56E+00 |
|            | مه دود              | kg O3 eq     | 1.89E-01     | 9.79E-01   | 1.68E-01 | 6.57E-01 | 5.21E-01       | 8.19E-01 |
|            | اسیدی شدن           | kg SO2 eq    | 1.97E-02     | 5.38E-02   | 9.73E-03 | 3.23E-02 | 1.80E-02       | 3.48E-02 |
|            | اثرات تنفسی         | kg PM2.5 eq  | 5.75E-03     | 4.35E-03   | 2.17E-03 | 5.49E-03 | 2.19E-03       | 5.86E-03 |
|            | کاهش سوخت های فسیلی | MJ surplus   | 2.70E+00     | 5.45E+01   | 2.08E+00 | 8.05E+00 | 5.71E+00       | 1.65E+01 |
| PVC ۵۰۰ mm | تخریب لایه ازون     | kg CFC-11 eq | 1.73E-06     | 1.90E-06   | 3.63E-07 | 1.83E-06 | 7.37E-07       | 1.98E-06 |
|            | گرمایش جهانی        | kg CO2 eq    | 2.32E+01     | 1.07E+02   | 2.43E+00 | 9.41E+00 | 3.06E+00       | 8.05E+00 |
|            | مه دود              | kg O3 eq     | 1.17E+00     | 6.05E+00   | 2.68E-01 | 1.33E+00 | 6.30E-01       | 1.06E+00 |
|            | اسیدی شدن           | kg SO2 eq    | 1.22E-01     | 3.33E-01   | 1.56E-02 | 6.56E-02 | 2.17E-02       | 4.24E-02 |
|            | اثرات تنفسی         | kg PM2.5 eq  | 3.56E-02     | 2.68E-02   | 3.48E-03 | 1.11E-02 | 2.71E-03       | 6.63E-03 |
|            | کاهش سوخت های فسیلی | MJ surplus   | 1.67E+01     | 3.36E+02   | 3.33E+00 | 1.63E+01 | 6.52E+00       | 1.76E+01 |

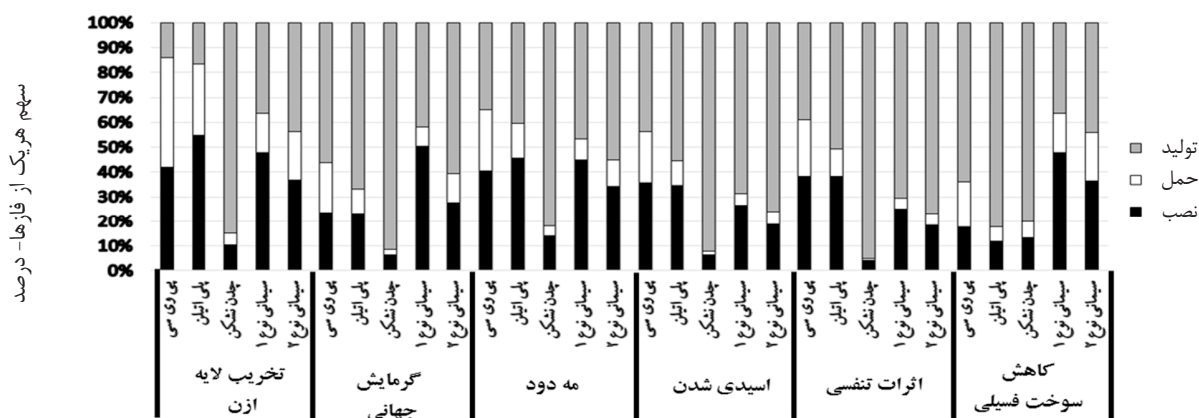
در شکل ۸ با استفاده از روش EI 99 سه گروه از اثرات پایانی (اثرات روی سلامت انسان، اثرات روی کیفیت اکوسیستم و اثرات روی منابع) جمع شده و نتیجه نهایی یک مقدار عددی به نام Eco-indicator است. با در نظر گرفتن عمر مفید ۵۰ سال برای تمام لوله ها، شکل ۹ نشان می دهد که لوله های پی وی سی در کل چرخه مورد بررسی (تولید، حمل و نصب) نسبت به سایر لوله ها کمترین و لوله های چدن نشکن، بیشترین اثرات زیست محیطی را دارند. همچنین علت تفاوت بین اثرات زیست محیطی لوله های سیمانی نوع ۱ و ۲ تنها ناشی از تفاوت در اجرای ترانسه های آنها است.

زیست محیطی مشابهی دارند. شکل ۷، سهم فازهای لوله های مختلف را در هر یک از پیامدهای زیست محیطی نشان می دهد. اثرات زیست محیطی فاز نصب در لوله های سیمانی الیاف داری که در ترانسه آنها از بتن استفاده شده است (سیمانی نوع ۱)، در تمام پیامدهای زیست محیطی، از لوله های سیمانی الیاف داری که در ترانسه آنها از مصالح شن و ماسه استفاده شده (سیمانی نوع ۲)، بیشتر است. همچنین در لوله های چدن نشکن اثرات زیست محیطی فاز تولید در مقایسه با اثرات فاز حمل و نصب بسیار بیشتر است.

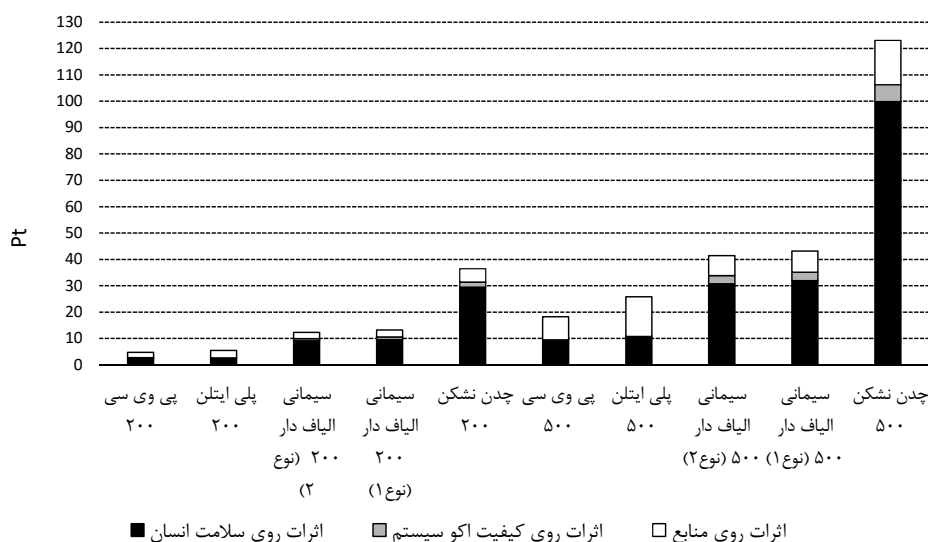


شکل ۶- مقایسه اثرات زیست محیطی ترانسه های مختلف برای لوله هایی به قطر ۲۰۰ میلی متر





شکل ۷- سهم فازها در اثرات میانی برای لوله‌هایی به قطر ۲۰۰ میلی‌متر



شکل ۸- مقایسه اثرات پایانی لوله‌ها با استفاده از روش EI 99

#### ۴- مطالعه موردی

محدوده مورد مطالعه با مساحت ۴۱۳۶۳ هکتار، یکی از مناطق جنوب شهر تهران است. جمعیت این منطقه در سال ۱۳۹۴، ۱۱۴۸۴۹ نفر، و سرانه مصرف آب با تلفات شبکه، ۲۴۰/۷ لیتر به ازای هر نفر در روز بوده است. مشخصات لوله‌های این شبکه در جدول ۴ آورده شده است. عمر لوله‌های پلاستیکی این شبکه ۱۰ سال، عمر لوله‌ها فولادی و آریست سیمان ۳۰ سال و عمر لوله‌های چدن نشکن بالای ۳۰ است. با توجه به فرسودگی لوله‌های چدن نشکن، این لوله‌ها در اولویت بهسازی و نوسازی قرار گرفته‌اند. ۵۰ درصد لوله‌های چدنی (۲۹۵۲۱ متر) دارای قطر ۱۰۰ میلی‌متر، ۱۹/۵ درصد (۱۱۵۳۴ متر) از آن‌ها

دارای قطر ۱۵۰ میلی‌متر و ۸/۶ درصد (۵۰۶۷ متر) از آن‌ها دارای قطر ۲۰۰ میلی‌متر هستند. در این مطالعه ابتدا اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید، حمل و نصب لوله‌های چدنی ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر موجود در شبکه محاسبه شده و سپس با فرض جایگزینی این لوله‌ها با لوله‌ای که کمترین اثرات زیست‌محیطی را دارد (پی‌وی‌سی)، پتانسیل کاهش اثرات زیست‌محیطی شبکه به دست می‌آید.

جدول ۵ کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از جایگزین کردن ۴۶ کیلومتر لوله چدن نشکن با قطرهای ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر با ۴۶ کیلومتر لوله پی‌وی‌سی با قطرهای ۱۱۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۵، در صورتی که در بازسازی ۴۶ کیلومتر از شبکه به جای چدن

جدول ۴- مشخصات لوله‌های منطقه مورد مطالعه

| جنس لوله  | طول لوله (متر) | درصد |
|-----------|----------------|------|
| چدن نشکن  | ۵۹۰۶۸          | ۷۶/۷ |
| پلی اتیلن | ۴۸۸۶           | ۶/۴  |
| پی وی سی  | ۱۲۵۴           | ۱/۶  |
| آزبست     | ۱۰۸۱۴          | ۱۴/۱ |
| فولادی    | ۹۵۶            | ۱/۲  |
| جمع کل    | ۷۶۹۷۸          | ۱۰۰  |

نشکن از پی‌وی‌سی استفاده شود، در طول عمر مفید لوله (۵۰ سال)، تقریباً ۲۹۳۲ تن، دی‌اکسید کربن کمتری تولید خواهد شد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که با استفاده از تحلیل چرخه عمر و با جایگزین کردن محصولات با اثرات زیست‌محیطی کمتر می‌توان تا حد زیادی پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی را کاهش داد.

انتخاب کارخانه و یا منابع شن و ماسه‌ای که مسافت کمتری تا محل نصب دارند، اثرات زیست‌محیطی این فاز را کاهش داد. در فاز نصب، با در نظر گرفتن ترانشه‌های مختص هر لوله، مقایسه‌ای بین اثرات زیست‌محیطی انواع ترانشه‌ها نیز صورت گرفت. سپس با استفاده از روش EI 99 و با تجمیع اثرات در یک شاخص مشخص شد که در مجموع سه فاز تولید، حمل و نصب، لوله‌های پی‌وی‌سی دارای کمترین اثرات زیست‌محیطی

جدول ۵- کاهش اثرات زیست‌محیطی در منطقه مورد بررسی

| رده پیامد           | واحد         | تولید حمل و نصب ۴۶ کیلومتر لوله چدن نشکن | تولید حمل و نصب ۴۶ کیلومتر لوله پی وی سی | کاهش اثرات زیست محیطی |
|---------------------|--------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|
| تخریب لایه اوزون    | kg CFC-11 eq | ۰/۵                                      | ۰/۱۸                                     | ۰/۳۲                  |
| گرمایش جهانی        | kg CO2 eq    | ۴۱۴۱۷۶۳/۴۰                               | ۱۲۰۹۲۰۴/۷۰                               | ۲۹۳۲۵۵۸/۷۰            |
| مه دود              | kg O3 eq     | ۲۸۴۴۸۳/۴۹                                | ۱۲۴۹۳۶/۴۶                                | ۱۵۹۵۴۷/۰۳             |
| اسیدی شدن           | kg SO2 eq    | ۲۷۶۰۸/۰۳                                 | ۵۹۵۶/۰۴                                  | ۲۱۶۵۱/۹۹              |
| اثرات تنفسی         | kg PM2.5 eq  | ۷۲۲۷/۴۳                                  | ۹۴۱/۶۲                                   | ۶۲۸۵/۸۱               |
| کاهش سوخت های فسیلی | MJ surplus   | ۳۵۴۰۹۶۵/۹۰                               | ۲۷۲۴۵۵۰                                  | ۸۱۶۴۱۵/۹۰             |

## ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر، اثرات زیست‌محیطی لوله‌های پی‌وی‌سی، پلی‌اتیلن با تراکم بالا، سیمانی الیاف دار و چدن نشکن نسبت به پلی‌اتیلن با تراکم بالا، سیمانی الیاف دار و چدن نشکن در سه فاز تولید، حمل و نصب موردبررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که در فاز تولید، اثرات زیست‌محیطی لوله چدن نشکن بسیار بیشتر از دو جنس دیگر است. همچنین از آنجایی که فاز حمل وابسته به فاصله کارخانه تا محل نصب است، می‌توان با

نسبت به پلی‌اتیلن با تراکم بالا، سیمانی الیاف دار و چدن نشکن هستند. همچنین نتایج حاصل از کاربست تحلیل چرخه عمر در بخشی از شبکه توزیع آب شهر تهران، نشان از کارایی این روش در کاهش پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان راهنما برای انتخاب لوله‌ها و ترانشه‌های با کمترین اثرات زیست‌محیطی موردتوجه مدیران و بهره‌برداران قرار گیرد.

- Petit-Boix, A., Sanjuan-Delmás, D., Gasol, C.M., Vilalbal, G., Suárez-Ojeda, M.E., Gabarrell, X., Josa, A., and Rieradevall, J., (2014), "Environmental assessment of sewer construction in small to medium sized cities using life cycle assessment", *Water Resources Management*, 28(4), 979-997.
- Piratla, K.R., Ariaratnam, S.T., and Cohen, A., (2011), 'Estimation of CO2 emissions from the life cycle of a potable water pipeline project', *Journal of Management in Engineering*, 28(1), 22-30.
- Pre' Consultants, (2014), *SimaPro Database Manual*. PRe', 1-48.
- Pré Consultants, (2000), *Eco-indicator 99 Manual for Designers*.
- Roghani, B., (2013), "Estimating the Sewerage network performance based on value engineering and environmental issues", MSc. Thesis, School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran.
- Sanjuan-Delmás, D., Petit-Boix, A., Gasol, C.M., Vilalbal, G., Suárez-Ojeda, M.E., Gabarrell, X., Josa, A., and Rieradevall, J., (2014), "Environmental assessment of different pipelines for drinking water transport and distribution network in small to medium cities: a case from Betanzos, Spain", *Journal of Cleaner Production*, 66, 588-598.
- Stokes, J., and Horvath, A., (2006), 'Life cycle energy assessment of alternative water supply systems', *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(5), 335-343.
- Stokes, J.R., and Horvath, A. (2009), "Energy and air emission effects of water supply", *Environmental Science and Technology*, 43(8), 2680-2687.
- Vahidi, E., Jin, E., Das, M., Singh, M., and Zhao, F., (2016), "Environmental life cycle analysis of pipe materials for sewer systems", *Sustainable Cities and Society*, 27, 67-174.

- 1- Life Cycle Assessment
- 2- Molecular-Oriented PVC (PVC-O)
- 3- Polyvinyl Chloride (PVC)
- 4- Ductile Iron (DI)
- 5- High-Density Polyethylene (HDPE)
- 6- Input-Output Life Cycle Assessment
- 7- International Organization for Standardization
- 8- Goal and Scope Definition
- 9- Life Cycle Inventory
- 10- Life Cycle Impact Assessment
- 11- Interpretation
- 12- Functional Unit
- 13- Disability Adjusted Life Years

- Akhoundi, A., (2016), "Investigation of wastewater reuse alternative using life cycle sustainability analysis method", MSc. Thesis, School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran.
- AWWA, (1993), *Standard for the selection of asbestos cement pressure pipe, 4 in through 16 in (100 mm through 400 mm), for water distribution systems*, American Water Works Association, Denver, Colo.
- AWWA, (2003), *Ductile-Iron pipe and fittings, Vol. 41, Standards Committee A21 on Ductile-Iron Pipe and Fittings*, American Water Works Association.
- A.S.T.M., (2008), *D2321 Standard practice for the underground installation of thermoplastic pipe for sewers and other gravity-flow applications*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ecoinvent., (2009), *Swiss Centre for Life Cycle Inventories, ecoinvent database v3.0*, <http://www.ecoinvent.ch/>.
- ISO, (2006), *ISO 14044 - Environmental management - Life Cycle Assessment - Requirements and guidance*.
- Kirk, B., Etnier, C., Kärman, E., and Johnstone, S., (2005), "Methods for comparison of wastewater treatment options", Project No. WU-HT-03-33, Prepared for the National Decentralized Water Resources Capacity Development Project, Washington University, St. Louis, MO, by Ocean Arks International, Burlington, VT

## Overexploitation of Groundwater Resources and Regional Subsidence: Case Study of Damaneh City, Isfahan

Hamed Javdani<sup>1\*</sup>, Mahmood Ahmadi Darani<sup>2</sup>

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

2- M.Sc. in Civil Engineering, Construction Engineering Organization of Daran-Damaneh, Isfahan, Iran

\*Corresponding Author, Email: javdani@eng.sku.ac.ir

Received: 20/4/2017

Revised: 27/8/2017

Accepted: 28/8/2017

### Abstract

One of the main reasons of regional subsidence is drawdown of groundwater level due to overexploitation of aquifers which can lead to irreversible damage to soil deposits. In recent years, the regional subsidence around the country have greatly damaged agricultural sites, residential buildings, roads, power transmission lines, etc. The Damaneh City, located at west of Isfahan Province, is amongst the cities that has extensively been affected by this phenomenon. Therefore, the present study aims to investigate the level of depletion of groundwater resources and subsequent land subsidence in this region. The results indicated that drawdown of groundwater level had a direct influence on the occurrence of subsidence in the studied region. Considering that the studied area is one of the most important agricultural regions in Isfahan Province, the primary exploitation of aquifers is related to agricultural purposes. The results showed that water table has dropped 20 m in Damaneh City during the period of 1977-2014. Accordingly, it is essential to use artificial recharge and to change the cultivation pattern to revive the aquifer and to prevent the damage induced by land subsidence as well.

**Keywords:** Aquifer, Overexploitation of groundwater, Land subsidence, Damaneh City.

## برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و نشست منطقه ای: مطالعه ی موردی شهر دامنه، اصفهان

حامد جاودانیان<sup>۱\*</sup>، محمود احمدی دارانی<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، نظام مهندسی ساختمان داران-دامنه، اصفهان  
\* نویسنده مسئول، ایمیل: javdani@eng.sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۳۱

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۶/۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۶

### چکیده

از دلایل اصلی فرونشست زمین می توان به افت سطح آب بر اثر برداشت بی رویه از آبخوان ها اشاره نمود که موجب کاهش حجم، تراکم برگشت ناپذیر و وارد آمدن آسیب های غیر قابل جبران به آن ها می شود. طی سال های گذشته فرونشست های پدید آمده در ایران به دلیل افت سطح آب زیرزمینی، لطمه ی فراوانی به زمین های کشاورزی، ساختمان های مسکونی، جاده ها، خطوط انتقال نیرو و غیره وارد آورده است. شهر دامنه در غرب استان اصفهان نیز در سال های اخیر به صورت چشم گیر با این پدیده روبه رو شده است. از این رو در پژوهش حاضر به بررسی میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی و وضعیت فرونشست در این منطقه پرداخته شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد که افت سطح آب زیرزمینی، اثری مستقیم بر ایجاد و گسترش فرونشست در محدوده ی شهر دامنه داشته است. با توجه به اینکه منطقه ی مورد مطالعه یکی از قطب های کشاورزی استان اصفهان به شمار می آید، بیشترین میزان بهره برداری از آبخوان های منطقه به مصارف کشاورزی اختصاص دارد. نتایج بیانگر آن است که سطح آب زیرزمینی در منطقه ی مورد مطالعه در بازه سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ به طور متوسط به میزان ۲۰ متر افت داشته است. بر همین اساس جلوگیری از افت روزافزون آب های زیرزمینی در منطقه، با استفاده از راهکارهایی مانند تغذیه ی مصنوعی و از آن مهم تر تغییر الگوی کشت، برای کمک به احیای مجدد آبخوان آبرفتی ضروری است.

**کلمات کلیدی:** منابع آب، آب زیرزمینی، فرونشست، افت سطح آب، برداشت بی رویه

مشهد، همدان، سیستان، کاشان و اردکان اشاره نمود (Mousavi et al., 2001; Alipour et al., 2008; Motagh et al., 2008; Mahmoudpour et al., 2016; Motagh et al., 2017).

در حال حاضر پدیده‌ی فرونشست در بسیاری از دشت‌های استان اصفهان نیز به سادگی قابل مشاهده است. به عنوان مثال این پدیده در شهر دامنه با ایجاد شکاف و ترک و وارد آمدن خسارت به زمین‌های کشاورزی، خانه‌های مسکونی، خطوط انتقال نیرو و غیره رخ نموده است. شهر دامنه واقع در شهرستان فریدن، در فاصله‌ی ۱۲۰ کیلومتری غرب شهر اصفهان و در مسیر جاده‌ی شوسه‌ی اصفهان-لرستان قرار دارد. به دنبال فرونشست زمین در این شهر که به ویژه از سه سال پیش تا کنون شدت گرفته است، حدود ۳۰۰ خانه آسیب دیده‌اند که در این میان ۱۲۷ خانه در معرض ریزش قرار دارند و تعدادی نیز قابلیت بهره‌برداری خود را از دست داده‌اند. واضح است که اولین گام برای مقابله با چنین پدیده‌ی زیان‌باری، شناسایی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری آن است. بر همین مبنا در پژوهش پیش رو برای اولین بار عوامل مؤثر بر فرونشست زمین در محدوده‌ی شهر دامنه با تأکید بر اثر افت سطح آب زیرزمینی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

شهر دامنه در ۵۰°۲۵' طول شرقی و ۵۸°۳۲' عرض شمالی در محدوده‌ی مطالعاتی دامنه-داران قرار دارد (شکل ۱) که یکی از محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌ی آبریز گاوخونی است. این محدوده در قسمت شمال غرب این حوزه‌ی آبریز و تحت پوشش شرکت سهامی آب منطقه‌ای اصفهان است. ۲۹۳/۷ کیلومترمربع از وسعت این محدوده را دشت و ۴۱۷/۶ کیلومترمربع از وسعت آن را ارتفاعات تشکیل می‌دهد.

حداقل ارتفاع، ۲۲۱۲ متر، مربوط به بخش جنوبی محدوده در مجاورت دشت بوئین- میان‌دشت و حداکثر ارتفاع آن، ۳۲۸۶ متر از سطح دریا، مربوط به قسمت‌های شمالی است (بیان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌ی آبریز گاوخونی منتهی به سال آبی ۹۰-۱۳۸۹، ۱۳۹۴).

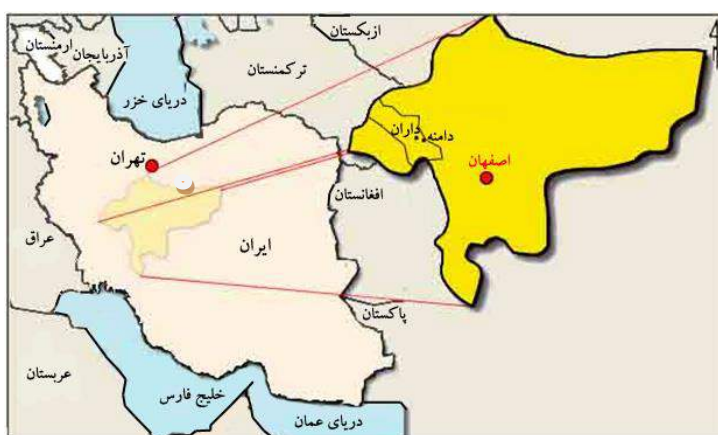
خوان آبرفتی منطقه‌ی مورد مطالعه با مساحت ۲۲۰/۳ کیلومتر در ۷۵ درصد از مساحت محدوده‌ی دشت (۲۹۳/۷) گسترده شده است. در حال حاضر فراز و فرود سطح آب

عوامل گوناگونی می‌توانند فرونشست زمین را در پی داشته باشند که از آن جمله می‌توان جابه‌جایی زمین، بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، احداث سدهای بزرگ و فرآیندهای تکتونیکی را نام برد (Omidvar, 2014). با این وجود مهم‌ترین علت فرونشست منطقه‌ای سطح زمین در حوضه‌های رسوبی مناطق خشک و نیمه‌خشک، تراکم سفره‌های آب زیرزمینی و بهره‌برداری بیش از حد از آن‌ها است (Pacheco et al., 2006). این پدیده بروز صدمات فراوان به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌های مسکونی، جاده‌ها و خطوط انتقال نیرو شده و همچنین ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، لوله‌زایی، تغییر شیب رودخانه‌ها، ریزش جداره‌ی چاه‌ها و تغییر شیب زمین را به دنبال خواهد داشت (Bouwer, 1977). فرونشست معمولاً بلافاصله پس از خروج آب زیرزمینی رخ نمی‌دهد، بلکه در زمان طولانی‌تر بعد از برداشت اتفاق می‌افتد و میزان آن به ضخامت و تراکم‌پذیری لایه‌ها، طول زمان بارگذاری، درجه و نوع تنش بستگی دارد.

در سطح جهانی فرونشست ناشی از افت سطح آب همزمان با توسعه‌ی شهرنشینی و صنعتی شدن در بازه‌ی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ میلادی به اوج خود رسید و در بسیاری از شهرهای بزرگ دنیا مثل مکزیکوسیتی، با سرعت یک میلی‌متر در سال گزارش شد (Carillo, 1984; Waltham, 1989). میزان چنین فرونشست‌هایی در توکیو و اوزاکا در گذشته تا ۲۰ و در نیگاتا تا ۵۰ سانتی‌متر در سال گزارش شده بود؛ اما امروزه با کنترل برداشت آب زیرزمینی کاهش یافته است (Gal-loway et al., 2011). فرونشست بر اثر برداشت بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی در شهرهای بانکوک و ونیز، ایالت کالیفرنیا در آمریکا، دشت ساحلی تسالونیک در شمال یونان و شهرهایی از چین هم مشاهده شده است (Lofgren, 1969; Poland, 1981; Gambolati et al., 1991; Larson et al., 2001; Zhou and Esaki, 2003; Hu et al., 2004; Quanlong, 2006; Phien-Wej et al., 2006; Zhu et al., 2015).

لازم به ذکر است که بسیاری از آبخوان‌های ایران نیز از پدیده‌ی فرونشست بر اثر برداشت بیش از اندازه‌ی آب زیرزمینی در امان نمانده‌اند. از جمله‌ی این آبخوان‌ها می‌توان به رفسنجان، سیرجان، زرنده، کرمان، ورامین، شهریار، اشتهارد،



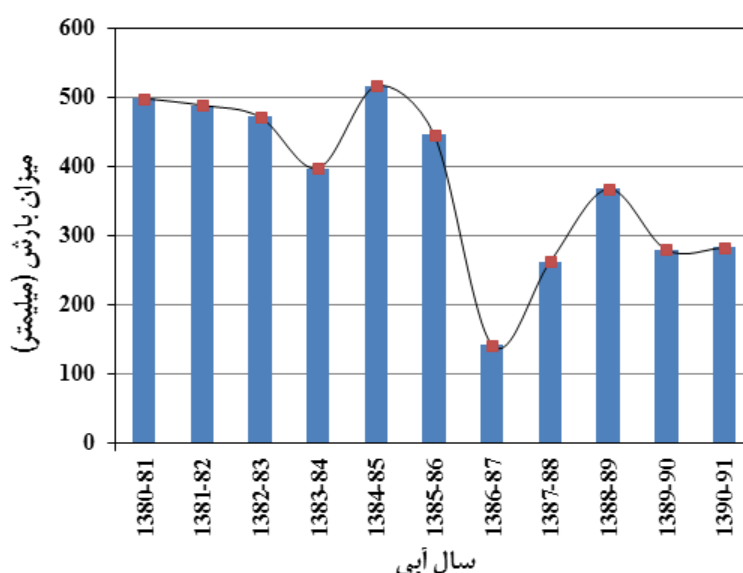


شکل ۱- محدوده‌ی دامنه-داران در استان اصفهان

منطقه، ۸ درصد، میزان تبخیر متوسط سالانه‌ی اندازه‌گیری شده با تشت تبخیر، حدود ۱۷۶۶ و متوسط بارش سالانه، ۳۵۰ میلی‌متر است. از سال ۸۶ تاکنون، یعنی همزمان با توسعه‌ی منطقه، خشکسالی شدید بر منطقه حاکم شده و صدمات زیادی را به منابع آب وارد آورده است (شکل ۲). از جمله‌ی این صدمات می‌توان کم شدن آب شدن یا خشک شدن چشمه‌ها و قنوت و نیز کم شدن چاه‌ها و افت سطح آب زیرزمینی را نام برد. به دنبال این پدیده، کشاورزان به صورت طبیعی خواستار حفر چاه و کف‌شکنی چاه‌ها شدند.

زیرزمینی با استفاده از ۱۶ حلقه چاه مشاهده‌ای ثبت می‌شود. لازم به ذکر است آماربرداری سطح آب زیرزمینی از سال ۱۳۶۲ آغاز شده که با توجه به وسعت آبخوان تراکم چاه‌های مشاهده‌ای در هر ۲۵ کیلومترمربع ۱/۸ حلقه چاه است (بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌ی آبریز گاوخونی منتهی به سال آبی ۱۳۸۹-۹۰، ۱۳۹۴).

برای بررسی پارامترهای هواشناسی منطقه، از آمار ایستگاه دامنه استفاده شده است. میانگین دمای سالانه در محدوده‌ی مورد مطالعه، ۵/۹ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی سالانه در

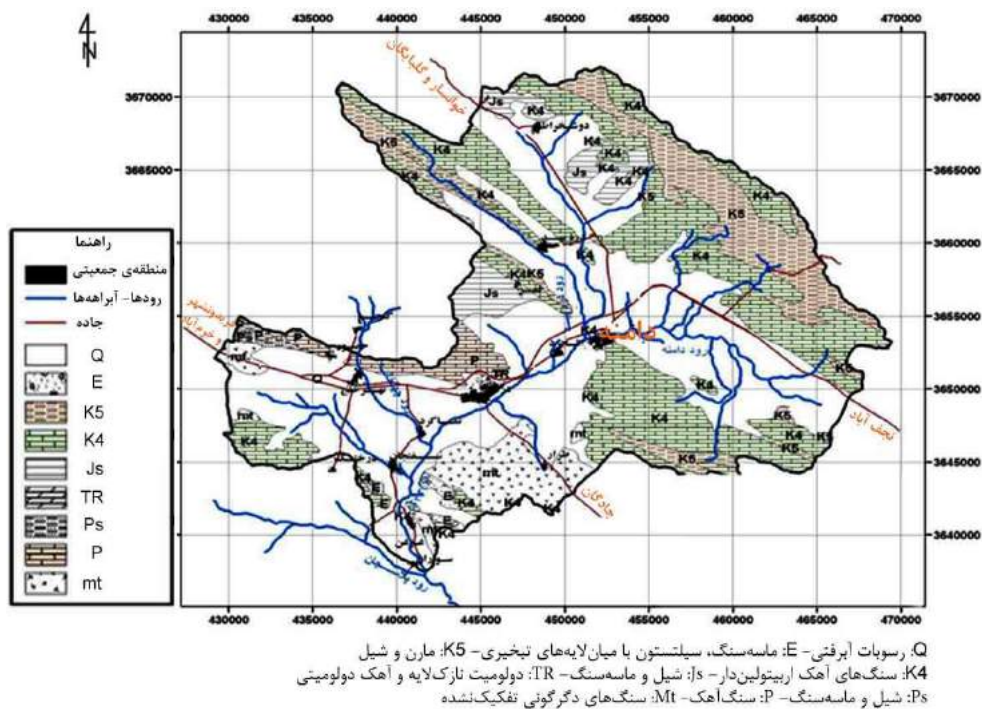


شکل ۲- نمودار بارندگی سالانه‌ی محدوده‌ی دامنه-داران

شهر دامنه در غرب استان اصفهان واقع شده است. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران، دامنه در زون ایران مرکزی قرار گرفته است (شکل ۳). ارتفاعات واقع در جنوب و غرب منطقه نیز از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ‌های آهکی می‌باشد (گزارش مطالعات ژئوتکنیک، پروژه‌ی فرونشست شهر دامنه، ۱۳۹۴).

در پژوهش حاضر مطالعه‌ی لایه‌بندی خاک بر اساس گمانه‌های حفر شده در منطقه و همچنین داده‌های لاگ‌های

حفاری مربوط به چاه‌های کشاورزی انجام شده است. مزیت استفاده از لاگ چاه‌های کشاورزی، این است که عمق زیاد این چاه‌ها برای مشخص کردن عمق سنگ بستر نیز کاربرد دارد. علاوه بر چاه‌های کشاورزی، در محدوده‌ی شهری دامنه، پنج گمانه‌ی ماشینی با عمق ۲۷ تا ۴۰ متر جهت شناسایی های زیرسطحی حفر شده است (شکل ۴) (گزارش مطالعات ژئوتکنیک، پروژه‌ی فرونشست شهر دامنه، ۱۳۹۴). مشخصات گمانه‌ها و نوع خاک حاصل در شکل (۴) ارائه شده است.

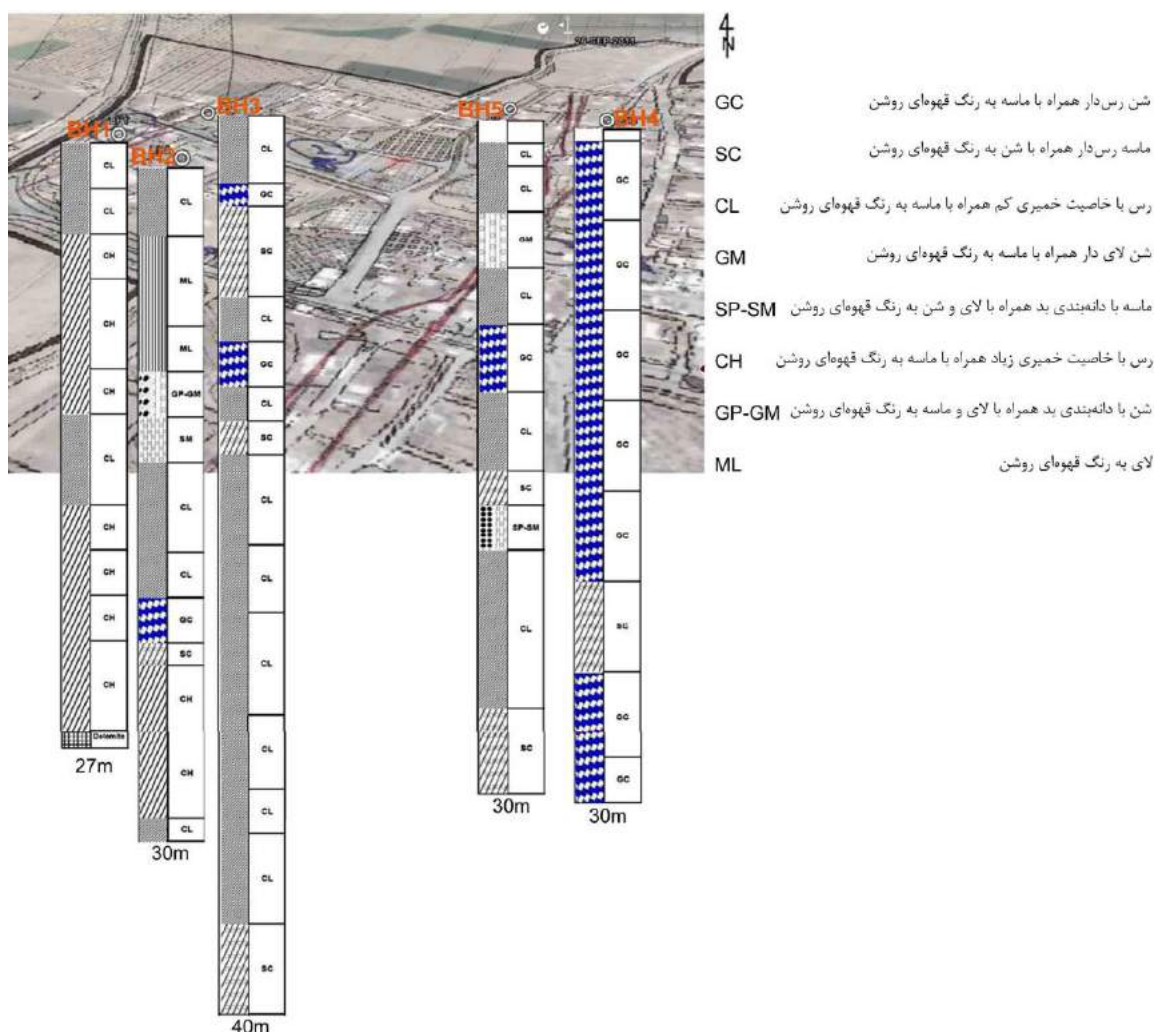


شکل ۳- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (گزارش فرونشست زمین در شهر دامنه، ۱۳۹۳)

### ۳- روش تحقیق

فرونشست زمین، در پی عوامل متعددی رخ می‌دهد. فعالیت‌های تکتونیکی، جنس خاک و برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی را میتوان از محتملترین فاکتورهای مؤثر بر پدیده‌ی فرونشست در محدوده‌ی دامنه-داران نام برد. در این راستا علاوه بر مشاهدات میدانی و بازدیدهای صحرایی، از گزارشهای سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان، گزارش‌های شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان اصفهان گزارش‌های معاونت بازسازی و مسکن روستایی بنیاد مسکن

انقلاب اسلامی استان اصفهان به‌عنوان داده‌های پایه استفاده شده است (بیان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌ی آبریز گاوخونی منتهی به سال آبی ۱۳۸۹-۹۰، ۱۳۹۴؛ گزارش مطالعات ژئوتکنیک، پروژه‌ی فرونشست شهر دامنه، ۱۳۹۴؛ گزارش فرونشست زمین در شهر دامنه، ۱۳۹۳؛ گزارش فرونشست زمین و خسارات وارده در شهر دامنه، ۱۳۹۴). نتایج حاصل از گزارش‌های مذکور بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این امر میتواند گامی مؤثر در جهت برنامه ریزی و مدیریت استفاده از منابع آب زیرزمینی در منطقه‌ی مورد مطالعه باشد. لازم به ذکر است که تحلیل دقیق نتایج موجود



شکل ۴- وضعیت لایه‌های خاک و ضخامت آن‌ها در عمق زمین در محدوده‌ی شهری دامنه  
(گزارش مطالعات ژئوتکنیک، پروژه‌ی فرونشست شهر دامنه، ۱۳۹۴)

و شکاف‌های ایجادشده در ساختمان‌های شهر دامنه و دشتهای شده است (شکل ۵).

بر اساس گزارش معاونت بازسازی و مسکن روستایی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان اصفهان، در بازه‌ی زمانی اسفند ۱۳۹۲ تا بهمن ۱۳۹۴، شکاف‌های طولی و مورب به ضخامت ۵ سانتی‌متر و بیشتر در ساختمان‌های محله‌های مختلف رخ داده و یک باب ساختمان نیز تخریب شده است. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی فریدن، آمار ساختمان‌های خسارت‌دیده را ۳۲۰ واحد اعلام کرده و همچنین ساختمان‌هایی که در آن‌ها شکاف‌های ۵ سانتی‌متر و بیشتر مشاهده است، با اخطار تخلیه مواجه شده‌اند

میتواند تصمیم‌گیری بهتر در برخورد با خطرات احتمالی پیشرو را به دنبال داشته باشد.

#### ۴- اثر افت سطح آب زیرزمینی بر فرونشست در منطقه

منطقه‌ی مورد مطالعه در تحقیق حاضر آنچنان که از طریق مشاهدات میدانی نویسندگان در سال ۱۳۹۵ بر می‌آید، به شدت دچار فرونشست شده است.

نشست سازه‌های محدوده‌ی شهری دامنه نیز بسیار قابل ملاحظه است. این نشست‌ها موجب افزایش و توسعه‌ی ترک

(گزارش فرونشست زمین و خسارات وارده در شهر دامنه، ۱۳۹۴؛ گزارش فرونشست زمین در شهر دامنه، ۱۳۹۳).

پدیده‌ی دیگری که به روشنی در منطقه‌ی مورد مطالعه مشاهده می‌شود آن است که خشک‌سالی در سال‌های گذشته و کمبود منابع آب سطحی، فعالیت‌های اقتصادی و زندگی در منطقه را به شدت به منابع آب زیرزمینی وابسته ساخته است. از این رو بهره‌برداری‌های صنعتی، کشاورزی و شرب موجب افت سطح آب زیرزمینی و منفی شدن بیلان آب سفره‌های زیرزمینی منطقه شده‌اند؛ به طوری که بیلان عمومی دشت در محدوده‌ی مورد مطالعه حاکی از کاهش حجم آبخوان آبرفتی به میزان ۱۶/۹ میلیون مترمکعب است (جدول ۱).

با توجه به مطالب پیش گفته لازم است ارتباط بین این افت و نشست‌های مشاهده‌شده در منطقه مورد مطالعه قرار گیرد. بر این مبنا در پژوهش پیش رو، به منظور بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر فرونشست زمین، داده‌های گردآوری‌شده از چاه‌های مشاهده‌ای در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۳ از سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان دریافت و تحلیل شد.



شکل ۵- نمونه‌ای از آسیب‌های وارد به ساختمان‌ها و دشت در محدوده‌ی دامنه- داران

جدول ۱- بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی دامنه- داران (بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌ی آبریز گاوخونی منتهی به سال آبی ۱۳۸۹-۹۰، ۱۳۹۴)

| تغذیه (۱۰ <sup>۶</sup> m <sup>۳</sup> ) |                       | تخلیه (۱۰ <sup>۶</sup> m <sup>۳</sup> ) |                        |                 |                         |                           | تغییرات (۱۰ <sup>۶</sup> m <sup>۳</sup> ) |                |                |           |                   |
|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|----------------|----------------|-----------|-------------------|
| جمع تغذیه                               | نفوذ از آب شرب و صنعت | نفوذ از آب زراعی                        | نفوذ از جریان های سطحی | نفوذ از بارندگی | جریان آب زیرزمینی ورودی | تخلیه از چاه، چشمه و قنات | زهکشی                                     | تخیر از آبخوان | جریان زیرزمینی | جمع تخلیه | تغییرات حجم ذخیره |
| ۱۰۰/۴                                   | ۱/۳                   | ۱۸/۴                                    | ۱۳/۲                   | ۲۰/۳            | ۴۷/۱                    | ۱۱۶/۵                     | ۰                                         | ۰/۲            | ۰/۷            | ۱۱۷/۳     | -۱۶/۹             |
| وسعت محدودی بیلان (کیلومتر مربع)        |                       |                                         |                        |                 |                         |                           |                                           |                |                |           |                   |
| ۲۲۰/۳                                   |                       |                                         |                        |                 |                         |                           |                                           |                |                |           |                   |

## ۵- یافته‌ها و بحث

با محل‌های تمرکز چاه‌های بهره‌برداری مقایسه کرد. بر این اساس مشخص می‌شود که بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در مناطقی رخ داده که در آن‌ها تراکم چاه‌های بهره‌برداری بیشتر از نواحی دیگر بوده است. لازم به ذکر است که نقشه‌ی خطوط تراز نشان داده شده در

جدول ۲ تراز سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای محدوده‌ی دامنه-داران و در شکل ۶ موقعیت این پیزومترها همراه با محل قرارگیری چاه‌های بهره‌برداری روی نقشه‌ی افت سطح آب زیرزمینی منطقه طی سال‌های ۸۵-۸۶ و ۹۳-۹۲ قابل مشاهده است. بدین ترتیب می‌توان موقعیت نواحی دارای افت زیاد را



جدول ۲- شرایط سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای محدوده دامنه- داران  
(بیان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه آبریز گاوخونی منتهی به سال آبی ۱۳۸۹-۹۰، ۱۳۹۴)

| افت<br>سطح آب (m) | تراز آب (m) در بازه سال‌های |         | تراز (m)                          | UTM-y   | UTM-x  | محدوده                 |
|-------------------|-----------------------------|---------|-----------------------------------|---------|--------|------------------------|
|                   | ۹۲-۹۳                       | ۸۵-۸۶   |                                   |         |        |                        |
| —                 |                             | ۲۲۹۰/۱۶ | ۲۳۲۸/۰۶                           | ۳۶۵۰۱۰۹ | ۴۳۳۶۱۵ | اراضی حصور             |
| ۱۸/۴۴             | ۲۲۲۷/۱۱                     | ۲۲۴۵/۵۵ | ۲۲۷۴/۵۵                           | ۳۶۴۷۴۱۷ | ۴۳۶۸۸۱ | درختک                  |
| ۱۸/۲۵             | ۲۲۵۰/۳۷                     | ۲۲۶۸/۶۲ | ۲۳۰۳/۲۲                           | ۳۶۵۰۰۵۱ | ۴۳۷۰۱۴ | جنوب نهر خلیج          |
| —                 |                             |         | ۲۲۲۴/۶۱                           | ۳۶۴۵۱۲۱ | ۴۳۹۹۰۳ | سفتجان                 |
| ۱۰                | ۲۲۲۴/۲۳                     | ۲۲۳۴/۲۳ | ۲۲۶۸/۹۵                           | ۳۶۴۸۷۴۳ | ۴۴۰۸۵۶ | نماگرد                 |
| ۱/۹۸              | ۲۲۳۰/۴۱                     | ۲۲۳۲/۳۹ | ۲۲۳۶/۲۴                           | ۳۶۴۲۱۷۴ | ۴۴۲۲۳۴ | شمال غرغن              |
| ۴/۴۰              | ۲۲۷۴/۱۱                     | ۲۲۷۸/۵۱ | ۲۳۱۲/۰۳                           | ۳۶۴۷۵۵۴ | ۴۴۵۸۸۸ | جاده‌ی داران به چادگان |
| ۷/۶۹              | ۲۲۷۳/۵۸                     | ۲۲۸۱/۲۷ | ۲۳۰۳/۷۹                           | ۳۶۵۱۵۱۱ | ۴۴۸۲۸۴ | بین آشجرد و داران      |
| ۳۴/۸۵             | ۲۲۵۶/۴۴                     | ۲۲۹۱/۲۹ | ۲۳۲۹/۲۹                           | ۳۶۵۳۵۴۵ | ۴۵۰۴۵۷ | بین دامنه و آشجرد      |
| ۲۹/۹۱             | ۲۲۹۰/۱۸                     | ۲۳۲۰/۰۹ | ۲۳۸۵/۲۵                           | ۳۶۵۷۸۷۷ | ۴۵۱۰۶۴ | دره بید                |
| ۲۷/۰۱             | ۲۲۸۷/۹۴                     | ۲۳۱۴/۹۵ | ۲۳۷۵/۰۶                           | ۳۶۵۷۳۵۶ | ۴۵۵۳۱۸ | پیچ دامنه              |
| ۸/۱۷              | ۲۳۱۶/۰۸                     | ۲۳۲۴/۲۵ | ۲۳۴۱/۷                            | ۳۶۵۴۶۱۴ | ۴۵۵۹۹۸ | اراضی عدیلی            |
| ۲۶/۳۱             | ۲۲۹۶/۰۳                     | ۲۳۲۲/۳۴ | ۲۳۶۵/۹۹                           | ۳۶۵۵۰۵۵ | ۴۵۹۴۹۳ | اول جاده‌ی اشن         |
| ۴۶/۶۳             | ۲۲۸۲/۸۵                     | ۲۳۲۹/۴۸ | ۲۳۵۳/۳۶                           | ۳۶۵۲۱۴۷ | ۴۵۹۵۸۹ | شمال جاده‌ی نفت        |
| ۲۵/۸۸             | ۲۳۲۱/۴۲                     | ۲۳۴۷/۳۰ | ۲۳۷۰/۹۷                           | ۳۶۵۰۰۳۴ | ۴۶۲۵۷۱ | اراضی نیلاب            |
| —                 |                             |         | ۲۴۰۵/۰۷                           | ۳۶۴۸۲۳۷ | ۴۶۶۱۵۸ | غرب پیست اسکی          |
| ۱۹/۹۶             |                             |         | میانگین افت سطح آب زیرزمینی (متر) |         |        |                        |

از منطقه‌ی مورد مطالعه (شامل نواحی اراضی حصور، درختک، جنوب نهر خلیج، نماگرد، شمال غرغن، ابتدای جاده داران به چادگان، بین آشجرد و داران، بین دامنه و آشجرد، دره بید، پیچ دامنه، اراضی عدیلی، اول جاده اشن، شمال جاده نفت و اراضی نیلاب) در شکل ۷ ارائه شده است. قابل ذکر است که هیدروگراف مربوط به دو ناحیه‌ی سفتجان و غرب پیست اسکی به دلیل نبود نتایج مربوط به سطح پیزومتریک این نواحی در شکل ۷ ارائه نشده است.

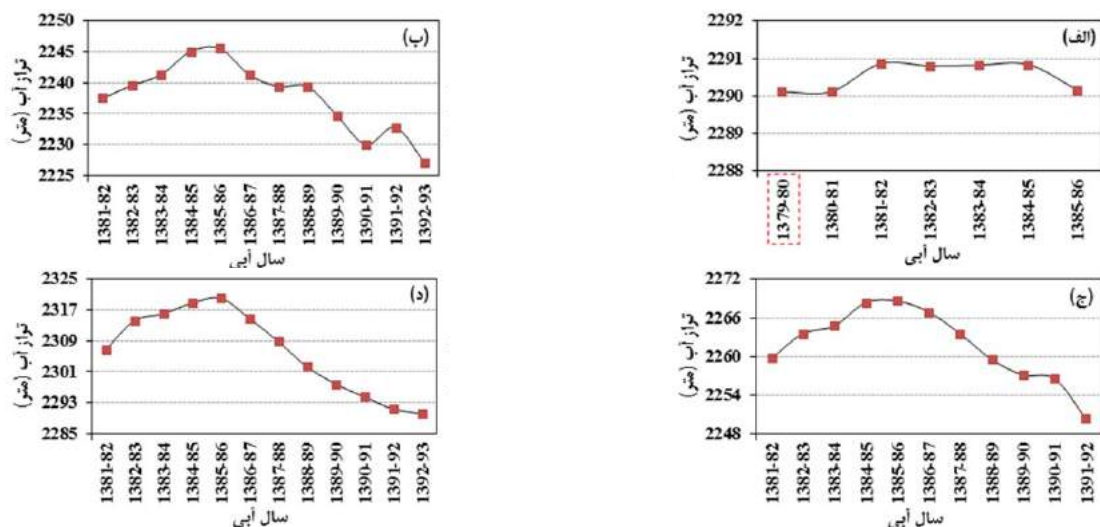
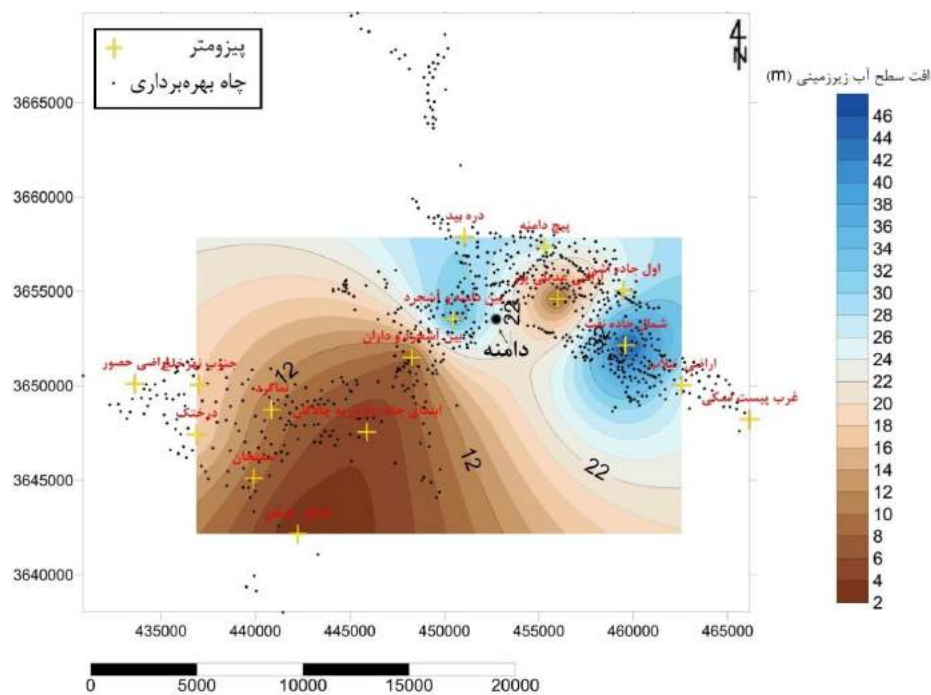
در شکل ۸ هیدروگراف کلی محدوده‌ی دامنه- داران نمایش داده شده است. بر اساس این هیدروگراف، افت سطح آب زیرزمینی حدود ۲۸ متر است. شایان توجه است که آنچه در جدول ۲ به‌عنوان متوسط افت سطح آب زیرزمینی درج شده، با میانگین‌گیری عددی به دست آمده، در حالی که افت نشان داده شده با استفاده از هیدروگراف شکل ۸ پس از وزن‌دهی

شکل ۶ به کمک درونیابی نتایج پیزومترهای واقع در نواحی مختلف صورت گرفت. از اینرو، برای مثال، اگر چه داده‌های پیزومتریک ناحیه‌ی سفتجان کامل نبوده (جدول ۲)، اما با توجه به اطلاعات موجود از نواحی مجاور آن و با استفاده از درون‌یابی خطوط تراز برای ناحیه‌ی مذکور ترسیم شد.

همان‌طور که در ستون آخر جدول ۲ و نیز در شکل ۶ مشاهده می‌شود، تمام پیزومترهایی که داده‌های اندازه‌گیری شده در آن‌ها به صورت کامل در دسترس بوده است، در سال ۹۳-۹۲ نسبت به سال ۸۵-۸۶ دچار افت قابل توجه سطح آب زیرزمینی شده‌اند. علاوه بر این با توجه به شکل ۷ مشخص می‌شود که بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در مناطقی رخ داده که در آن‌ها تراکم چاه‌های بهره‌برداری بیشتر از نواحی دیگر بوده است.

تغییرات سطح پیزومتریک آب در نواحی مختلف (جدول ۲)



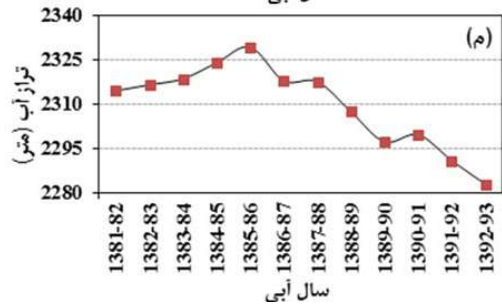
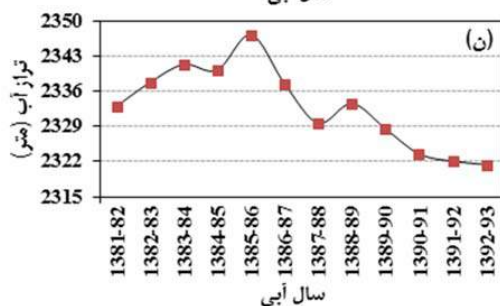
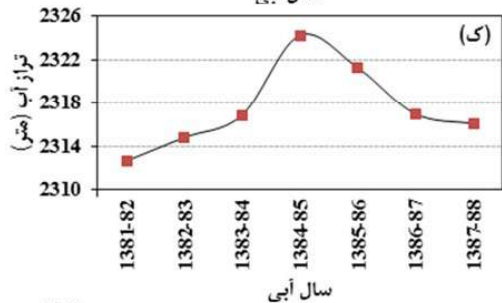
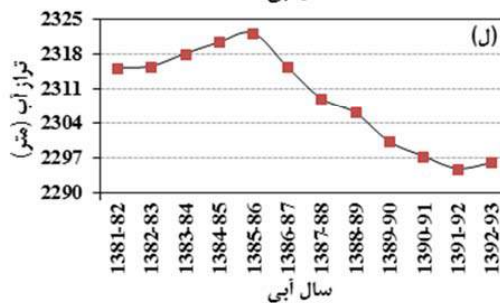
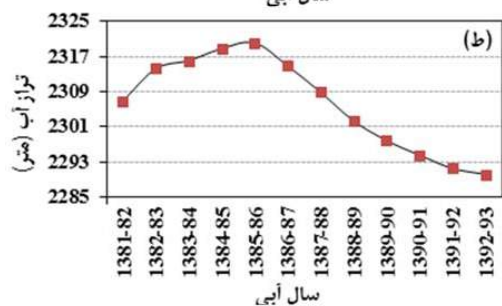
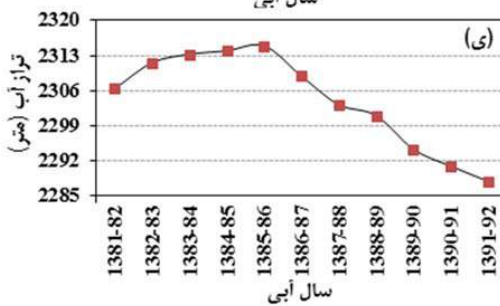
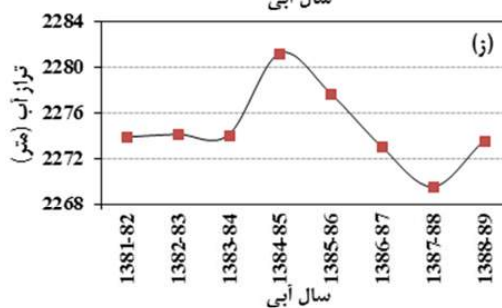
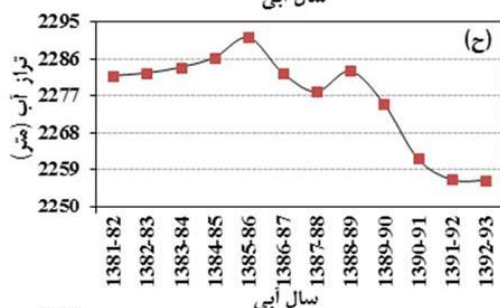
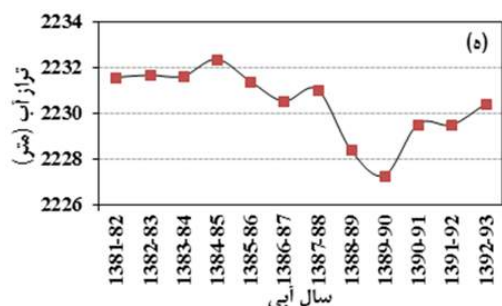
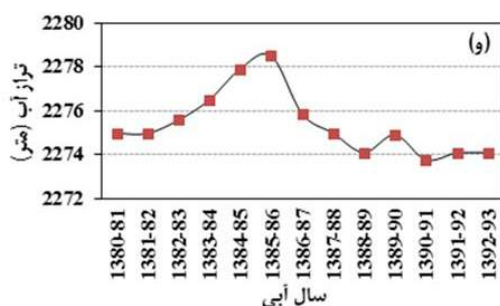


شکل ۷- هیدروگراف تراز پیزومتریک نواحی مختلف از منطقه مورد مطالعه، الف) اراضی حصور، ب) درختک، ج) جنوب نهر خلیج، د) نماگرد

خلاصه‌ای از وضعیت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی منطقه‌ی مورد مطالعه تا سال ۱۳۹۴، ارائه شده است.

نزول سطح آب زیرزمینی همراه با جنس خاک منطقه می‌تواند عامل بسیار اثرگذاری بر فرونشست‌های مشاهده‌شده

به مساحت تحت پوشش هر یک از پیرومترها حاصل شده است؛ بنابراین به طور کلی می‌توان گفت که میزان افت سطح آب زیرزمینی در منطقه‌ی مورد مطالعه، در بازه‌ی سالهای ۱۳۸۵ تا ۹۳-۱۳۹۲، حدود ۲۸ متر بوده است. در حدود ۳



ادامه شکل ۷- هیدروگراف تراز پیزومتریک نواحی مختلف از منطقه مورد مطالعه، (ه) شمال غرغن، (و) ابتدای جاده داران به چادگان، (ز) بین آشجورد و داران، (ح) بین دامنه و آشجورد، (ط) دره بید، (ی) پیچ دامنه، (ک) اراضی عدیلی، (ل) اول جاده اشن، (م) شمال جاده نفت، (ن) اراضی نیلاب

جدول ۳- وضعیت بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی در محدوده‌ی آبخوان دامنه

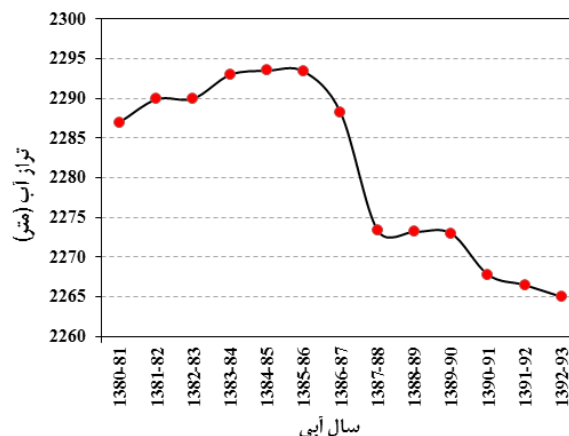
| تخلیه کل<br>( $10^6 m^3$ ) | چشمه                           |       | قنات                           |       | چاه عمیق                       |       | چاه عمیق                       |       |
|----------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
|                            | تخلیه سالانه<br>( $10^6 m^3$ ) | تعداد | تخلیه سالانه<br>( $10^6 m^3$ ) | تعداد | تخلیه سالانه<br>( $10^6 m^3$ ) | تعداد | تخلیه سالانه<br>( $10^6 m^3$ ) | تعداد |
| ۱۶۵/۹۹۶                    | ۲۳۰                            | ۸     | ۱/۹۱۲                          | ۱۱    | ۲۲/۲۱۵                         | ۱۲۹   | ۱۴۱/۶۳۹                        | ۵۲۷   |

خود نیازمند مطالعات دقیق‌تر بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه است. اما به عنوان یک راهکار کوتاه مدت و اضطراری باید از ادامه‌ی بهره‌برداریهای غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی (مانند استفاده از چاههای غیرمجاز) جلوگیری شود. در غیر این صورت ضمن از دست دادن بخش عظیمی از منابع آب زیرزمینی، همچنان شاهد پدیده‌هایی نظیر فرونشستهای منطقه‌ای و به دنبال آن آسیب‌های جبران‌ناپذیر در منطقه خواهیم بود.

#### ۶- نتیجه‌گیری

امروزه این موضوع به اثبات رسیده است که برداشت بیش از اندازه‌ی آب زیرزمینی با ایجاد افت مداوم سطح آب غیر از آسیب‌رسانی به سفره‌های آب زیرزمینی و از دست رفتن یک منبع مهم آب، ممکن است موجب نشست اراضی و وارد آمدن خسارت به ساختمان‌های موجود در منطقه شود. نبود برنامه‌ریزی دقیق و نگرش اصولی به منابع محدود و تجدیدنپذیر آب زیرزمینی در ایران موجب افت شدید سطح آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌های کشور و ایجاد فرونشست در آن‌ها شده است.

یکی از این دشت‌ها، محدوده‌ی مطالعاتی تحقیق حاضر، یعنی شهر دامنه است. این محدوده از سال ۱۳۸۵ تا به امروز با افت شدید سطح آب زیرزمینی، با فرونشست زمین در نواحی مسکونی، کشاورزی و صنعتی نیز روبه‌رو شده است. از این رو نویسندگان لازم دیدند به بررسی میزان تأثیر افت سطح آب زیرزمینی بر ایجاد فرونشست‌های یادشده بپردازند و عوامل مختلف اثرگذار بر فرونشست در محدوده‌ی مورد مطالعه را بررسی نمایند. نتایج این تحقیق نشان داد که بین برداشت بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی و بروز فرونشست در منطقه ارتباط بسیار نزدیکی برقرار است. یکی از عوامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی در منطقه‌ی



شکل ۸- هیدروگراف کلی محدوده‌ی دامنه- داران

در منطقه طی سالیان اخیر باشد. بنا بر بررسی‌های کارگروه زلزله‌ی مسکن و شهرسازی و نیز شورای فنی استانداری استان اصفهان، زلزله‌هایی با بزرگای ۴/۵ و ۳/۵ در مقیاس امواج درونی زمین که به ترتیب در ورزنه از توابع شهرستان گلیگان (۶۰ کیلومتری شمال دامنه) و خوانسار رخ داده‌اند، در دامنه نیز احساس شدند. اما درز و شکاف‌های متعدد مشاهده‌شده در این شهر نمی‌تواند ناشی از عملکرد این زلزله‌ها یا حتی پدیده‌ی زمین‌لغزش باشد (گزارش فرونشست زمین و خسارات وارده در شهر دامنه، ۱۳۹۴؛ گزارش فرونشست زمین در شهر دامنه، ۱۳۹۳).

آنچه از بررسی داده‌های مختلف مربوط به آمار تغذیه و تخلیه‌ی آب زیرزمینی در منطقه‌ی مورد مطالعه برمی‌آید، این است که بروز خشک‌سالی و بهره‌برداری شدید از منابع آب زیرزمینی منطقه در فاصله‌ی سال‌های ۸۶-۸۵ تا ۹۳-۹۲، سطح آب زیرزمینی را با افت قابل توجهی مواجه ساخته است که این می‌تواند بحرانی جدی برای منطقه‌ی مورد مطالعه تلقی شود.

اصلاح روش‌های مدیریت منابع آب (بر مبنای تجربه سایر کشورها) به عنوان راهکار دراز مدت این بحران می‌باشد که قطعاً

## ۸- مراجع

- شرکت سهامی آب منطقه‌ای اصفهان، دفتر مطالعات پایه‌ی منابع آب، (۱۳۹۴)، "بیان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌ی آبریز گاوخونی منتهی به سال آبی ۹۰-۱۳۸۹"، جلد پنجم، ارزیابی منابع آب، ضمیمه‌ی شماره‌ی ۱۴: گزارش بیان منابع آب محدوده‌ی مطالعاتی دامنه و داران (کد ۴۲۱۴).
- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، (۱۳۹۳)، "گزارش فرونشست زمین در شهر دامنه"، گروه تلفیق و بیان، دفتر مطالعات پایه‌ی منابع آب.
- بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان اصفهان، (۱۳۹۴)، "گزارش فرونشست زمین و خسارات وارده در شهر دامنه"، معاونت بازسازی و مسکن روستایی.
- شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، (۱۳۹۴)، "گزارش مطالعات ژئوتکنیک، پروژه‌ی فرونشست شهر دامنه"، شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و اداره کل آزمایشگاه استان اصفهان.
- Alipour, S., Motgah, M., Sharifi, M.A., and Walter, T.R., (2008), "InSAR time series investigation of land subsidence due to groundwater overexploitation in Tehran, Iran", Second Workshop on Use of Remote Sensing Techniques for Monitoring Volcanoes and Seismogenic Areas, Naples, USRESt, 1-5.
- Bouwer, H., (1977), "Land subsidence and cracking due to ground-water depletion", Ground Water, 15(5), 358-364.
- Carillo, N., (1948), "Influence of artesian wells on the sinking of Mexico City", Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 7, Rotterdam.
- Galloway, D.L., and Burbey, T.J., (2011), "Review: regional land subsidence accompanying groundwater extraction", Hydrogeology Journal, 19(8), 1459-1486.
- Gambolati, G., Ricceri, G., Bertoni, W., Brighenti, G., and Vuillermin, E., (1991), "Mathematical simulation of the subsidence of Ravenna", Water Resources Research, 27(11), 2899-2918.
- Hu, R.L., Yue, Z.Q., Wang, L.C., and Wang, S.J., (2004), "Review on current status and challenging issues of and subsidence in China", Engineering Geology, 76(1), 65-77.
- Larson, K.J., Basagaoglu, H., and Marino, M.A., (2001), "Prediction of optimal safe ground water

مورد مطالعه را می‌توان عدم استفاده‌ی درست منابع آب در مصارف کشاورزی دانست؛ زیرا دامنه و نواحی اطراف آن یکی از قطب‌های کشاورزی استان اصفهان به شمار می‌آیند. بر این مبنا می‌توان نگرشی نو به الگوی کشت منطقه و اصلاح روش‌های مدیریت منابع آب را یکی از راهکارهای درازمدت کاهش افت سطح آبریززمینی به شمار آورد. به‌عنوان راهکاری دیگر می‌توان جلوگیری از ادامه‌ی فعالیت چاه‌های غیرمجاز را پیشنهاد داد. در صورتی که نزول سطح آب زیرزمینی کاهش نیابد، برای همیشه شاهد از دست رفتن بخش عظیمی از منابع آب و بر هم خوردن ساختار سفره‌ی آب زیرزمینی و پیامدهای نامطلوب و جبران‌ناپذیر فرونشست در منطقه خواهیم بود.

بر این اساس لازم است ضمن آگاه‌سازی مردم منطقه از شرایط بحرانی آب، اقدامات لازم برای جلوگیری از برداشت‌های نادرست و همچنین تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان اندیشیده شود. روشن است که وجود سامانه‌های کارآمد پایش آب زیرزمینی، نقش مهمی در جلوگیری از عواقب ناشی از کمبود آب در این منطقه و سایر مناطق کشور خواهد داشت. علاوه بر این به منظور پیشگیری از بروز صدمات انسانی ناشی از نشست سازه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه، ضروری است ضمن بررسی جامع محدوده‌ی مورد مطالعه و شناسایی مناطقی که بیش از سایر بخش‌ها با خطر نشست مواجه هستند، سازه‌های در معرض خطر ریزش، در دست تعمیر قرار گیرند یا در صورت لزوم تخلیه شوند. امید است که تحقیق حاضر گامی مؤثر جهت شروع برنامه‌ریزی برای مدیریت صحیح مصرف منابع آب و به دنبال آن کاهش تدریجی خسارات حاصله در منطقه‌ی مورد مطالعه باشد.

## ۷- تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از دفتر مطالعات پایه‌ی منابع آب سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان و همچنین معاونت بازسازی و مسکن روستایی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان اصفهان به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات کامل منابع برداشت و رصد آب زیرزمینی و گزارش‌های فرونشست در منطقه‌ی مورد مطالعه، قدردانی نمایند.

- special reference to the San Joaquin and Santa Clara Valleys”, Ph.D. Dissertation, Stanford University, Palo Alto, California.
- Quanlong, W., (2006), “Land subsidence and water management in Shanghai”, Master Thesis, Delft University, Netherlands.
- Waltham, A.C., (1989), Ground subsidence, Blackie & Son Limited, 1<sup>st</sup> Edition.
- Zhou, G.Y., and Esaki, T.J., (2003), “GIS based spatial and predication system development for regional land subsidence hazard mitigation”, *Environmental Geology*, 44(6), 665-678.
- Zhu, L., Gong, H., Li, X., Wang, R., Chen, B., Dai, Z., and Teatini, P., (2015), “Land subsidence due to groundwater withdrawal in the northern Beijing plain, China”, *Engineering Geology*, 193, 243-255.
- yield and land subsidence in the Los Banos–Kettleman City area, California, using a calibrated numerical simulation model”, *Journal of Hydrology*, 242(1), 79-102.
- Lofgern, B.E., (1969), “Field Measurement of aquifer system compaction, Sanjoaquin Balley, California”, *Tokyo Symposium on Land Subsidence, IASHUNSCO*, 272-284.
- Mahmoudpour, M., Khamsehchiyan, M., Nikudel, M.R., and Ghassemi, M.R., (2016), “Numerical simulation and prediction of regional land subsidence caused by groundwater exploitation in the southwest plain of Tehran, Iran”, *Engineering Geology*, 201, 6-28.
- Motagh, M., Shamshiri, R., Haghighi, M.H., Wetzel, H.U., Akbari, B., Nahavandchi, H., and Arabi, S., (2017), “Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeast Iran, using InSAR time-series and in situ measurements”, *Engineering Geology*, 218, 134-151.
- Motagh, M., Walter, R.T., Sharifi, M.A., Fielding, E., Schenk, A., Ander-ssohn, J., and Zschau, J., (2008), “Land subsidence in Iran caused by widespread water reservoir over exploitation”, *Geophysical Research Letters*, 35(16), 403–412.
- Mousavi, S.M., Shamsai, A., Naggar, M.H.E., and Khamsehchian, M., (2001), “A GPS-based monitoring program of land subsidence due to groundwater withdrawal in Iran”, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 28(3), 452-464.
- Omidvar, K., (2014), *Natural hazards*, Yazd University Press.
- Pacheco, J., Arzate, J., Rojas, E., Arroyo, M., Yutis, V., and Ochoa, G., (2006), “Delimitation of ground failure zones due to land subsidence using gravity data and finite element modeling in the Queretaro valley, Mexico”, *Engineering Geology*, 84(3), 143-160.
- Phien-Wej, N., Giao, P.H., and Nutalaya, P., (2006), “Land subsidence in Bangkok”, *Thailand Engineering Geology*, 82(4), 187-201.
- Poland, J.F., (1981), “The occurrence and control of land subsidence due to groundwater withdrawal with



## Nozzles, A Practice of Improvement in Tehran's Jalalieh Water Treatment Plant

Jamshid Cheraghi<sup>1\*</sup>, Mehrshad Samadi<sup>2</sup>

1- Former director, Department of Tehran's Water Treatment Plants (Practice possessor)

2- Head, Office of Research and Efficiency Improvement, Tehran Province South western Water and Wastewater Company (Practice author)

نازل ها (یک تجربه در مورد ارتقای تصفیه خانه آب جلالیه تهران)

جمشید چراغچی: مدیر اسبق امور تصفیه خانه های تهران (صاحب تجربه)

مهرشاد صمدی: سرپرست دفتر پژوهش و بهبود بهره وری شرکت آب و فاضلاب جنوب غربی استان تهران (نگارنده تجربه)

### Abstract

One of the essential orders in today's organizations, are knowledge management. Acquiring tacit knowledge of experts in the organization and transforming it into explicit knowledge with more possibility and simplicity for sharing compared to its original implicit form, is amongst the most important processes in knowledge management. In this paper, a practice on improvement of Tehran's Jalalieh water treatment plant regarding the filter nozzles is authored. It can be a useful paper to those in management and operation of water treatment plants.

**Keywords:** Knowledge management, knowledge harvest, Practice, Water treatment plant, Nozzle.

### ۱- مقدمه

لازمه به اشتراک گذاری دانش و تجربیات حرفه ای خبرگان سازمان ها (چه شاغل و چه بازنشسته)، تبدیل این دانش (که در ذهن افراد می باشد) به دانش صریح و مستند است. بهبود مستمر کیفیت خروجی تصفیه خانه های آب یکی از نیازمندی های همیشگی شرکت های آب و فاضلاب است. داشتن دانش روز برای مسئولین برای تعریف و اجرای برنامه های بهبود، حائز اهمیت است. علاوه بر متونی چون کتاب ها و مقالات پژوهشی، نگارش تجربیات خبرگان می تواند در تأمین چنین دانشی برای مسئولین، مفید باشد. در این مقاله، سعی شده چکیده دانش حاصله یکی از اقدامات انجام شده در راستای ارتقای تصفیه خانه آب جلالیه تهران ارائه شود. روش بکار گرفته شده در

### چکیده

یکی از نظام های ضروری در سازمان های امروزی، مدیریت دانش است. اکتساب دانش ضمنی خبرگان سازمان و تبدیل آن به دانش صریح که قابلیت و سهولت به اشتراک گذاری بیشتری نسبت به دانش ضمنی دارد، از مهمترین رویه ها در مدیریت دانش می باشد. در این مقاله، نمونه ای از تجربیات حاصل از ارتقای تصفیه خانه آب جلالیه تهران در خصوص نازل های صافی نگاشته شده است. این مقاله می تواند برای مدیران و کارشناسان بهره برداری تصفیه خانه های آب مفید باشد.

**واژگان کلیدی:** مدیریت دانش، اکتساب دانش، تجربه، تصفیه خانه آب، نازل.

### توضیح:

با هدف ایجاز در ارائه مطلب، از ذکر زمان و تاریخ در مقاله خودداری شده است. همچنین چنانچه در متن صرفاً از کلمه «تصفیه خانه» استفاده شده باشد منظور «تصفیه خانه آب» است. با توجه به محدودیت حجمی مقاله، از ذکر کلیه استانداردها در خصوص تصفیه خانه های آب خودداری شده و خواننده با مراجعه به استانداردهای بین المللی موجود می تواند از حدود آن مطلع شود. مطالب مقاله با فرض اطلاع کلی خواننده از عملکرد اجزای تصفیه خانه نگاشته شده و از ذکر تعاریف صرف نظر شده است.

این تحقیق، بر اساس ابزارهای معمول در کسب دانش ضمنی خبرگان از جمله روش داستان سرایی و تکنیک مصاحبه می باشد.

**ضرورت کلی:** اغلب تصفیه خانه های آب کشور با طراحی دهه پنجم قرن بیستم احداث شده اند که در آن زمان استاندارد خروجی از تصفیه خانه آب تا 5 NTU مجاز بوده است لکن استاندارد کیفیت آب شرب در جهان از سال ۱۹۹۳ میلادی به شدت ارتقاء یافته بطوری که خروجی تصفیه خانه آب بیشتر از 0.5 NTU غیر قابل شرب اعلام شده و تمامی کشور ها تلاش برای رسیدن به 0.1 NTU را در برنامه کاری خود دارند ، لذا ضروری است تصفیه خانه های آب موجود در کشور جهت رسیدن به استانداردهای روز مورد بازبینی و در صورت لزوم ارتقاء یابند .

**آخرین استاندارد:** طبق تغییرات مربوط به ضوابط تصفیه آبهای سطحی آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (IESWTR)، استاندارد برای تصفیه آب به این گونه اعلام شد: «در مورد سیستم های آبهای سطحی که بیشتر از ۱۰۰۰۰ نفر جمعیت را تحت پوشش دارند، از اول ژانویه ۲۰۰۲، کدورت نباید از 1 NTU فراتر رفته و در ۹۵٪ نمونه های روزانه که از ترکیب خروجی های صافی ها در هر ماه گرفته میشود، نباید از 0.3 NTU تجاوز کند». به طور کلی در حال حاضر تصفیه خانه ای مورد تأیید است که تعداد ذرات خروجی آن حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ ذره در یک میلی متر باشد. عملاً وجود ذرات بیشتر از این تعداد به معنی ضرورت بازسازی در تصفیه خانه است.

**ضرورت کنترل کدورت در تصفیه خانه:** کدورت تنها یک پارامتر به دست آمده از عکس العمل ذرات موجود در آب نسبت به نور است. اگرچه میزان تزریق داروهای منعقدکننده و کمک منعقد کننده بر کدورت آب استوار است، اما پایین بودن کدورت تنها شرط لازم و نه شرط کافی برای سلامت آب خروجی از تصفیه خانه است. به طور کلی کنترل مداوم کدورت، شناخت فرایند تصفیه و انجام تغییرات به موقع از الزامات برای مدیران و بهره برداران از تصفیه خانه می باشد.

**تصویب ارتقای تصفیه خانه جلالیه:** با توجه به تغییرات استانداردهای بین المللی در مقایسه با استانداردهای زمان ساخت تصفیه خانه، مدیریت تصفیه خانه های آب تهران تصمیم بر بازنگری فنی تصفیه خانه آب جلالیه را اتخاذ نمود.

**تغییرات ایجاد شده برای بهبود به تفکیک بخش های عملکردی و تجهیزات:** از مهمترین بخشهایی که در آنها بهبود داده شد می توان به بخش کنترل سرعت آب، دریچه های ورودی آب به صافی ها، تعویض شن و ماسه از جهت دانه بندی، نازلها، کنترلر سیفون ها، آشغالگیرها، شیرهای صافی ها و ... اشاره کرد که در این مستند، به مقوله تعویض نازلها پرداخته می شود.

#### نازل:

**مشکلات مشاهده شده:** شکستگی نسبتاً زیاد نازل (شکل



شکل ۱- نرخ بالای شکستگی در نازل ها (محل نازل های شکسته شده با فلش نشان داده شده است)



شکل ۲- نتیجه شکستن کلاهک نازل

نازل بدون ساقه، بالشتک هوا وجود ندارد و شیار کلاهک نازل ۰/۶ میلیمتر و دارای ۱۰ شیار بوده است. ضمناً کلاهک نازل طوری طراحی شده که دانه های ریز ماسه منفذ عبور آب را مسدود نمی نماید.

برای توزیع یکنواخت هوا، لوله های مشبک توزیع در تمامی سطح زیر اسلب صافی وجود داشته است (LATERAL) که تعدادی از این لوله ها با توجه به محدودیت ها و مقتضیات در تعمیرات و نگهداری، بریده شده است (شکل ۳). استفاده از نازل های بدون ساقه و ساقه دار (شکل ۴) موجب ایجاد عدم یکنواختی در توزیع آب و هوا شده است و باید از یک نوع نازل استفاده شود. تغییر نوع نازل یا استفاده همزمان از دو نوع نازل باعث کاهش کیفیت خروجی نهایی صافی می شود. در مورد مطالعه شده در این مقاله، فاصله نابرابر انتهای نازل ها از سطوح زیرین صافی باعث فرار ماسه در شستشو شده که دلیل آن ورود هوا از انتهای ساقه و بیش از حد مجاز می باشد.

**اقدام های انجام شده:** با مقایسه هزینه نصب مجدد لوله های توزیع هوا در بخش زیر صافی، در مقایسه با هزینه تعویض نازل های موجود، درخواست تهیه نازل از جنس پلی پروپیلن کوپلیمر صادر و تمهیدات زیر برای حصول اطمینان از کیفیت قطعات تحویلی به کار گرفته شد:

(۱). به طور مثال در یک صافی به تعداد ۵۱ نازل شکسته در یک حفاری مشاهده شده که قابل توجه می باشد. شکستن کلاهک نازل می تواند باعث فرار ماسه از صافی در دو بخش زیر صافی و حوضچه جمع آوری آب شستشو شود (شکل ۲).

**ریشه یابی مشکل:** با بهره گیری از دانش شخصی خبره در صنعت پلاستیک و با مقایسه نازل ها با نازل های مورد استفاده در تصفیه خانه شماره ۳ تهران (که مشکل مشابه نداشتند)، جنس نازل های به عنوان یک عامل اصلی شناسایی شد. نازل های دارای مشکل از نوع پلی اتیلن بوده که در مقابل فشارها و تنش های ناشی از پیچ شدن مقاومت مناسبی نداشته است به طوری که حد شکستگی تنش پیچشی نازل استاندارد ۳۰ نیوتن متر و نازل های موجود ۱۰ نیوتن متر بود. بنابراین تصمیم بر تغییر جنس نازل از پلی اتیلن به پلی پروپیلن گرفته شد، زیرا پلی پروپیلن اصطلاحاً «سخت شده» مقاومت بسیار بیشتری دارد (مانند نازل در تصفیه خانه های ۳ و ۴).

در خصوص فرار ماسه، علاوه بر شناسایی شکستگی کلاهک ها به عنوان یک عامل، ضمن مقایسه وضعیت با شرایط تصفیه خانه در زمان ساخت، مشخص شد نازل بدون ساقه منصوبه در تیپ صافی AQUAZUR-N با نوع نازل به کاررفته در نوع صافی AQUAZUR-T نازل ساقه دار جایگزین شده است. در



شکل ۳- لوله های توزیع هوای بریده

۴- استفاده همزمان از دو نوع نازل

- به عنوان یکی از مشخصه های فنی اعلام شد که باید همه شیارهای کلاhek نازل یک اندازه باشد، زیرا بر حسب تجارب قبلی ثابت شده بود عدم رعایت این ویژگی منجر به عدم یکنواختی توزیع آب و هوا می شود.

- برای کسب تجربه فنی لازم (از طریق انتقال تجربه)، ساخت قالب نازل ها به یک کشور صاحب دانش در این زمینه ارجاع شد.

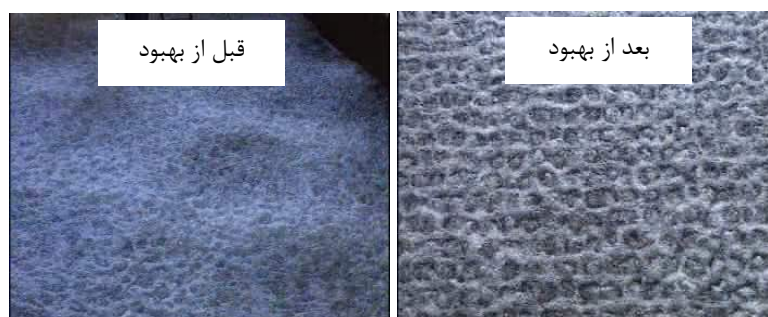
- قطعات از جنس پلی اتیلن با استفاده از حرارت به یکدیگر متصل می شوند، ولی چنین امری برای قطعات پلی پروپیلن مصداق نداشته و برای اتصالات ایجاد شده با گرما، احتمال انفصال بالا است. بنابراین با بررسی فناوری های موجود، از دستگاه جوش اولتراسونیک برای اتصال کلاhek به ساقه استفاده شد.

مجموعه اقدامات انجام شده برای بهبود (از جمله فعالیتهای انجام شده در خصوص نازل ها) منجر به توزیع مناسب آب و

هوا در صافی و در نهایت بهبود کیفیت خروجی تصفیه خانه با کدورت نهایی 0.176 NTU (پس از اصلاح ۱۲ صافی) شد (شکل ۵).

**نتیجه گیری:** حسب تجارب حاصله، مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر انتخاب نازل های صافی در تصفیه خانه های آب (شکل ۶) به شرح زیر است:

- جنس نازل: در نوع پلاستیکی باید از ماده ای مقاوم با عمر طولانی و نشکن مانند پلی پروپیلن سخت شده استفاده شود،
- نوع و اندازه شیار های روی کلاhek: رعایت اندازه های شیار ها در کلاhek و یکسانی اندازه آنها رعایت شود،
- شکل پایه شیارها: رعایت قوانین عبور ماسه کوچک از پایه ها و عدم انسداد شیار کاملاً ضروری است،
- طول، قطر و تعداد شیارها در ساقه: رعایت مشخصات نازل برای دستیابی به سرعت عبور آب و هوای یک نواخت طراحی



شکل ۵- افزایش یکنواختی توزیع آب و هوا



شده، یکی از اصول است،

- نحوه تولید و نصب: نحوه تولید نازل در کارخانه های سازنده در تمامی جهان باید براساس رعایت کلیه اصول فنی، مهندسی، دانش روز و بر اساس دستورالعمل ارتقای سازمان بهداشت جهانی باشد،

- استاندارد رزوه: رزوه در نازل باید مطابق دنده روی اسلب باشد،  
- رنگ نازل: باید ترجیحا تیره رنگ باشد (به منظور اجتناب از مشکل اشعه خورشید)،

- نحوه اتصال کلاهک به ساقه: به جای چسب یا حرارت بهتر است از جوش اولترا سونیک استفاده شود،

- عدم استفاده از شیر در پایه: به جای شیر از منفذ (اوریفیس) استفاده شود،

- در یک صافی، از یک نوع نازل استفاده شود،

- از تغییر نوع نازل منصوبه اجتناب شده و در صورت نیاز به تغییر، مراتب کاملا بررسی شود.

ضروری است مسئولین امر با در نظر گرفتن شرایط کاری هر تصفیه خانه، به طور هوشمندانه در گزینش نازل مناسب اقدام نمایند (شکل ۷):

- فاصله یکنواخت نازل ها در تمامی بستر رعایت شود،

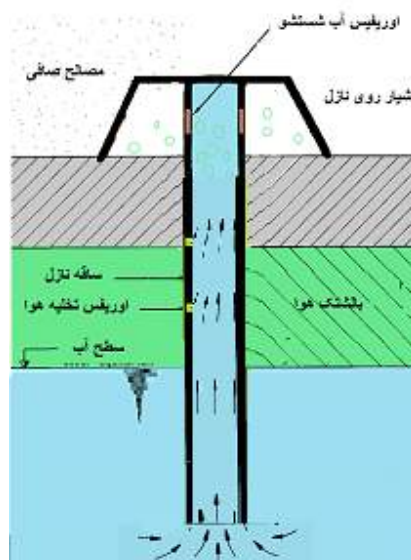
- فاصله نازل با دیواره های بستر رعایت شود،

- شکل دیواره با اولین ردیف نازل ها رعایت شود،

- فضای مرده بین نازل ها باید حتما مورد بررسی و حذف قرار گیرد.



شکل ۶- انواع نازل های مصرفی در یک صافی



شکل ۷- نمای داخلی نازل و چگونگی عملکرد آن





## آقای مهندس قانع معاون مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

**\* لطفا یک معرفی کلی از ساختار شرکت مهندسی و نیز معرفی اجمالی از سوابق اجرایی و مدیریتی خود ارائه فرمایید.**

- شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به عنوان یک شرکت مادر تخصصی زیرمجموعه وزارت نیرو با تصویب قانون، در سال ۱۳۶۹ تأسیس و مسئولیت مدیریت سهام و راهبری شرکتهای آب و فاضلاب استانی به تعداد ۶۷ شرکت و مسئولیت اعمال وظایف حاکمیتی را در صنعت آب و فاضلاب را بر عهده دارد. این شرکت دارای ۴ معاونت می باشد که اینجانب در حال حاضر مسئولیت حوزه معاونت مهندسی و توسعه این شرکت را عهده دار هستم. از سال ۱۳۸۴ نیز به مدت ۵ سال به عنوان معاون بهره برداری و عضو اصلی هیئت مدیره فعالیت داشته ام. همچنین از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ در ستاد وزارت نیرو به عنوان مدیرکل دفتر نظام های بهره برداری آب و آبفا مشغول بودم. لازم به ذکر است اینجانب بعد از فارغ التحصیلی از دانشگاه صنعتی اصفهان و از ابتدای تشکیل شرکتهای آب و فاضلاب به عنوان کارشناس فنی و معاون مهندسی شروع به کار کردم و حدود ده سال به عنوان مدیرعامل در شرکتهای آب و فاضلاب استان لرستان، مرکزی و کاشان افتخار خدمت داشتم.

**\* لطفا وضعیت آب و فاضلاب کشور در حال حاضر را تشریح کرده و چشم انداز آتی در برنامه ششم توسعه کشور را برای این بخش بیان کنید.**

- صنعت آب و فاضلاب کشور دهه سوم عمر خود را طی می کند و هر چند به هدف اصلی و فلسفه وجودی تشکیل خود دست پیدا نکرده است، اما در قیاس با دیگر سازمان های مشابه به سرعت رشد و توسعه پیدا کرده و علیرغم محدودیتهای، شرکتهای

به نسبت، خدمات ارزشمندی در این بخش ارائه نموده اند. در برنامه ششم توسعه در ماده ۳۶ بر اصلاح نظام بهره برداری آب آشامیدنی، ارتقاء بهره برداری استحصال و بهره برداری مصرف و توسعه آب شیرین کن ها به ویژه در جنوب کشور تأکید شده است. انتقال فناوری از طریق جهاد دانشگاهی، دانشگاه ها و مراکز پژوهشی و شرکتهای دانش بنیان و مدیریت هوشمند جزء وظایف وزارت نیرو طی برنامه ششم می باشد. در ماده ۳۷ به افزایش پوشش شبکه های فاضلاب پرداخته شده است. همچنین استفاده از سرمایه گذاری بخش خصوصی داخلی و خارجی و استفاده از پساب فاضلاب های تصفیه شده مورد تأکید است.

در طی برنامه ششم در قالب طرح های آبرسانی شهرها و روستاها، باید ۶۹۰ میلیون مترمکعب تأمین آب صورت گرفته و ۷۴ میلیون مترمکعب ظرفیت استحصال آب از دریا افزایش یابد. تعداد ۱۰ باب تصفیه خانه آب باید ارتقاء و نوسازی شده و ۶۵ کیلومتر خطوط انتقال نیز باید بازسازی شود. همچنین ۲۳۶ میلیون مترمکعب استفاده از پساب های تصفیه شد، یکی از تکالیف این برنامه است.

**\* نقش شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در سامان دهی و راهبری وضعیت آب و فاضلاب کشور را توضیح دهید.**

- شرکت مهندسی با ارائه سیاست های کلی و برنامه ریزی کلان، خط مشی اصلی شرکتهای زیرمجموعه را ترسیم کرده و طی سال با نظارت بر عملکرد شرکتهای نسبت به ارزیابی و تخصیص منابع اقدام می کند. تدوین دستورالعمل ها، معیارها و استانداردهای مورد نیاز شرکتهای به عهده شرکت مهندسی است. آموزش نیروها و تعامل بین دولت و مجلس برای تصویب قوانین و مقررات نیز جزو وظایف این شرکت است.

**\* لطفا دیدگاه خود در مورد آسیب شناسی وجودی و عملکردی شرکتهای آبفا بعد از ۲۵ سال را بیان کنید.**

- در بحث آسیب شناسی شرکتهای باید به قانون تشکیل شرکتهای و اهداف کسانی که در تصویب قانون و تأسیس شرکتهای دخیل بودند توجه کرد. آنچه که مسلم است همه دست انرکاران تشکیل شرکتهای اذعان داشتند که شرکتهای آبفا باید به صورت

غیردولتی و خودگردان اداره شوند. اما بعد از دهه اول تشکیل شرکتها از این هدف کمی دور شدیم و بیشتر اداره شرکتها متکی به منابع دولتی شد و از خودگردانی واقعی که هزینه قیمت تمام شده آب را به قیمت فروش نزدیک کنیم و بهره‌وری شرکتها بالا برود فاصله گرفتیم. دخالت سیاسیون به ویژه مقامات محلی در شرکتها به ویژه توصیه‌های غیرفنی و غیرمنطقی، شروع پروژه‌های غیرضرور و اعمال نظرات غیرکارشناسی کار را برای همکاران ما بسیار سخت کرده است. نگرش وزارت نیرو هم به شرکتها و فلسفه وجودی این شرکتها خیلی نتوانست سیر واقعی شرکتها را جهت دهی و ساماندهی کند.

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

- در بخش آموزش و تحقیقات فعالیت‌های زیادی در صنعت آب و فاضلاب در حال انجام است اما شاید اثربخشی مورد انتظار را نداشته باشد. دلیل اصلی آن عدم ارزیابی و اولویت‌بندی مباحث آموزش و تحقیقات است و این موضوع به نظر مورد غفلت جدی می‌باشد. اما با وجود ارتباطات موجود بین شرکتها و دانشگاهها، باز این ارتباط از نظر کمی و کیفی مورد رضایت دو طرف نیست. به نظر من اولین علت، فاصله تفکر و نگرش به موضوعات مبتلابه در صنعت بین اساتید محترم و همکاران ما در شرکتهاست. اساتید کمتر به موضوعات کاربردی و مبتلابه توجه می‌کنند و عمده تحقیقات و پرویزالهای ارائه شده رویکرد بنیادی داشته و یا خیلی موضوع و مشکل روز شرکتها را مرتفع نمی‌کنند. از طرفی همکاران ما هم بعضاً به درستی موضوعات و مشکلات خود را نمی‌توانند تبدیل به پروژه‌های تحقیقات کاربردی کنند.

استفاده از ظرفیت دانشگاهها در قالب پایان نامه‌های کارشناسی ارشد و رساله‌های دکتری از یک طرف و وجود تأسیسات و امکانات از جمله آزمایشگاه‌های بسیار مدرن اطلاعات واقعی در شرکتها می‌تواند هم افزایی ایجاد کرده و اتفاقات بسیار خوبی را رقم بزند.

### **\* شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور چه ارتباط ارگانیک با دانشگاه داشته است؟ چقدر توانسته برای دانشگاه مسئله تعریف کند و چقدر از تحقیقات دانشگاهی را برای رفع مشکلات خود بکار گرفته است؟ واحدهای تابعه**

### **آن شرکت چقدر توانسته اند داده‌های مورد نیاز طرحهای تحقیقاتی دانشگاهی را تأمین کند؟**

- از ابتدای تشکیل شرکتها ارتباط زیادی بین اساتید و دانشگاهیان با شرکت مهندسی و همچنین شرکتهای استانی داشتند، اما شاید ساختار ارگانیکی مناسب و تعریف شده‌ای وجود ندارد. پروژه‌های زیادی در صنعت با دانشگاهها به ویژه شرکتهای استانی انجام داده اند. لازم به ذکر است عمده منابع شرکت مهندسی برای انجام پروژه‌های تحقیقاتی توسط شرکتهای استانی تأمین و با کار فرمایی آنها انجام می‌شود. در تعریف مسئله شرکتها خیلی موفق نبوده‌اند. بنظرم خیلی بهتر و مناسب‌تر می‌توانستیم مسائل را احصاء و تبدیل به پیشنهادیه نماییم.

داده‌های در اختیار شرکتها بسیار فراوان و ارزشمند است، این حجم داده در صورت تحلیل و تحقیق توسط صاحب نظران و اساتید قادر است خیلی از مسایل مبتلابه ما را مرتفع و به بهبود و ارتقاء بهره‌وری صنعت منجر شود.

### **\* چه مقدار از تصمیم گیریها و برنامه ریزیهای کلان در شرکتها آبفا از طریق مشارکت اتاقهای فکر با حضور دانشگاهیان و خبرگان صنعت و انجمنهای علمی انجام می‌شود؟**

- در شرکت مهندسی کمیته‌های زیادی با سابقه بسیار طولانی شکل گرفته و طی سالهای اخیر نیز کمیته‌های جدید با رویکرد جدید شکل گرفته و در همه اینها حضور صاحب نظران خارج از شرکتها به ویژه اساتید دانشگاهها، نمایندگان انجمن‌های تخصصی و حرفه‌ای مشابه جامعه مهندسين مشاور، انجمن متخصصین آب و فاضلاب، انجمن سندیکای شرکتها، ساختمانی و انجمن شرکتها تأسیساتی و دیگر بخش‌های خصوصی به صورت افراد حقیقی و حقوقی در این کمیته‌ها حضور دارند.

البته نباید ما به این کمیته‌ها اتکا کنیم و اگر ارزیابی از عملکرد و اثربخشی اینها نداشته باشیم باز توفیقی حاصل نخواهد شد. برخی از کمیته‌های فعال در شرکت که با حضور فعال اساتید و صاحب نظران برگزار می‌شود. به این شرح است:

کمیته استراتژیک - کمیته اقتصاد و سرمایه‌گذاری - کمیته فنی و اجرای کمیته بهره‌برداری - کمیته HSE - کمیته مشترکین و تعداد زیادی کمیته و کار گروه دیگر

**\* ضرورت وجودی انجمن آب و فاضلاب ایران و ضرورت ارتباط نزدیک و پویای شرکت مهندسی ( و شرکتهای آبفا) و انجمن از دیدگاه شما چیست؟ به نظر شما چرا وقتی ارگانهای مرتبط مثل انجمنهای علمی وجود دارند شرکتهای آبفا کماکان بطور مستقیم در برگزاری همایشها، نمایشگاهها، دوره های آموزشی و انتشار کتاب و مجلات درگیر می شوند؟**

- وجود هر شکل غیردولتی در صنعت می تواند نقش آفرین باشد. تأسیس انجمن علمی آب و فاضلاب ایران به لحاظ تمرکز بر موضوعات علمی و استفاده از ظرفیت های دانشگاهیان می تواند نقش بسیار زیادی در صنعت داشته باشند. البته هنوز تعامل و تفاهم کافی بین انجمن آب و فاضلاب ایران و شرکت مهندسی ایجاد نشده و انتظار هم نداریم در این زمان کوتاه این اتفاق بیافتد. البته حضور انجمن علمی در برگزاری همایش ها و کارگاه های آموزشی طی این مدت کار ارزشمندی است که انجام شده است.

**\* علت وجود تفکر سازه ای برای تامین آب بیشتر (بخصوص در حوزه معاونت فنی و توسعه) و تمرکز کمتر بر مدیریت مصرف و تقاضا در برنامه های کلان شرکتهای آبفا چیست؟**

- شرکت مهندسی دارای ساختار مشخص و تعریف شده است. معاونت مهندسی و توسعه عهده دار است توسعه تأسیسات است. به ویژه به لحاظ حجم بالای پروژه های نیمه تمام، قطعاً باید تمرکز خود را در ایجاد طرحهای عمرانی داشته باشد. در کنار این فعالیت ها معاونت بهره برداری با تمرکز بر فعالیتهای بهره برداری از تأسیسات وظیفه اصلی مدیریت مصرف و تقاضا را به عهده دارد و یک دفتر مشخص نیز روی این موضوع متمرکز شده و فعالیتهای بسیار ارزشمندی را انجام داده و می دهد.

**\* مهمترین چالشهای پیش رو در حوزه آب و فاضلاب در کشور را چه می دانید؟**

- مهمترین چالش در حوزه آب و فاضلاب در حال حاضر این موارد می باشند:  
\* خشکی ذاتی اقلیم و کمبود یا کاهش منابع آب  
\* افزایش تقاضای آب به دلیل رشد جمعیت و فعالیت و رشد

نسبی مصرف

\* عدم امکان اعمال برنامه های مدیریت تقاضا مصرف به دلیل  
\* ضعف زیر ساختی تأسیسات، ضعف قوانین و مقررات و صعوبت کاهش هدر رفت.  
\* افزایش مستمر فاصله منابع آب از محل مصرف و گرانی طرحهای توسعه و هزینه های نگهداری  
\* نازل بودن تعرفه ی آب و عدم تکافوی درآمدها برای راهبری مناسب تأسیسات

**\* چرا تلاش لازم توسط مسئولین شرکت مهندسی برای توجیه ضرورت واقعی شدن قیمت آب در ارگانهای تصمیم گیری کشور انجام نشده است و وضعیت منفی مالی شرکتهای آبفا روز به روز وخیم تر می شود؟**

- تلاش زیادی برای توجیه مسئولین صورت گرفته ولی به دلایل مختلف این تلاشها موفق آمیز نبود از جمله:  
الف) شرکت مهندسی و وزارت نیرو در بدنه دولت بوده و شاید برش کافی را نداشته اند و اگر واقعیت های صنعت از زیان افراد صاحب نظر و مورد وثوق به ویژه انجمن های مرتبط و اساتید دانشگاهها مطرح شود کارآمدتر خواهد بود.  
ب) تاکنون از شیوه های علمی برای توجیه این موضوع استفاده نشده است. البته اخیراً با هماهنگی یکی از اساتید محترم دانشگاه در قالب پروژه، تعادل عمومی قابل محاسبه با یک روش علمی و بین المللی اثر تغییر تعرفه ها بررسی شد، و برای اولین بار ما قادر هستیم اثرات تغییرات تعرفه آب را در بخش های مختلف اقتصادی توسط یک نرم افزار بسیار قوی کاملاً تحلیل کنیم. این دستاورد بزرگی است که امیدواریم در این دولت بتواند نظر مساعد دولتمردان و دست اندرکاران را جلب کرده و تصمیمات منطقی و معقولانه ای گرفته شود.

**\* دلیل عقب افتادگی وضعیت شبکه های جمع آوری و انتقال فاضلاب چیست و چه برنامه ای برای جبران این عقب افتادگی وجود دارد؟**

- دلیل اصلی عقب ماندگی وضعیت شبکه های جمع آوری و انتقال فاضلاب مشکلات مالی است. امروز برای اتمام همین تعداد پروژه های در دست احداث به بیش از ۱۹ هزار میلیارد تومان منابع نیاز است. در حالی که هر ساله در بودجه کمتر از هزار میلیارد به این طرح اختصاص داده می شود و در عمل

### محور کاوش:

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

### اهداف کاوش:

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

### انتظارات مورد نظر از کاوش:

- ارائه ایده های کاربردی مدیریت منابع آبی با استفاده از بازچرخانی آب
- ارائه فناوری و ایده های نوین در بازچرخانی پساب و ارتقا کیفیت پساب جهت تزریق به منابع آبی زیرزمینی و سایر ایده هایی که می تواند راهگشا باشد.

فرهیختگان گرامی می توانند فرم مربوطه را از طریق سایت انجمن آب و فاضلاب ایران (irwwa.ir) دریافت و پس از تکمیل، تا حداکثر دو ماه پس از انتشار مجله، از طریق پست الکترونیکی انجمن آب و فاضلاب ایران به نشانی [info@irwwa.ir](mailto:info@irwwa.ir) به دبیرخانه انجمن ارسال نمایند. پس از جمع آوری و ارزیابی ایده های دریافتی، به ارائه کنندگان ایده های برگزیده، از طرف شرکت آب و فاضلاب استان تهران جوایز نفیسی اهدا می شود.

هم طی دو سال گذشته ریالی نقدینگی به پروژهها تزریق نشد و عمدتاً از طریق اوراق مشارکت اسناد خزانه این پروژهها در دست اجرا است. اگر امکان واگذاری پساب به بخشهای صنعتی و فضای سبز تسهیل شود، با جذب سرمایه گذاریها بخش خصوصی در قالب قراردادهای بیع متقابل امکان تکمیل و بهره بردای از این طرحها فراهم می شود.

### \* وضعیت موجود کیفیت آب و راهکارهای اندیشیده شده برای حفظ کیفیت آب در آینده را ذکر کنید

- کیفیت آب شرب در کشور به صورت عمومی وضعیت خوبی دارد. البته منابع ما روز به روز با کاهش کیفی مواجه می شوند که با جایگزینی و صرف هزینه ای بالا در تصفیه کار را بسیار دشوار کرده است.

### \* چرا بخشی از مردم به فعالیتهای شرکتی آبفا اعتماد لازم را ندارند و در برنامه ریزیهای آن مشارکت فعال ندارند. بطور مثال در کاهش مصرف انگیزه لازم را نداشته و علیرغم هشدارهای مسئولین در مصرف آب تغییرات مورد انتظار اتفاق نمی افتد؟

- عدم مشارکت مردم در کاهش مصرف فقط به دلیل عدم اعتماد نیست، بلکه توجیه اقتصادی برای مردم ندارد که مشارکت کنند. متأسفانه قیمت پایین آب در بخش شرب هیچ انگیزه ای برای کاهش مصرف ایجاد نمی کند. مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد آب باید در ابعاد مختلف فنی مهندسی - فرهنگی و اجتماعی و قوانین مقررات به صورت متوازن به اجرا درآید تا اثر بخش باشد. ناگفته نماند طی دو سه سال گذشته جهشی در بحث تعرفه ها داشتیم و عدم واریز سهم هدفمندی و رشد تعرفه ها بسیار تأثیرگذار بوده است. به موازات آن اکثر شرکتها با استفاده از قانون ایجاد تسهیلات برای طرح آب و فاضلاب از طریق مشارکت مالی مردم، با تصویب شوراهای شهرها منابع قابل توجهی را برای این موضوع دریافت کرده اند که بسیار حائز اهمیت است. برای جلوگیری از وخیم تر شدن وضعیت صنعت باید با تدبیر، سالانه رشد منطقی به تعرفه ها داده شود و از طرفی شرکتها بهره وری خود را نیز بالا ببرند.

## اتصال قابل انعطاف، انبساط و انقباض با دو سر کاسه‌ای - مفصلی

شماره اختراع: ۸۳۷۹۴ مورخ ۱۳۹۳/۶/۱۹

رتبه برتر اولین ایده بازار- فن بازار آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب استان تهران ۱۳۹۴

وی سی و پلی اتیلن فشرده (HDPE)  
طراحی مناسب جهت انحراف و یا انبساط/ انقباض به منظور حفاظت  
از سیستم خط لوله در برابر برش  
جنس از چدن نشکن مطابق استاندارد DIN EN 1563 ISO 1083 و  
ASTMA536  
حداکثر تا ۲۰ درجه انحراف در هر توپ  
به منظور افزایش ظرفیت انبساط می توان از پوشش های انبساط  
اضافی استفاده کرد.  
اتصالات انتهایی می توانند از نوع فلنجی، بولتد گلند، تایتون،  
ساده و یا ترکیبی از دو نوع باشند.

### کاربردترین نقاط نصب اتصالات انعطاف پذیر

- مناطق مستعد جنبش زمین و خاک ناپایدار
- تقاطع های گسل های فعال و مناطق روان شدگی
- ورودی و خروجی مخازن
- ورودی و خروجی حوضچه شیرها
- لوله های متصل به یک ساختمان
- اتصال به خطوط انتقال هوایی مانند پل ها
- مناطق نزدیک جاده ها و سدها
- لوله های عبوری از زیر جاده
- در زیر جعبه بلوک های آبگذر
- اتصال به سازه های زیرزمینی

خطوط لوله ای که از مناطق ناپایدار مانند گسل ها، مرداب ها، محل های دفن زباله، اطراف جاده ها و یا رودخانه ها عبور می کنند، در اثر حرکات زمین در این مناطق، بسیار آسیب پذیرند. این حرکات می توانند به صورت تدریجی یا ناگهانی باشند، و نیروهای برشی و خمشی ای را بر خطوط لوله اعمال کنند. در مناطق نزدیک به سازه ها و یا در داخل سازه ها، که در آن ها ممکن است حرکت تفاضلی رخ دهد، خطوط لوله باید به منظور جداسازی و اصلاح حرکت به گونه ای قابل کنترل در محل تعیین شده مهار و پشتیبانی شوند.

اتصالات انعطاف پذیر شرکت نشکن ریزان آسیا با توانایی در تغییر مکان تا ۲۰ درجه در هر توپ و در هر جهت (جمعاً ۴۰ درجه)، با انبساط و انقباض همزمان تا ۳۰۰ میلی متر، از خط لوله در مقابل تنش های ناشی از نیروها محافظت می کنند. این اتصالات در سایزهای ۵۰ میلی متر تا ۱۲۰۰ میلی متر موجود هستند و می توان آن ها را در خطوط لوله چدن نشکن، فولادی، پی وی سی و پلی اتیلن فشرده (HDPE) استفاده نمود.

تمامی بدنه و قطعات این اتصال به طور کامل از چدن نشکن ساخته می شوند و منطبق با تمام الزامات استاندارد می باشند. نوع پوشش اپوکسی اتصال کاملاً از خوردگی داخلی و خارجی محافظت می کند. این اتصالات در انواع دوتوپ و تک توپ موجود هستند. واحدهای دوتوپ توانایی منحصر به فرد اصلاح میزان قابل توجهی از نشست عمودی را داراست.

| سایز قطعه | میزان انحراف (درجه) |
|-----------|---------------------|
| ۵۰ - ۳۰۰  | ۲۰°                 |
| ۳۵۰ - ۹۰۰ | ۱۵°                 |
| ۱۲۰۰      | ۱۲°                 |

### ویژگی ها و کاربردها

سایز از DN50 تا DN1200

مناسب جهت کاربرد در رده فشار کاری PN10 تا PN25  
مناسب جهت نصب بر روی لوله های چدن نشکن، فولادی، پی





## سیستم تصفیه آب گل آلود در شرایط بحران

شماره اختراع: ۸۲۸۹۶ مورخ ۱۳۹۳/۲/۲۹

ارائه شده در اولین ایده بازار-فن بازار آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب استان تهران ۱۳۹۴

- ارچنگان، ۱۳۹۴، ظرفیت ۲۱۰ متر مکعب در شبانه‌روز
- دستگاه نصب‌شده در روستای قره سنگی شهرستان سرخس، ۱۳۹۴، ظرفیت ۸۶ متر مکعب در شبانه‌روز
- دستگاه نصب‌شده در روستای شور قلعه شهرستان سرخس، ۱۳۹۵، ظرفیت ۸۶ متر مکعب در شبانه‌روز
- دستگاه نصب‌شده در روستای نریمانی سفلی شهرستان رضویه مشهد، ۱۳۹۵، ظرفیت ۸۶ متر مکعب در شبانه‌روز
- دستگاه نصب‌شده در روستای نریمانی علیا شهرستان رضویه مشهد، ۱۳۹۵، ظرفیت ۸۶ متر مکعب در شبانه‌روز



شرکت افق روشن صحرا تولید کننده دستگاه‌های تصفیه و آب شیرین کن اسمز معکوس RO در استان خراسان رضوی و شرق کشور در سال ۱۳۸۳ تأسیس شد. این شرکت به‌عنوان مخترع و تولید کننده فیلتر و دستگاه تصفیه آب‌های گل آلود و سیلاب برای اولین بار در کشور می‌باشد.

سیل پاکستان محرکی بود تا اگر حادثه مشابهی در کشور عزیزمان ایران روی داد، آمادگی مقابله و جلوگیری از خسارات ناشی از این رویداد طبیعی برای مردم به حداقل برسد. این شرکت با کمک و حمایت شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی مطالعات خود را در این زمینه شروع و در سال ۱۳۹۲ موفق به اختراع فیلتر و دستگاه تصفیه سیلاب گردید و در حال حاضر ۱۳ دستگاه در روستاهای استان خراسان رضوی به‌عنوان کاهش‌دهنده کدورت آب رودخانه و حذف جلبک مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

این سیستم محدودیت دبی ندارد و بر حسب سازه و تعداد فیلترها از ۵ تا ۱۰۰ لیتر بر ثانیه کارایی دارد که علاوه بر کاهش کدورت آب‌های بالای ۱۰۰۰ NTU به زیر ۱ NTU، توانایی حذف جلبک‌ها به میزان ۹۵ درصد را دارا می‌باشد و پس از تولید آب با استفاده از دستگاه UV و متعاقباً با کلر گندزدایی می‌شود و در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد.

## مشخصات فنی

- دارای راندمان میانگین ۹۵ درصد در حذف کدورت به مدت حداقل ۱ سال
- دارای توانایی حذف کدورت‌های بالاتر از ۲۰۰۰۰ به کمتر از ۱ (رکورد ۳۲۸۰۰ به کمتر از ۱) بدون نیاز به پیش‌تصفیه
- سیستم شستشوی معکوس اتوماتیک فیلتر توسط PLC
- قابلیت حمل و نقل به نقاط مورد نظر و رفع مشکلات بحران
- قابلیت نصب بر روی تریلر و خودروهای خاص

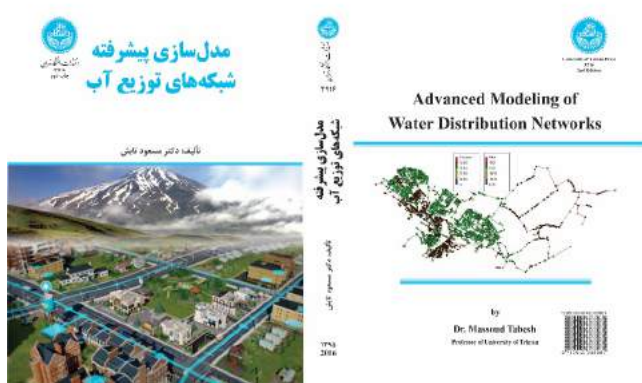
## محل نصب، تاریخ بهره‌برداری، مشخصات فنی تجهیز

- دستگاه کلات نادر نصب‌شده در روستای سلطان آباد ارچنگان، ۱۳۹۳، ظرفیت ۲۱۰ متر مکعب در شبانه‌روز
- دستگاه کلات نادر شماره ۲ نصب‌شده در روستای سلطان آباد

## کتاب مدل سازی پیشرفته شبکه های توزیع آب

تألیف: دکتر مسعود تابش، استاد دانشگاه تهران

انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول و دوم ۱۳۹۵



این کتاب، حاصل بیش از دو دهه تجربه مؤلف در تدریس دروس مرتبط با مهندسی آب و فاضلاب در دوره های مختلف کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری و همچنین تجارب عملی در شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و مهندسان مشاور است. با توجه به خلاء مباحث جدید مطرح در زمینه سامانه های آب و فاضلاب، مطالب کتاب در قالب درس مهندسی آب و فاضلاب پیشرفته تعریف و تدوین شده است و براساس محتوای رساله دکترای مؤلف، استانداردهای تهیه شده توسط مؤلف و بیش از ۵۰ پایان نامه ارشد و رساله دکتری که در طول پانزده سال گذشته با راهنمایی مؤلف در دانشکده فنی دانشگاه تهران انجام شده، تنظیم شده است. مطالب ارائه شده در این کتاب، در هشت فصل به شرح زیر تنظیم شده است:

❁ **فصل اول:** تعریف تقاضا و چگونگی محاسبه نیاز آب در بازه های کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت.

❁ **فصل دوم:** معرفی روابط هیدرولیکی حاکم بر شبکه های توزیع آب و اجزای مختلف شبکه، دسته معادلات مختلف هیدرولیکی و روش های حل مناسب، نحوه تحلیل استاتیکی و دینامیکی شبکه های توزیع آب

❁ **فصل سوم:** روش تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار و معادلات مختلف دبی- فشار و نحوه حل معادلات هیدرولیکی جدید

❁ **فصل چهارم:** تعریف آب به حساب نیامده، اجزای مختلف آن در شبکه های توزیع آب و نحوه محاسبه هریک، روابط مختلف محاسبه نشت و نحوه مدل سازی نشت در شبکه های توزیع آب براساس روش های تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار و مبتنی بر تقاضا

❁ **فصل پنجم:** بررسی مدل سازی کیفی شبکه های توزیع آب

❁ **فصل ششم:** تعریف کالیبراسیون مدل های تحلیل هیدرولیکی و کیفی شبکه های توزیع آب همراه با بررسی و مقایسه کالیبراسیون انواع مدل های تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار و مبتنی بر تقاضا

❁ **فصل هفتم:** معرفی مفهوم قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع آب و ارائه روابط مختلف برای این شاخص در رابطه با اجزای مختلف شبکه توزیع

❁ **فصل هشتم:** بحث و بررسی طراحی بهینه و قابل اطمینان شبکه های توزیع آب، به همراه فرمول های مربوطه و انواع الگوریتم های بهینه سازی

### گزارش خلاصه فعالیتهای انجمن آب و فاضلاب ایران از شهریور ۱۳۹۴ تا اسفند ۱۳۹۵

- ✿ تشکیل مجمع عمومی سالیانه اول و انتخاب هیئت مدیره و بازرسین در شهریور ۱۳۹۴
- ✿ برگزاری ۱۳ جلسه هیئت مدیره
- ✿ انتخابات داخلی هیئت مدیره و تعیین ساختار تشکیلاتی انجمن
- ✿ تشکیل شورای سیاستگذاری اولین کنگره ملی علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران با حضور نمایندگان انجمن، دانشگاه تهران و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور از ابتدای سال و برگزاری بیش از ۲۰ جلسه
- ✿ برگزاری موفقیت آمیز اولین کنگره ملی علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران در بهمن ۱۳۹۵ در دانشگاه تهران
- ✿ برگزاری ۵ کارگاه تخصصی در جنب کنگره
- ✿ برگزاری بازدید از تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران
- ✿ برگزاری نشست مجمع عمومی سالیانه دوم و تصویب برنامه اجرایی یک ساله
- ✿ آغاز انتشار خبرنامه انجمن به صورت ماهانه و انتشار ۱۲ شماره تا انتهای سال
- ✿ تشکیل اولین کمیته تخصصی انجمن با عنوان "تلفات آب" و برگزاری ۲ جلسه تا پایان سال
- ✿ تشکیل اولین شاخه دانشجویی انجمن در دانشگاه تهران
- ✿ آغاز فعالیتهای بین المللی با عضویت رسمی در انجمن جهانی آب (IWA)
- ✿ مشارکت علمی در برگزاری هفدهمین همایش رشد در سطح معاونین فنی و توسعه شرکتهای آب و فاضلاب شهری و روستایی
- ✿ اخذ مجوز انتشار مجله انجمن با عنوان "علوم و مهندسی آب و فاضلاب" با رتبه علمی ترویجی از کمیسیون نشریات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- ✿ ارائه بیش از ۲۰ سخنرانی توسط هیئت مدیره انجمن در محافل علمی
- ✿ برگزاری کارگاه تخصصی PCR در ارومیه
- ✿ برگزاری جلسات هماهنگی با قائم مقام وزیر نیرو، رئیس و معاونین محترم شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و آب و فاضلاب استان تهران
- ✿ مشارکت علمی در برگزاری اولین کنفرانس اقتصاد آب در مردادماه ۱۳۹۵
- ✿ ایجاد کانال تلگرامی انجمن با عضویت بیش از ۵۰۰ نفر تا انتهای سال ۱۳۹۵
- ✿ ایجاد کانال تلگرامی برای کنگره با عضویت بیش از ۳۰۰ نفر
- ✿ ایجاد غرفه در دوازدهمین نمایشگاه صنعت آب و فاضلاب در نمایشگاه بین المللی تهران (مهرماه ۱۳۹۵)
- ✿ ایجاد غرفه در نمایشگاه اولین همایش بین المللی آموزش آب در دانشگاه تهران (آذرماه ۱۳۹۵)
- ✿ ایجاد غرفه در همایش مدیریت تقاضا در دانشگاه صنعتی اصفهان (آذرماه ۱۳۹۵)
- ✿ به روزرسانی مستمر سایت انجمن با بازدید ۲۰۰ نفر در طول روز به طور متوسط
- ✿ برگزاری مسابقه پایان نامه برتر در حوزه علوم آب و فاضلاب و انتخاب و تقدیر از ۳ پایان نامه برتر در مقطع کارشناسی ارشد و ۳ رساله دکترا
- ✿ تقدیر از پیشکسوتان دانشگاهی در حوزه آب و فاضلاب در کنگره
- ✿ برگزاری چندین مصاحبه مطبوعاتی، رادیویی و تلویزیونی توسط اعضای هیئت مدیره
- ✿ پذیرش حدود ۲۱۶ عضو حقیقی پیوسته، ۷۴ عضو حقیقی وابسته و ۲۷ عضو حقوقی از بخش خصوصی
- ✿ اخذ حق عضویت سالیانه، صدور شماره و کارت عضویت برای حدود ۷۰ عضو که حق عضویت خود را پرداخته بودند.
- ✿ استخدام حسابدار و تهیه ترازنامه، دفاتر مالی و اظهارنامه مالیاتی براساس وظایف قانونی
- ✿ کسب حمایت مالی از بیش از ۱۰ سازمان و شرکت دولتی و خصوصی برای پیشبرد برنامه ها

اولین شماره خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران، با هدف ایجاد پل ارتباطی مابین انجمن آب و فاضلاب ایران و اعضا در فروردین ماه ۱۳۹۵ به چاپ رسید تا بتواند گام مؤثری در راستای توسعه و نیل به اهداف انجمن بردارد. با گذشت یک سال از انتشار خبرنامه انجمن، تاکنون ۸ مصاحبه با اساتید برجسته دانشگاهی و مدیران بنام صنعت آب و فاضلاب کشور و مرتبط با حوزه علوم و مهندسی آب و فاضلاب انجام شده است. در هر شماره این ماهنامه، مهم‌ترین و معتبرترین کنفرانس‌های داخلی و خارجی و نیز رویدادها و جشنواره‌های پیش‌رو برای بهره‌مندی علاقه‌مندان معرفی می‌شود. مطالب جالب علمی،







**انجمن آب و فاضلاب ایران**

**معرفی انجمن**

انجمن آب و فاضلاب ایران از تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۰۱ توسط تعدادی از برجسته‌ترین استادان و پیشکسوتان حوزه مهندسی و علوم آب و فاضلاب کشور با مجوز کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تشکیل شد. پروانه تأسیس انجمن به شماره ۳۰۲۱۰۶۱۹ مورخ ۱۳۹۴/۱۰/۰۷ توسط معاونت پژوهشی و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری صادر گردید. اعضای این انجمن شامل اعضای هیئت علمی و دانشجویان دانشگاه‌های مختلف در رشته‌های مرتبط با علوم آب و فاضلاب و متخصصین صنعت آب و فاضلاب کشور می‌باشند. در راستای ارتقای علوم آب و فاضلاب و ارتباط هرچه نزدیک‌تر با این صنعت، بر طبق اساسنامه اهداف متنوعی پیش‌بینی شده است که انجمن تعالیات‌های خود را در راستای تحقق آن‌ها برنامه‌ریزی کرده است.

**اهداف انجمن**

- ایجاد و تحکیم روابط علمی و تحقیقاتی در سطح ملی و بین‌المللی بین محققان و متخصصانی که به گونه‌ای با علوم و مهندسی آب و فاضلاب سروکار دارند.
- همکاری با نهادهای اجرایی، علمی و پژوهشی در زمینه ارزیابی، بازنگری، اجرا و راهبری طرح‌ها و برنامه‌های مربوط به امور آموزش و پژوهش.
- مشارکت مؤثر در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان و ارائه راهکار یا قدهای مفید در زمینه امور اجرایی آب و فاضلاب.
- ترغیب و تشویق پژوهشگران و تجلیل از محققان، استادان و دانشجویان ممتاز و همچنین فعالان پیشکسوت حوزه آب و فاضلاب.
- ارائه خدمات آموزشی، پژوهشی و فنی.
- برگزاری مسابقات و رقابت‌های علمی در سطح ملی.
- برگزاری گردهمایی‌های علمی در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی.
- انتشار کتب و نشریات علمی.

**عضویت در انجمن**

عضویت در انجمن به چهار نوع حقیقی، حقوقی، افتخاری و دانشجویی است.

- ✓ عضویت مؤسسان و کلیه افرادی که حداقل دارای درجه کارشناسی ارشد در علوم و مهندسی آب و فاضلاب و گرایش‌ها و رشته‌های وابسته باشند، به صورت پیوسته است.
- ✓ عضویت اشخاصی که دارای درجه کارشناسی هستند و مدت ۵ سال به نحوی در یکی از رشته‌های مذکور شاغل باشند، به صورت وابسته است.
- ✓ عضویت اشخاص ایرانی و خارجی که مقام علمی و سازمانی آنان در زمینه‌های مهندسی و علوم آب و فاضلاب و گرایش‌های مرتبط حائز اهمیت خاصی باشد، یا در پیشبرد اهداف انجمن کمک‌های مؤثر و ارزنده‌ای نموده باشند، به صورت افتخاری است.
- ✓ عضویت سازمان‌هایی که در زمینه‌های علمی و پژوهشی مربوط به آب و فاضلاب و علوم مرتبط تعالیات دارند، به صورت حقوقی است.
- ✓ عضویت کلیه دانشجویانی که در رشته‌های مرتبط با مهندسی و علوم آب و فاضلاب به تحصیل اشتغال دارند، به صورت دانشجویی است.

اعضای انجمن پس از پرداخت حق عضویت سالانه از مزایای ارزنده‌ای از جمله تخفیف در کنفرانس‌ها، دوره‌های آموزشی و کارگاهی، امکان حضور در نشست‌ها و کارگاه‌های تخصصی و بسیاری از تسهیلات دیگر، برخوردار خواهند شد.

**انجمن آب و فاضلاب ایران**

**ارکان اصلی انجمن**

**اعضای هیئت مؤسس**

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| دکتر احمد ابریشم‌چی | دکتر حمیدرضا صفوی     |
| دکتر عباس افشار     | دکتر ناصر طالب پیدختی |
| دکتر یژن بینا       | دکتر علی اکبر عطایی   |
| مهندس عباس پیراینده | مهندس علی اصغر قانع   |
| دکتر سعید تابش      | دکتر سیمین ناصری      |
| دکتر سعید تجریشی    | دکتر منوچهر وثوقی     |
| دکتر ناصر رازقی     |                       |

**اعضای هیئت مدیره**

| اعضاء اصلی            | سنت                                 |
|-----------------------|-------------------------------------|
| دکتر سعید تابش        | (رئیس هیئت مدیره)                   |
| مهندس علی اصغر قانع   | (نایب رئیس)                         |
| مهندس عباس پیراینده   | (دبیر)                              |
| دکتر حمیدرضا صفوی     | (خزانه‌دار)                         |
| دکتر ناصر طالب پیدختی | (دبیر کمیته‌های تخصصی)              |
| دکتر سیمین ناصری      | (دبیر کمیته آموزش و همایش‌ها)       |
| دکتر منوچهر وثوقی     | (دبیر کمیته پژوهش و ارتباط با صنعت) |

**اعضاء علمی ابدل**

|                                                                |
|----------------------------------------------------------------|
| دکتر علی اکبر عطایی - مهندس محمد عبدالله‌زاده - دکتر رحیم عالی |
|----------------------------------------------------------------|

**بازرسین**

|                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| دکتر سارا نظیف (اصلی) | دکتر عبدالمهدی میرسیاسی (علی‌البدل) |
|-----------------------|-------------------------------------|

**برنامه‌های مهم انجمن**

- برگزاری کنگره آب و فاضلاب ایران به‌طور مستمر با مشارکت دانشگاه‌ها و شرکت‌های آب و فاضلاب کشور
- انتشار مجلات علمی - ترویجی و علمی - پژوهشی
- برگزاری کارگاه‌های آموزشی و سخنرانی‌های علمی
- راه‌اندازی شعب استانی و شاخه‌های دانشجویی
- انتخاب و تشویق پایان‌نامه‌ها و تحقیقات برتر در دانشگاه و صنعت
- برگزاری بازدیدهای علمی

**جارت سازمانی انجمن**

```

    graph TD
      A[مجمع عمومی] --> B[بازرسین]
      A --> C[هیئت مدیره]
      C --> D[رئیس هیئت مدیره]
      D --> E[روابط عمومی و بین‌الملل]
      D --> F[پذیرش]
      D --> G[انتشارات]
      D --> H[دبیرخانه]
      E --> I[کمیته‌های تخصصی، آموزش و پژوهش]
      
```

**سایت انجمن**

**خبرنامه انجمن**

خبرنامه انجمن که به صورت ماهانه منتشر می‌شود، پلی خواهد بود میان ما و شما تا بتوانیم با همراهی یکدیگر ضمن اطلاع از اخبار و دانش روز علمی و حرفه‌ای صنعت آب و فاضلاب، گام‌های مؤثری در راستای توسعه و ارتقاء انجمن برداریم.

**با ما همراه باشید**

تهران، خیابان طالقانی، پلاک ۲۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

۰۲۱-۸۸۴۹۱۳۹۰

۰۰۰۲۶۱۱۲۲۶۲

[irwwa.ir](http://irwwa.ir)  
[info@irwwa.ir](mailto:info@irwwa.ir)

<https://telegram.me/irwwa94>

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



کنفرانس های داخلی

| عنوان کنفرانس                                                 | محل برگزاری                                                | تاریخ برگزاری         | سایت کنفرانس                                            |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------|
| اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب                      | تهران، دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور | ۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶   | <a href="http://iwwa-conf.ir/">http://iwwa-conf.ir/</a> |
| هشتمین کنفرانس علمی پژوهشی آبخیز داری و مدیریت منابع آب و خاک | کرمان                                                      | ۱۷ و ۱۸ بهمن ماه ۱۳۹۶ |                                                         |

کنفرانس های خارجی

| عنوان کنفرانس                                                                                                             | محل برگزاری                                                    | تاریخ برگزاری         | سایت کنفرانس                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14th International Water Association (IWA) Specialist Conference on Watershed and River Basin Management                  | the beautiful Skukuza Camp, Kruger National Park, South Africa | 9 – 11 October 2017   | <a href="http://www.rbm2017.com/index.php/home">http://www.rbm2017.com/index.php/home</a>         |
| WRE Conference and Exhibition on Innovations in Water Reuse – Supported                                                   | Bruges, Belgium                                                | 9 – 10 October 2017   | <a href="http://www.water-reuse.eu/wreconference">http://www.water-reuse.eu/wreconference</a>     |
| The 15th World Conference on Anaerobic Digestion                                                                          | Beijing, China                                                 | 17 – 20 October 2017  | <a href="http://www.ad15.org.cn/en">http://www.ad15.org.cn/en</a>                                 |
| 14th International IWA Conference on Sustainable Solutions for Small Water and Wastewater Treatment Systems (S2Small2017) | Nantes, France                                                 | 22 – 26 October 2017  | <a href="http://s2small2017.org/">http://s2small2017.org/</a>                                     |
| 53rd ISOCARP Congress: Smart Communities Supported                                                                        | Oregon, Portland, United States Of America                     | 24 – 27 October 2017  | <a href="https://isocarp.org/53rd-annual-congress/">https://isocarp.org/53rd-annual-congress/</a> |
| Sustainable Wastewater Treatment and Resource Recovery                                                                    | Chongqing, China                                               | 7 – 10 November 2017  | <a href="http://www.nrr-lwwtp2017.com/">http://www.nrr-lwwtp2017.com/</a>                         |
| 8th Specialized Conference on Sustainable Viticulture, Winery Wastes & Agri-industrial Wastewater Management              | Viña del Mar, Chile                                            | 12 – 15 November 2017 | <a href="http://www.winery2017.com/">http://www.winery2017.com/</a>                               |
| IWA Water and Development Congress & Exhibition 2017                                                                      | Buenos Aires, Argentina                                        | 13 – 16 November 2017 | <a href="http://www.waterdevelopmentcongress.org/">http://www.waterdevelopmentcongress.org/</a>   |
| Congresso IWA YWP Spain                                                                                                   | Bilbao, Spain                                                  | 16 – 18 November 2017 | <a href="http://ywp-spain.es/">http://ywp-spain.es/</a>                                           |
| International Young Water Professional Conference                                                                         | Cape Town, South Africa                                        | 10 – 13 December 2017 | <a href="http://iwaywpconference.org/">http://iwaywpconference.org/</a>                           |



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور



پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

۲۸ و ۲۹ آذر ماه ۱۳۹۶ - تهران

1<sup>st</sup> National Conference on Water  
Loss & Consumption Management

19 - 20 Dec. 2017  
Tehran - IRAN



## محور های همایش:

- **مدیریت مصرف آب** (روش های مهندسی: بازچرخانی، شبکه دوگانه، آب خاکستری، تجهیزات کاهنده مصرف رویکردهای فرهنگی و اقتصادی - الزامات قانونی)
- **هدر رفت واقعی در شبکه های توزیع آب** (مدیریت نشست و حوادث، تعویض و تعمیر تجهیزات و شیرآلات، مدیریت فشار، اصلاح و بازسازی شبکه های فرسوده و رفع نشست مخازن)
- **هدر رفت ظاهری در شبکه های توزیع آب** (خطای کنتور و نیروی انسانی، اتصالات غیر مجاز)
- **مصارف مجاز بدون درآمد** (مصارف آب در تاسیسات و تصفیه خانه های آب)
- **هوشمند سازی شبکه های توزیع آب** (تله متری، مدیریت فشار و کاربرد نرم افزار)
- **آسیب شناسی تجربیات** (مطالعات موردی)

## برگزار کنندگان:

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

## محل برگزاری

دانشگاه شهید بهشتی - پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور

مهلت ارسال مقالات کامل: ۲۰ مهر ماه ۱۳۹۶



iwwa-conf.ir



info@iwwa-conf.ir



Water\_Loss

آدرس دبیرخانه: تهران - فلکه چهارم تهرانپارس، بلوار وفادار شرقی، دانشگاه شهید

بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۱۷۱۹

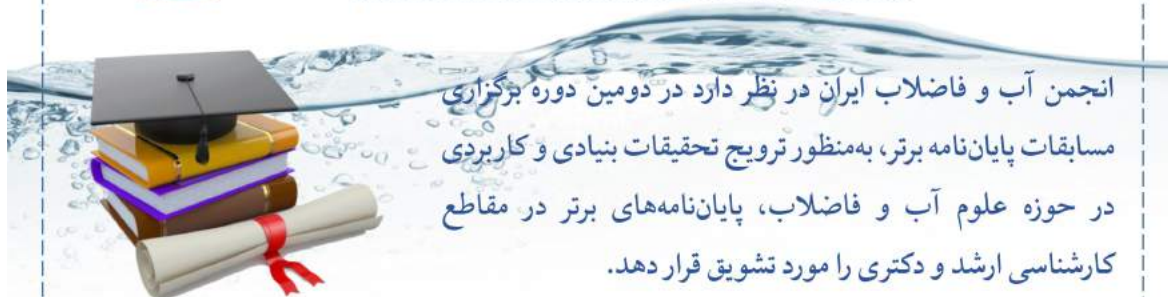
تلفکس: ۷۷۳۱۲۸۹۳ (۰۲۱)



فراخوان دومین دوره انتخاب پایان نامه برتر

با موضوع

## "مدیریت مصرف و تلفات آب"



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

مصارف مجاز بدون درآمد

مدیریت مصرف آب

هوشمندسازی شبکه های توزیع آب

هدررفت واقعی در شبکه های توزیع آب

آسیب شناسی تجربیات

هدررفت ظاهری در شبکه های توزیع آب

از علاقه مندان دعوت می شود تا برای شرکت در مسابقه، فایل پایان نامه به همراه مقالات منتشر شده علمی- پژوهشی خود را حداکثر تا تاریخ ۱۵ آبان ماه ۱۳۹۶ از طریق سایت انجمن به نشانی [IRWWA.IR](http://IRWWA.IR) بارگذاری نمایند.

جوایز مسابقه پایان نامه برتر هم زمان با برگزاری "اولین همایش مدیریت مصرف و هدررفت آب" در آذرماه ۱۳۹۶ اعطا می شود.



[irwwa.ir](http://irwwa.ir)  
[info@irwwa.ir](mailto:info@irwwa.ir)

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

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





## مهندسين مشاور طرح و تحقيقات آب و فاضلاب

بیش از ۳۸ سال سابقه با ارائه ۳۵۴ پروژه

### مطالعات، طراحی و نظارت

پایه ۱ و ۲ رسته مهندسی آب تخصص تاسیسات آب و فاضلاب

- خطوط انتقال و شبکه فاضلاب
- تصفیه خانه های آب و فاضلاب شهری، روستایی و صنعتی
- شبکه های توزیع و خطوط انتقال آب
- شبکه های جمع آوری آب های سطحی
- ترمیم و بازسازی شبکه و ارتقای تصفیه خانه ها

### اجرا و سرمایه گذاری

- طرح های آب و فاضلاب به روش های BOT, DBF, DBO, EPC, EPCF, Buy-BACK و ...

### بهره برداری و نگهداری

پایه ۱ بهره برداری و نگهداری تصفیه خانه های آب و فاضلاب

- بهره برداری و نظارت بر بهره برداری تصفیه خانه های آب و فاضلاب

### نقشه برداری

پایه ۲ تخصص نقشه برداری زمینی

- GIS, GPS و عملیات هیدروگرافی

### شبکه های آبیاری و زهکشی

پایه ۳ تخصص شبکه های آبیاری و زهکشی

- طراحی و نظارت

### پدافند غیر عامل

پایه ۳ تخصص ایمنی و کاهش خطرات و پدافند غیرعامل

- طراحی و نظارت

### فعالیت های علمی و پژوهشی

- مجله آب و فاضلاب / انتشار کتب / پروژه های تحقیقاتی

# مجله آب و فاضلاب علمی پژوهشی



- ◀ تخصیص ۱۰ درصد از سود خالص شرکت به انجام پروژه های تحقیقاتی و انتشاراتی
- ◀ انتشار مستمر مجله علمی - پژوهشی آب و فاضلاب از سال ۱۳۶۸ تا کنون
- ◀ برگزاری سمینارها، همایشها، دوره های آموزشی

## انتشار کتاب

- طراحی و اجرای شبکه های فاضلاب
- مهندسی فاضلاب
- برکه های تثبیت
- چگونه فاضلاب تصفیه می شود

### Water and Wastewater Consulting Engineers

دفتر مرکزی : اصفهان - خیابان ۲۲ بهمن - ضلع شمالی مجتمع اداری امیرکبیر  
 صندوق پستی ۱۸۴۳  
 تلفن ۰۳۱-۳۲۶۵۹۰۴۱-۲  
 فاکس ۰۳۱-۳۲۶۷۴۴۷۰  
 پست الکترونیکی wwce@wwcerd.com  
 سایت اینترنتی www.wwcerd.com



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

#### ✿ نویسنده مسئول مقاله به هنگام ثبت مقاله، فایل‌های

زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می‌نماید:

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

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

- فایل مشخصات نویسندگان.

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

#### ✿ نرم‌افزار حروف چینی: نرم‌افزار ۲۰۱۳ Microsoft Word

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

#### ✿ نام نویسنده(گان): به همان ترتیبی که در مقاله چاپ

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

#### ✿ نام مؤسسه: نام مؤسسه در بخش فارسی و انگلیسی

منطبق بر نام مصوب و رایج مؤسسه است (نام رسمی مندرج در سربرگ رسمی مؤسسات، دانشگاه‌ها، سازمانها و ...).

#### ✿ چکیده فارسی: شامل مقدمه، مواد و روش‌ها (روش

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

توجه به نکات زیر در ارسال مقاله ضروری است:

- ارسال مقاله منحصر از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب انجام می‌شود.

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

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

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

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

- فایل‌هایی که نویسنده در مرحله اولیه ارسال می‌کنند شامل فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، فایل پی‌دی‌اف بدون نام نویسندگان، فایل مشخصات کامل نویسندگان و فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری مربوطه است.

#### ✿ دستورالعمل نگارش و تنظیم مقالات

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

تحقیق)، نتایج و بحث و نتیجه‌گیری است. حداقل تعداد کلمات در چکیده ۱۵۰ و حداکثر ۲۵۰ کلمه باشد.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 🌀 **مقاله غیر انگلیسی:**

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

عنبری، م. (۱۳۹۲)، «تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب با

استفاده از شبکه‌های بیزین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد  
مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه  
تهران، تهران، ایران.

#### 🌀 مقاله غیر انگلیسی:

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

#### 🌀 مقاله منتشر نشده:

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

#### 🌀 کتاب:

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

#### 🌀 بخشی از کتاب:

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

#### 🌀 موسسه به جای نویسنده:

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

#### 🌀 مقالات کنفرانسی:

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

#### 🌀 پایان نامه:

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

#### 🌀 سایت اینترنتی:

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



ISSN 2588-3941

Journal of

# Water & Wastewater Science and Engineering

Volume 1 - No. 1 - Winter 2017

مجله علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال اول - شماره یک، زمستان ۱۳۹۵

انجمن آب و فاضلاب ایران

سخن مدیرمسئول

## • مقالات

- ۴ برآورد سرانه مصرف آب شرب: مطالعه موردی شهر اردکان  
علی اصغر سمسار یزدی، مژگان بقاییپور و محمد صالح سمسار یزدی
- ۱۱ مروری بر روابط فشار - شکستگی در شبکه‌های آبرسانی  
ایمان مصلحی، محمدرضا جلیلی قاضی زاده
- ۲۰ ارائه راهبردهای افزایش درآمد در شرکت آب و فاضلاب: مطالعه موردی آبفای مشهد  
جواد براتی، مریم رسولزاده، مریم مقیمی، علیرضا آقابابایی
- ۲۸ تحلیل و ارزیابی عملکرد شبکه‌های توزیع آب با استفاده از معیارهای عملکرد و شاخص پایداری قطعی و فازی  
شیوا بختیاری، حمیدرضا صفوی، محمد حسین گل محمدی
- ۳۷ مقایسه اثرات زیستمحیطی ناشی از ساخت و اجرای انواع لوله‌های شبکه توزیع آب با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات  
محسن حاجی بابایی، سارا نظیف، سجاد واحدی زاده
- ۴۹ برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و نشست منطقه ای: مطالعه ی موردی شهر دامنه، اصفهان  
حامد جاودانیان، محمود احمدی دارانی
- ۶۱ نازل ها (یک تجربه در مورد ارتقای تصفیه خانه آب جلالیه تهران)  
جمشید چراغچی، مهرشاد صمدی

## • مطالب عمومی

- ۶۶ مصاحبه  
فراخوان ایده کاوی  
ایده برتر  
معرفی کتاب  
۷۲ گزارش فعالیت‌های انجمن  
۷۳