

بررسی امکان استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان آب‌های شهری به عنوان منابع آب اطفای حریق^۱

کامران عبدولی - دانشجوی دکتری، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.
نادر حبیب زاده - استادیار محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.
آرزو نجایی - استادیار محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.
عرفان ذوالفقاری - استادیار محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران

چکیده

Checking the possibility of using recycled wastewater and municipal runoff as fire control water sources.

Abstract

Despite the fact that there is a water crisis in Iran, in many cases, fire water sources are supplied from urban water, the use of recycled wastewater and municipal runoff as water sources for firefighting causes the storage of a large part of urban water resource. This study aims to analyze the factors affecting the possibility of using wastewater and urban runoff as firefighting has been done as water sources. In this study, Delphi questionnaires, paired comparisons, DEMATEL criteria and DEMATEL sub-criteria have been used. The statistical population of the study included 10 experts of the fire department in the study area who were selected using the snowball technique that the questionnaire of experts was distributed among them. The main criteria of the research based on scientific studies in this field include the reuse of treated wastewater, the use of runoff and preservation of water resources was available. Each of these criteria included a sub-criterion included a number of indicators. Data analysis was performed using DELPHI AND DEMATEL FUZZY approach. The results showed that the main criterion for maintaining existing water resources with a final weight of 0.435 was ranked in the first priority. Contaminant index with a weight of 0.0478 in the first priority among the indicators and the use of runoff is the most effective and the interaction between the sub-criteria and the development of the treatment plant had the most impact among the sub-criteria. Knowing these indicators and their importance, we can try to adopt theme to the sources of water or wastewater treatment to be able to bring these resources to the desired level for use in the fire system and or try to preserve existing water resources.

Key Words: fire control, wastewater, runoff, MCDM

با وجود اینکه در ایران بحران آب وجود دارد، در بسیاری موارد منابع آبی آتش‌نشانی از آب شهری تأمین می‌شود، استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان آب‌های شهری به عنوان منابع آب اطفای حریق آتش‌نشانی سبب ذخیره بخش عظیمی از منابع آبی شهری می‌شود. این تحقیق با هدف تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر امکان استفاده از فاضلاب‌ها و روان آب‌های شهری به عنوان منابع آب اطفای حریق آتش‌نشانی صورت گرفته است. در این تحقیق از پرسشنامه‌های دلفی، مقایسات زوجی، دیمتل معیارها و دیمتل زیرمعیارها استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق تعداد ۱۰ نفر از خبرگان سازمان آتش‌نشانی در حوزه مورد مطالعه که با استفاده از تکنیک گلوله‌برفی برگزیده شدند، را شامل شده است که پرسشنامه خبرگان در میان آن‌ها پخش شد. معیارهای اصلی تحقیق براساس مطالعات علمی در این زمینه شامل استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده، استفاده از روان آب‌ها و حفظ منابع آبی موجود بود. هر کدام از این معیارها شامل تعدادی زیرمعیار و هر زیرمعیار شامل تعدادی شاخص بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از رویکرد FUZZY DELPHI-ANP-DEMATEL صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که معیار اصلی حفظ منابع آبی موجود با وزن نهایی ۰/۴۳۵ در اولویت اول رتبه‌بندی شد. شاخص «آشغال‌گیر» با وزن ۰/۰۷۴۸ اولویت اول میان شاخص‌ها و استفاده از روان آب‌ها بیشترین تأثیرگذاری تأثیرپذیری و تعامل با سایر معیارها را دارا بود. رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی بیشترین تأثیرگذاری و تعامل را در میان زیرمعیارها و توسعه تصفیه‌خانه بیشترین تأثیرپذیری در میان زیرمعیارها را داشت. با علم به این شاخص‌ها و میزان اهمیت آن‌ها می‌توان درصدد مناسب نمودن آن‌ها در منابع روان آب‌ها و یا فاضلاب‌های تصفیه شده برآمد تا بتوان این منابع را به حد مطلوب برای استفاده در سیستم آتش‌نشانی رساند و یا در حفظ منابع آبی موجود اهتمام ورزید.

واژگان کلیدی: آتش‌نشانی، اطفای حریق، فاضلاب، روان آب، MCDM

۱- این مقاله برگرفته از رساله دکترای نگارنده اول به راهنمایی جناب آقای دکتر نادر حبیب زاده و خانم دکتر آرزو نجایی و مشاوره آقای دکتر عرفان ذوالفقاری در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز می‌باشد.

* نویسنده مسئول habibzadeh@iaut.ac.ir

مقدمه

با گسترش فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوایی، مدیریت منابع اندک آب به‌طور فزاینده‌ای به یکی از مهم‌ترین چالش‌ها تبدیل شده‌اند. کمبود آب نه تنها آسیب‌پذیری و امنیت غذایی را تشدید می‌کند، بلکه خطر درگیری‌های ژئوپلیتیک برای دسترسی به آب را افزایش می‌دهد (خرازی و آکیاما، ۲۰۱۹). در واقع با افزایش جمعیت کشورها در دهه‌های اخیر، متوسط آب تجدیدشونده به شدت کاهش یافته که این روند همچنان نیز ادامه دارد. از سوی دیگر عواملی چون تغییر الگوی مصرف، تغییر در الگوهای بارندگی و گرم شدن تدریجی جهان که موجب پدیدار شدن خشکسالی دوره‌ای گردیده، همچنین عدم سرمایه‌گذاری کافی و مناسب، مدیریت نامناسب منابع آبی موجود و رشد مصرف سرانه آب، همگی باعث شده‌اند منابع آبی موجود پاسخگوی نیازهای جمعیت امروز و آینده نباشد (بزی و همکاران، ۱۳۸۹). مصرف بی‌رویه آب در سطح جهان همچنان در حال رشد است و برآورد شده تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۱۶۰ درصد از آب‌های موجود موردنیاز در جهان موردنیاز است (آرنل و گسلینگ، ۲۰۱۶؛ لاورنیک و همکاران، ۲۰۱۷؛ آژونی و همکاران، ۲۰۱۸). کمبود آب هنگامی به یک چالش بزرگ جهانی تبدیل شده است که پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ تعداد ۶۵ کشور جهان با جمعیتی میلیاردی با کمبود آب مواجه خواهند بود (چوپان و همکاران، ۱۳۹۷).

ایران با توجه به شرایط اقلیمی از آب‌های شیرین بهره کمی برده است (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۹۶). سفره‌های آب زیرزمینی ایران سالانه بین هفت تا هشت میلیارد مترمکعب بیلان منفی دارند و میزان منابع آب تجدیدپذیر کل ایران ۱۳۰ میلیارد مترمکعب است (کردوانی، ۱۳۹۷). در سال ۱۴۰۰ بیش از ۱۰ میلیارد مترمکعب آب در سال در بخش شرب شهری و روستایی و صنعت مصرف خواهد شد که این نشانگر رشد حدود ۲ برابری حجم پساب تولیدی شهرها و روستاهای کشور است (حسن‌پور و خزیمه نژاد، ۱۳۹۷). در ۵۰ سال گذشته ایران حدود ۷۰ درصد منابع آب زیرزمینی را که ذخیره آن میلیون‌ها سال طول کشیده است، در این مدت کوتاه به‌صورت بی‌رویه استفاده کرده است. اگر این

اقدام بی‌رویه مصرف آب کنترل نشود، عدم تناسب بین تغذیه منابع آب زیرزمینی و برداشت از آن در آینده بیشتر نیز خواهد شد. رعایت نکردن این تناسب، عامل اصلی نشست زمین، پیشروی آبهای شور به آبهای زیرزمینی و افت هر چه بیشتر سطح ایستابی در سراسر ایران شده است براساس یک پیش‌بینی، سرانه متوسط آب تجدید پذیر ایران در سال ۲۰۰۶ کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب گزارش شده بود و انتظار می‌رود این مقدار تا سال ۲۰۲۰ به ۱۱۰۰ مترمکعب کاهش یابد براساس آمار وزارت نیرو، علاوه بر کلان‌شهرها ۵۱۳ شهر کشور هم با کمبود منابع آب روبه‌رو هستند. آمار بحران آب در حالی رنگ و بوی جدی‌تر به خود می‌گیرد که میانگین کاهش بارندگی در کشور ۲۴۰ میلی‌متر و بارش جهانی ۸۵۰ میلی‌متر است، یعنی بیش از ۳ برابر ایران. البته ایران علاوه بر جای گرفتن در منطقه نیمه‌خشک و خشک جهان، با مشکل مدیریت منابع آب مواجه بوده است و براساس آمارهای جهانی از نظر مدیریت منابع آب در جایگاه ۱۳۱ جهان قرار دارد. حجم آب ۵۲ سد کشور به کمتر از ۳۰ درصد رسیده و حجم آب ۲۰ سد مهم کشور و از جمله سدهای زاینده‌رود، سفیدرود و گلستان که ۹ درصد ظرفیت مخازن کشور را تشکیل می‌دهند، ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش یافته است (کیهانیان و چوبانگلوس، ۱۳۹۷). بازیافت آب شهری مصرف شده در صنایع، کشاورزی و مصارف شهری غیر آشامیدنی مثل آتش‌نشانی به‌طور فزاینده‌ای به جزء مهمی از عملیات مدیریت منابع آب در بسیاری از کشورها چون آمریکا، سنگاپور، مکزیک، بلژیک و... تبدیل شده است. این فرایند که فرایندی شناخته شده است با عنوان استفاده مجدد غیرمستقیم برنامه‌ریزی شده جهت منابع آب است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۶). به‌کارگیری طرح جامع مدیریت پایدار آب همواره با برنامه استفاده مجدد از آب همراه بوده که شامل جایگزین کردن فاضلاب تصفیه شده به جای آب شیرین برای استفاده مجدد به‌عنوان آب غیرشرب و با مصارفی چون آتش‌نشانی می‌باشد. این طرح سبب تقویت منابع آب موجود و فراهم کردن منابع دیگری برای آب شرب می‌شود. در این راستا اقداماتی چون حفاظت از آب رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، کاهش آلاینده‌های ورودی به آبراهه‌ها؛ کاهش استفاده از سازه‌های گران‌قیمت کنترل آب؛ مدیریت بهینه خروجی‌های فاضلاب به محیط‌زیست و پیروی از مقررات محیط‌زیستی؛ ایران را قادر می‌سازد تا به‌صورت بالقوه منابع آب تجدیدپذیر را گسترش دهد (کیهانیان و چوبانگلوس، ۱۳۹۷). در حال

- 1- Kharrazi & Akiyama.
- 2- Arnell & Gosling
- 3-Lavrnica et al.
- 4-Azhoni et al.

شیمیایی، کلیفرم، نیترات، پارامتر کدورت، سولفات، فسفات، کلراید و ترکیبات غیرآلی سمی، کیست‌های تک‌یاخته، ویروس‌ها، هدایت هیدرولیکی، خوردگی و عوامل بیماری‌زا مورد بررسی قرار گیرد (پدررو و همکاران^۷، ۲۰۱۰؛ چوپان و همکاران، ۱۳۹۷ و حسن‌پور و خزیمه نژاد، ۱۳۹۷، کیهانیان و چوبانگلوس، ۱۳۹۷). برخی استانداردها فاضلاب تصفیه شده را تنها برای مصارف شهری مثل فرونشاندن گردوغبار شهری، آبیاری شهری، شستشوی ماشین‌آلات، آبیاری محصولات و ساخت‌وساز مناسب می‌دانند، ولی برخی از استانداردها مانند NSW (1993) (QLD Draft (2004^۸، (SA (1999^۹، (TAS (2002^{۱۱}) استفاده از آب تصفیه شده را برای مصارف آتش‌نشانی و خاموش کردن آتش کلاس A مجاز می‌دانند، کلاس A معمولی‌ترین و رایج‌ترین کلاس آتش بوده و مواد قابل احتراق آن مانند کاغذ، چوب، زباله و پارچه و... می‌باشد (دیر و همکاران، ۲۰۰۴؛ ملین و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۲؛ آشورتر^{۱۳}، ۲۰۱۴).

قواعد ذکر شده درخصوص کیفیت آب درخصوص روان‌آب‌های شهری نیز صادق است. به‌صورت کلی روان‌آب به آن بخش از بارندگی که در سطح زمین و در رودها جاری می‌شود، گفته می‌شود (شریعت پناهی و همکاران، ۱۳۹۶). روان‌آب حاصل از بارانی است که بر پشت‌بام منزل مسکونی ریزش می‌کند و به روان‌آب حاصل از محوطه باز منزل می‌پیوندد و نهایتاً به دریا می‌ریزد (مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ مدیریت روان‌آب شهری، جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی یکی از دغدغه‌های اصلی مسئولان و مدیران امور شهری است (شریعت و همکاران، ۱۳۹۷). در مدیریت نوین شهری، دیگر روان‌آب یک تهدید برای شهر نبوده و از آن به‌عنوان یک فرصت برای تأمین آب شهری یاد می‌شود (قاسمی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). در صورت نیاز به استفاده مجدد از فاضلاب و روان‌آب‌ها در مصارفی چون آتش‌نشانی باید مشخص شود که این آب‌ها تا چه میزان استانداردهای

حاضر استفاده مجدد از آب در ایران در مراحل اولیه توسعه است و بخش عمده‌ای از آب تصفیه شده برای مصارف غیرخانگی به‌ویژه کشاورزی و آبیاری، سرویس بهداشتی استفاده می‌شود (اسلامیان و ترکش، ۱۳۹۰؛ منصوری و همکاران، ۱۳۹۲؛ تجربی و همکاران، ۲۰۱۴ و کیهانیان و چوبانگلوس^۱، ۲۰۱۸). ولی تا به حال از آب بازیافتی در مصارف اطفاء حریق بهره گرفته نشده است.

بازیافت فاضلاب شهری یکی از در دسترس‌ترین منابع آبی جایگزین در جاهایی است که دارای منابع آبی طبیعی محدودی می‌باشند (سیرلی و همکاران^۲، ۲۰۱۲). یکی از مواردی که می‌توان از آب‌های تصفیه شده استفاده کرد، استفاده از آب‌های تصفیه شده برای مصارف آتش‌نشانی می‌باشد (دیر و همکاران^۳، ۲۰۰۴). البته بدون توجه به اندازه آتش‌سوزی، اصول مدیریتی مخصوصی به‌منظور دستیابی کنترل فوری و مؤثر آتش‌سوزی لازم است تا هم کمترین صدمه قابل قبول به دست آمده و هم هزینه‌ها منطقی باشند (فلاح نژاد تفتی، ۱۳۹۸ و امیری و همکاران، ۱۳۹۵). به‌طور کلی در تأسیسات تصفیه پیشرفته آب برای آتش‌نشانی، باید از چهار نوع فرایند تصفیه‌ای استفاده شود (۱) حذف ذرات و کلوئیدها، (۲) حذف کل مواد جامد محلول^۴، (۳) گندزدایی عوامل بیماری‌زا و (۴) تثبیت و پایدارسازی پیشرفته آب تصفیه شده^۵ می‌باشد (کیهانیان و چوبانگلوس، ۱۳۹۷). کیفیت آب موضوعی پیچیده است که اغلب برای اهداف آتش‌نشانی بیش از حد ساده در نظر گرفته می‌شود. کیفیت آب به‌طور معمول براساس معیارهای از پیش تعریف شده و توافق شده سنجیده می‌شود که اندازه‌گیری فیزیکی (یعنی دما، رسانایی، شیمیایی (یعنی فلزات، مواد مغذی، آلی)، بیولوژیکی (یعنی سطح میکروبی، جلبک) و زیبایی‌شناسی (یعنی بو، طعم) آن باید مدنظر قرار گیرد (آشورست^۶، ۲۰۱۴). بنابراین برای کاهش مضرات کیفی موجود در آب‌های تصفیه شده از فاضلاب شهری و یا روان‌آب‌های مورد استفاده قرار گرفته در آتش‌نشانی لازم است پارامترهای خروجی بهداشتی، شیمیایی و میکروبی شامل TSS، BOD، COD، NO₂-N، NO₃-N، NH₃-N، TOC، کل، VOCs، آهن و منگنز، سورفاکتانت‌ها، TDS، کیفیت

- 7- Pedrero et al.
- 8- NSW Guidelines For Urban And Residential Use Of Recycled Water
- 9- Queensland Guidelines for the Safe Use- (of Recycled Water (Public Consultation Draft
- 10- South Australian Recycled Water Guidelines (ISBN 0 642 320217)
- 11- Environmental Guidelines for the use of Recycled Water in Tasmania
- 12 -Mallin et al.
- 13- Ashurst

- 1- Kayhanian and Tchobanoglous
- 2- Cirelli et al.
- 3- Deere et al.
- 4 -Total Dissolved Solids (TDS)
- 5- Advanced Treated Water (ATW)
- 6- Ashurst

ذکر شده در پاراگراف پیشین برای کاربرد موردنظر را تأمین می‌کند (ناصری و همکاران، ۲۰۰۸). کمبود و آلودگی آب دو تا از بزرگ‌ترین چالش‌های حال حاضر انسان امروز می‌باشد (سروانجا و شیدایی^۱، ۲۰۱۶). این در حالی است که هنوز هم بیشتر فاضلاب‌ها و روان‌آب‌های تولیدی یا به‌طور کامل تصفیه نمی‌شوند و یا تا حدودی مورد تصفیه قرار می‌گیرند که استانداردهای لازم را برآورده نمی‌کنند (خلیل و کاکار^۲، ۲۰۱۱) و پس از تصفیه هنوز دارای مواد سمی و آلاینده‌های معدنی، آلی و حتی فلزات سنگین می‌باشد (ترین و همکاران^۳، ۲۰۱۶). در این بین آب از جمله مهم‌ترین موادی است که امروزه به‌عنوان خاموش‌کننده‌ی آتش استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که یک خاموش‌کننده دارد، غیرسمی بودن آن است. در صورتی که در هنگام استفاده از فاضلاب‌ها و روان‌آب‌های تصفیه شده به بهبود کیفیت آب بازیافتی توجه شود، از این منبع می‌توان به راحتی استفاده نمود (پرورش و همکاران، ۱۳۹۸؛ مهدوی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از اجزای اصلی شهرهای پایدار در سراسر جهان از جمله ایران داشتن منبع آب پایدار و قابل اطمینان است (کیهانیان و چوبانوگوس، ۱۳۹۷). راه‌هایی چون استفاده مجدد آب و فاضلاب و استفاده و جهت‌دهی به روان‌آب‌ها و... به‌عنوان یک ابزار ضروری برای دستیابی به پایدار بودن اهداف توسعه در نظر گرفته می‌شود و برای اطمینان از در دسترس بودن آب، مدیریت منابع آبی و توجه به بهداشت این منابع برای همه ضروری می‌باشد (ریکارت و ریکو^۴، ۲۰۱۹) و باید با مدیریت یکپارچه منابع آب، بازیافت و استفاده مجدد از فاضلاب، منابع موردنیاز آب را تأمین کرد (وانهام و همکاران^۵، ۲۰۱۸). به دلیل کمبود منابع آب قابل شرب و آلودگی محیط‌زیستی آب‌های زیرزمینی و همچنین افزایش میزان تقاضا از منابع آب به دلیل رشد جمعیت، بسیاری از شهرهای ایران، در تأمین آب با دشواری‌هایی روبرو هستند. از طرف دیگر، کاربری‌های عمده حوزه‌های شهری شامل مسکونی، تجاری، صنعتی و فضای باز است و استفاده از روان‌آب شهری کمتر موردتوجه قرار گرفته است (مصطفائی و همکاران،

- 1-Serwanja & Sheidaei
- 2-Khalil & Kakar
- 3-Trinh et al.
- 4-Ricart & Rico
- 5-Vanham et al.

۱۳۹۵). در حال حاضر، به دلیل کمبود آب و نبود دسترسی به منابع آب سطحی کافی در شهرهای بزرگ، جوامع انسانی برای تأمین آب موردنیاز به برداشت آب‌های زیرزمینی اکتفا می‌کنند (کیهانیان و چوبانوگوس، ۱۳۹۷). در شرایط کنونی با توجه به کمبود منابع آب می‌بایست به استفاده از فاضلاب و روان‌آب بازیافت شده در مناطق شهری توجه ویژه شود (مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵). براساس آخرین آمار دریافتی از شرکت آبفای تهران، کل آب مصرفی تهران تا افق ۱۴۰۵، ۱۲۹۰ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود (عبدالغفوریان و همکاران، ۱۳۹۱). لذا با توجه به روند رو به رشد جمعیت و کاهش منابع آبی، ضروری است که موضوع استفاده‌ی مجدد از آب مصرفی در کنار استفاده‌ی بهینه از منابع آبی موجود موردتوجه ویژه قرار گیرد. در این زمینه، استفاده مجدد از خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و نیز جمع‌آوری روان‌آب‌ها به‌منظور استفاده در مصارف آتش‌نشانی می‌تواند بااهمیت باشد. در هر صورت همه‌ساله مقدار زیادی از فاضلاب تصفیه شده در تصفیه‌خانه‌ها در نهرها، مسیل‌ها و رودهای کشور تخلیه می‌شود و به نوعی هدر می‌رود. این مسأله درخصوص آب‌های باران و سیلاب‌ها نیز صادق است.

پدیده آتش در طول تاریخ همواره خسارات فراوانی به همراه داشته است و با گسترش شهرنشینی حجم و تراکم این خسارات نیز گسترده‌تر شده است. در کشور ما نیز همواره حوادث آتش‌سوزی منجر به تحمیل خسارت‌ها و لطمه‌های فراوانی شده است. تا پیش از سال ۱۳۸۰ سالانه چهار هزار و ۴۴۲ مورد آتش‌سوزی که به‌طور میانگین روزی ۱۲۰۲ حادثه به وقوع می‌پیوست. این آمار در سال ۱۳۹۷ به حدود ۲۵ هزار حادثه رسیده است که به‌طور میانگین روزی ۶۹ آتش‌سوزی به وقوع می‌پیوندد. این در حالی است که براساس آخرین آمار در اواخر سال ۱۳۹۷ اعلام شد سالانه حدود ۱۷۵ هزار آتش‌سوزی بزرگ در شهرهای کشور رخ می‌دهد (خبرگزاری مهر، ۱۳۹۵؛ خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۷). ضریب اثربخشی بالای آب در اطفای حریق، همچنین غیرسمی بودن و عدم آسیب به محیط‌زیست سبب گردیده است که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خاموش‌کننده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در صورت کمبود آب، ایمنی تمامی شهرها از جمله تهران، با خطر بزرگی روبرو خواهد شد و چیزی را نمی‌توان جایگزین آب کرد؛ البته آتش‌نشانان تاکنون

روش تحقیق

پژوهش حاضر برحسب نوع روش، توصیفی-تحلیلی و از لحاظ نوع هدف، کاربردی است. روش گردآوری اطلاعات مبتنی بر روش‌های اسنادی (کتابخانه‌ای)، مشاهده (مطالعات میدانی) و مستندسازی بود. در این پژوهش با توجه به پیچیدگی مسئله استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق و اهمیت استفاده از دانش تصمیم‌گیران و خبرگان از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بهره گرفته شد. از آنجا که معیارها و زیرمعیارهای موجود در پژوهش با یکدیگر در ارتباط هستند، این ارتباط با استفاده از تکنیک DEMATEL محاسبه شد. از طرفی در هر یک از سطوح معیارها، زیرمعیارهای هر معیار و شاخص‌های هر زیرمعیار مقایسه زوجی توسط هر خبره صورت گرفت و نظرات خبرگان با استفاده از مقایسات زوجی ادغام گردید. سپس برای اولویت‌بندی شاخص‌ها نتایج دو روش ANP-DEMA-TEL با استفاده از نرم‌افزار سوپردسیژن ادغام شده و به اولویت‌بندی شاخص‌ها پرداخته شد. این تحلیل با در نظر گرفتن عدم قطعیت نظرات خبرگان در محیط فازی صورت گرفته است، بنابراین به‌صورت کلی از تکنیک FDANP برای اولویت‌بندی شاخص‌های تحقیق بهره گرفته شده است. در این راستا، ابتدا مطابق جدول شماره ۱ یک مدل چهار سطحی از هدف، معیارها و زیر معیارها و شاخص‌ها با استفاده از مرور منابع علمی ارائه گردید. سپس به‌منظور انجام مقایسات زوجی و تعیین وابستگی‌های بین معیارها و زیرمعیارها، پرسشنامه‌های طراحی شده میان ۱۰ نفر از کارشناسان سازمان آتش‌نشانی توزیع گشت. روش نمونه‌گیری تحقیق، روش گلوله‌برفی بود. بدین صورت که رئیس سازمان آتش‌نشانی تهران به‌عنوان خبره اول انتخاب گردید و پس از مصاحبه، از او خواسته شد یک فرد خبره از سازمان آتش‌نشانی که مطلع‌ترین فرد در موضوع تحقیق می‌باشد، را معرفی نماید، این روند تا آنجا ادامه یافت که نفر دهم فردی را معرفی کرد که در جمع خبرگان قبلی بوده، در این قسمت فرض بر این قرار گرفت که در روش گلوله‌برقی اشباع رخ داده و ای جمع خبرگان به‌عنوان خبرگان تحقیق در نظر گرفته شد.

با این مسئله مواجه نشده‌اند، به‌عنوان مثال در جریان آتش‌سوزی، چندین گروه آتش‌نشانی با تانکرهای بزرگ آب به محل اعزام می‌شوند و از سوی دیگر تانکرهای شهرداری هم به‌عنوان خودروهای پشتیبانی، همیشه وجود دارند و اگر احیاناً با مشکل کم‌آبی روبرو شوند، معمولاً از شیرهای آب هیدرانت استفاده می‌کنند. اما به‌منظور اجرای عملیات اطفای حریق، لازم است حجم زیادی از آب توسط تانکرها، خودروهای منبع دار و نیز شیرهای آتش‌نشانی هیدرانت به محل حریق منتقل گردد که تأمین این میزان از آب از آب شرب تهران در شرایط بحران آبی موجود امری دشوار بوده و ضرورت مدیریت بهینه‌ی منابع آب را معین می‌سازد.

کلان‌شهر تهران از سه بخش کوهستانی، کوهپایه و دشت تشکیل می‌شود. ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. تهران در میان دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز گسترده شده است. براساس آخرین آمار روز ۲۶ تیر ماه ۱۳۹۹ شرکت مدیریت منابع آب ایران، میزان بارندگی در سطح شهر تهران کم و متوسط درازمدت آن به مقدار ۲۷۵/۳ میلی‌متر در طی سال می‌رسد. منبع اصلی آب آشامیدنی تهران، رودهای کرج، جاجرود و لار است که توسط سه سدی که بر روی آن‌ها نصب شده تأمین می‌شود. با افزایش مصرف آب، بخشی از آب آشامیدنی نیز از آب‌ها زیرزمینی توسط چاه‌های عمیق به دست می‌آید. چندین رود فصلی هم در تهران وجود دارد که تأثیر چندانی در تأمین آب شهر ندارند گلابدره، حصارک، تجریش و کن مهم‌ترین آنها هستند. منطقه ۲ تهران به دلیل توپوگرافی منطقه و قرار گرفتن در مسیر رودخانه‌هایی مانند فرحزاد و درکه و داشتن پتانسیل احداث تصفیه‌خانه در برخی نقاط، تمرکز جمعیت در این مکان، همکاری مناسب شهردار منطقه و ساکنین، وجود آب‌های سطحی و روان‌آب‌ها در میان و اطراف منطقه، پتانسیل بیشتری برای بررسی موضوع موردنظر را دارد. بنابراین انجام این تحقیق در منطقه ۲ تهران، به‌عنوان یکی از مناطق تهران حائز اهمیت بوده و می‌تواند به رفع مشکل کم‌آبی و تأمین آب موردنیاز برای اطفای حریق‌های احتمالی در ساختمان‌ها و مراکز تجاری بزرگ واقع در منطقه ۲ تهران و فضای سبز کمک شایانی نماید.

جدول ۱- شاخص‌های مرتبط با امکان استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفاء حریق

معیار	زیرمعیار	شاخص	نماد	کد منبع
استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده (C1)	توسعه تصفیه‌خانه (S11)	مکان‌یابی مناسب تصفیه‌خانه	S111	(کیهانیان و چوبتوگلوس، ۱۳۹۷) - (کیهانیان و چوبتوگلوس، ۱۳۹۷) - (عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱) - (Kayhanian & Tchobanoglous, 2015) - (Tchobanoglous et al., 2015)
		پیش‌بینی الگوی کیفی و کمی جریان فاضلاب	S112	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
		افزودن مرحله گندزدایی	S113	(عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱)
		کاهش بار ورودی		(عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱)
		اضافه کردن فرایند فیلتراسیون	S114	(عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱)
		جلوگیری از تخلیه‌ی فاضلاب‌های محلی و صنعتی به داخل مسیرها	S115	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸) - (عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱)
		پیش‌بینی تأسیسات پیش تصفیه	S116	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
		استفاده از بتن متخلخل به‌عنوان بستر رشد و تکثیر بیوفیلم به‌عنوان تکمیل‌کننده فرایند تصفیه فاضلاب		(عابدی و همکاران، ۱۳۹۴) - (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۹۲) - (حسین زاده، ۱۳۹۰) - (Wilson et al., 2011)
		حل مشکل عدم ته‌نشینی لجن (به علت به وجود آمدن میکروارگانیسم‌های رشته‌ای و در نتیجه کم‌وزن شدن)	S117	(عابدی و همکاران، ۱۳۹۴)
		تأمین منابع مالی برای تأمین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های مورد نیاز آتش‌نشانی	S118	(بهرامی و همکاران، ۱۳۹۴) - (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۲)
		کمک گرفتن از مشاوران باتجربه و آگاه	S119	(بهرامی و همکاران، ۱۳۹۴) - (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۲)
		به‌کارگیری سیستم منعقدکننده‌های پلیمری		(Kayhanian & Tchobanoglous, 2016)
		شناسایی تکنولوژی‌های جایگزین که می‌توانند عملکرد تصفیه‌خانه‌های موجود یا جدید التاسیس را بهبود بخشند		(کیهانیان و چوبتوگلوس، ۱۳۹۷) - (Kayhanian & Tchobanoglous, 2016) - (Tchobanoglous et al., 2015)
		ارزیابی بهینه‌سازی فرایندهای مرسوم (یعنی تصفیه اولیه، ثانویه و ثانویه پیشرفته) برای بهبود تصفیه کلی و قابلیت اطمینان سیستم		(کیهانیان و چوبتوگلوس، ۱۳۹۷) - (Kayhanian & Tchobanoglous, 2016) - (Tchobanoglous et al., 2015)
		به‌کارگیری طرح پایدار برای اطمینان از عملکرد تصفیه‌ای هر واحد و صحت سنجی کیفیت آب خروجی در انتهای فرایند	S1110	(کیهانیان و چوبتوگلوس، ۱۳۹۷) - (Kayhanian & Tchobanoglous, 2016) - (Tchobanoglous et al., 2015)
استفاده از چاه‌های سنتیک در فاضلاب خانگی (S12)		به‌کارگیری روش‌های تغذیه شیمیایی		(McGhee & Steel, 1991)
		جمع‌آوری فاضلاب به‌صورت هدفمند	S121	(ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (الماسی و همکاران، ۱۳۹۲) - (عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱) - (McGhee & Steel, 1991)
		ایجاد دو نوع لوله‌کشی فاضلاب و تفکیک و بازیافت آب خاکستری حاصل از روشویی	S122	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸) - (McGhee & Steel, 1991)
		بهسازی منابع	S123	(ملایی و همکاران، ۱۳۹۵)
		انتقال	S124	(عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱)
		تصفیه	S125	(عبدالغفورین و همکاران، ۱۳۹۱)

استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده (C1)

توسعه تصفیه‌خانه (S11)

استفاده از چاه‌های سنتیک در فاضلاب خانگی (S12)

معیار	زیر معیار	شاخص	نماد	کد منبع
رعایت استاندارد های بهداشتی و محیط زیستی (S13)		کنترل کیفیت پساب و آب بازیافتی		(انبیر و نوری، ۱۳۹۷) - (ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (عبدالغفوریان و همکاران، ۱۳۹۱) - (Dehghani et al., 2014) - (Zhang, al., 2011) - (Massoud et al., 2010) - (Chu et al., 2004)
		هوا دهی	S131	(منزوی، ۱۳۹۷) - (ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱) - (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹)
		ته نشینی ثانویه	S132	(معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹)
		گندزدایی	S133	(معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹)
		حذف ازت	S134	(معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹)
		حذف فسفر	S135	(صلواتی و همکاران، ۱۳۹۷) - (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹)
		حذف فلزات سنگین	S136	(معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹)
		کلر زنی		(ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (الماسی و همکاران، ۱۳۹۲) - (رباط سرپوشی و همکاران، ۱۳۹۱) - (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۰) - (میران زاده و همکاران، ۱۳۸۹) - (زینی و همکاران، ۱۳۸۷)
		کاهش میزان کلیفرم کل آب بازیافتی به منظور افزایش کیفیت میکروبی آب	S137	(ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (عابدی و همکاران، ۱۳۹۴) - (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۳) - (عابدی کویایی و همکاران، ۱۳۹۲) - (رباط سرپوشی و همکاران، ۱۳۹۱) - (حیدری و همکاران، ۱۳۸۹)
		کاهش سختی آب از جمله کاهش یون های کلسیم، منیزیم، استرانسیم، کادمیوم، آهن و منگنز	S138	(ززولی و بذرافشان، ۱۳۹۷) - (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۷) - (قاسمی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) - (ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۳) - (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۰) - (زینی و همکاران، ۱۳۸۷) - (Roseen et al., 2012)
		کاهش کدورت آب		(ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (رباط سرپوشی و همکاران، ۱۳۹۱) - (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱) - (میران زاده و همکاران، ۱۳۸۹) - (زینی و همکاران، ۱۳۸۷)
		کاهش BOD آب		(منزوی، ۱۳۹۷) - (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۷) - (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۵) - (عابدی و همکاران، ۱۳۹۴) - (عبدالغفوریان و همکاران، ۱۳۹۱) - (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۹) - (سایر، ۱۳۸۸) - (Deffontis et al., 2013) - (Ashurst, 2014) - (Singh et al., 2009) - (Mallin & McIver, 2012)
		مناسب نمودن PH آب		(کیهانیان و چوبتنوگلو، ۱۳۹۷) - (ززولی و بذرافشان، ۱۳۹۷) - (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۷) - (ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (عابدی و همکاران، ۱۳۹۴) - (رباط سرپوشی و همکاران، ۱۳۹۱) - (Tcho-banoglous et al., 2015) - (Safa & Malakutian, 2014) - (Ashurst, 2014)
		مناسب نمودن شاخص TDS آب		(کیهانیان و چوبتنوگلو، ۱۳۹۷) - (ززولی و بذرافشان، ۱۳۹۷) - (ملایی و همکاران، ۱۳۹۵) - (میران زاده و همکاران، ۱۳۸۹) - (Tchobanoglous et al., 2015) - (Ashurst, 2014)
		اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)		(صلواتی و همکاران، ۱۳۹۷) - (عابدی و همکاران، ۱۳۹۴) - (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۹) - (Ashurst, 2014)
		کل مواد جامد معلق (TSS)	S139	(کیهانیان و چوبتنوگلو، ۱۳۹۷) - (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۷) - (عابدی و همکاران، ۱۳۹۴) - (Tchobanoglous et al., 2015) - (Nadav et al., 2012) - (Park et al., 2010)

استفاده از روان آبها (C2)

معیار	زیرمعیار	شاخص	نماد	کد منبع
کانال کشی و جمع آوری آبهای سطحی و باران (S21)		برنامه ریزی و سیاست گذاری و مذاکره با مقامات ذیصلاح برای استفاده از فرصت های نوسازی شهری در راستای استفاده از روان آبها	S211	(کیهانیان و چوبتنوگلو، ۱۳۹۷) - (حیدریان، ۱۳۹۲) - (Tcho-banoglous et al., 2015)
		مذاکره با مقامات ذیصلاح برای تصویب برنامه های تعدیل شهری	S212	(Wang & Shih, 2018)
		کانال کشی، زه کشی و پمپاژ آب از رودخانه ها و روان آبها به هیدرانت های آتش نشانی شهری	S213	(مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵) - (غفوری، ۱۳۸۸) - (Wang & Shih, 2018)
		استفاده از حوضچه های ذخیره رواناب	S214	(مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵)
		استفاده از سنگ فرش های نفوذناپذیر		(مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵) - (تاج بخش و همکاران، ۱۳۸۶)
		استفاده از ترانشه های نفوذناپذیر		(مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵) - (تاج بخش و همکاران، ۱۳۸۶)
		استفاده از باکس های نفوذناپذیری		(مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵) - (تاج بخش و همکاران، ۱۳۸۶)
		جمع آوری آب باران از پشت بامها		(مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۵) - (رشیدی مهرآبادی و همکاران، ۱۳۹۲)
		تعیین مکان های مناسب (رودخانه ها و روان آبها) به عنوان منابع آب آتش نشانی در نقشه هماهنگ	S215	(Wang & Shih, 2018)
		آموزش آبرسانی آتش نشانی با استفاده از پمپ های متحرک	S216	(Wang & Shih, 2018)
		آموزش استخراج آب با پمپ های آب آتش نشانی از رودخانه ها	S217	(Wang & Shih, 2018)
		ایجاد اطلاعات مربوط به منابع آب برای استفاده اضطراری از طریق GPS	S218	(Wang & Shih, 2018)
		محاسبه مقدار لازم شیلنگ های آب برای استقرار واقعی آبرسانی در مکان های احتمالی	S219	(Wang & Shih, 2018)
		ساختن سیستم منحصر کننده آب برای امداد رسانی در برابر بلایای طبیعی و مواقع حساس برای سیستم آتش نشانی	S2110	(Wang & Shih, 2018)
		ارزیابی حد اختلاط براساس کیفیت آب	S2111	(Wang & Shih, 2018)
		ساخت مخازن زیرزمینی	S2112	(کیهانیان و چوبتنوگلو، ۱۳۹۷) - (Wang & Shih, 2018)
جلوگیری از آلودگی مسطح رودخانه ها (S22)		ایجاد پروژه سیل بند		(Wang & Shih, 2018)
		شناسایی منشأ آلاینده ها	S221	(Wang & Shih, 2018)
		ایجاد اشغال گیر در قسمت های مختلف آب های بالادست	S222	(کیهانیان و چوبتنوگلو، ۱۳۹۷) - (Kayhanian & Tcho-banoglous, 2016)
		تنظیم و نصب علائم واضح در مکان های بازیابی آب	S223	(Wang & Shih, 2018)
		تنظیم علائم مناسب و واضح در مکان های بازیابی آب	S224	(Wang & Shih, 2018)

معیار	زیرمعیار	شاخص	نماد	کد منبع
	تصفیه اولیه آلودگی‌های ... آبی، معدنی، سمی و ... (S23)	آشغال گیر	S231	(Wang & Shih, 2018)
		دانه گیر یا جریان هوادهی		(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
		ته‌نشینی اولیه	S232	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
(C3) حفظ منابع آبی موجود	(S31) جلوگیری از هدر رفتن آب	جمع‌آوری آب	S311	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
		به‌کارگیری سیستم مدیریتی برای جلوگیری از هدر رفتن منابع آبی	S312	(صلواتی و همکاران، ۱۳۹۶) - (نظریان و همکاران، ۱۳۹۴) - (نسرین نژاد و همکاران، ۱۳۹۳)
		آگاهی‌رسانی به مردم	S313	(کیهانیان و چوبتنوگوس، ۱۳۹۷) - (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۶) - (نظریان و همکاران، ۱۳۹۴)
		نصب پمپ بر روی چاه‌های قنوات قدیمی		(صلواتی و همکاران، ۱۳۹۶) - (نظریان و همکاران، ۱۳۹۴)
		سرمایه‌گذاری برای مدیریت سیلاب مناطق با توجه به پتانسیل سیل‌خیزی	S321	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
	(S32) تبدیل تهدید سیلاب و فاضلاب به فرصت	برآورد رواناب سطحی و دبی حداکثر سیلاب	S322	(پرورش و همکاران، ۱۳۹۸) - (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳) - (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۰) - (Arani & Banihabib, 2014)
		ساخت و تقویت کانال انحرافی	S323	(مددی و ملکی، ۱۳۹۵) - (McGhee & Steel, 1991)
		ساخت بند و خاکریز		(پرورش و همکاران، ۱۳۹۸) - (قاسمی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) - (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۳) - (Chitsaz & Banihabib, 2015)
		بررسی دقیق و پیوسته شرایط طبیعی	S324	(Chitsaz & Banihabib, 2015)
		استفاده از ظرفیت کنترل سیل سد	S325	(پرورش و همکاران، ۱۳۹۸) - (Chitsaz & Banihabib, 2015)
		سیستم پیش‌بینی و هشدار سیل	S326	(Chitsaz & Banihabib, 2015)
		عریض‌تر کردن مسیر سیلاب‌های احتمالی برای جلوگیری از گرفتگی احتمالی	S327	(پرورش و همکاران، ۱۳۹۸) - (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۳) - (Chitsaz & Banihabib, 2015)
		تقویت مخازن سدهای ذخیره‌ای	S328	(مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳)
		هدایت مسیر سیلاب‌ها به تصفیه‌خانه برای استفاده مجدد	S329	(پرورش و همکاران، ۱۳۹۸) - (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۳)
	(S33) جلوگیری از آلودگی منابع آبی موجود	تفکیک فاضلاب مراکز درمانی تخصصی	S331	(مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳)
		تفکیک فاضلاب سازمان‌های وابسته به انرژی اتمی	S332	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
		تشخیص و جلوگیری از ورود فاضلاب به روان آب‌های سطحی	S333	(مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۸)
		توسعه کامل سیستم EGO شهری	S334	(نوروزی و همکاران، ۱۳۹۵) - (Panasiuk et al., 2015) - (Akpore, 2011) - (Arnone & Perdek Walling, 2007)

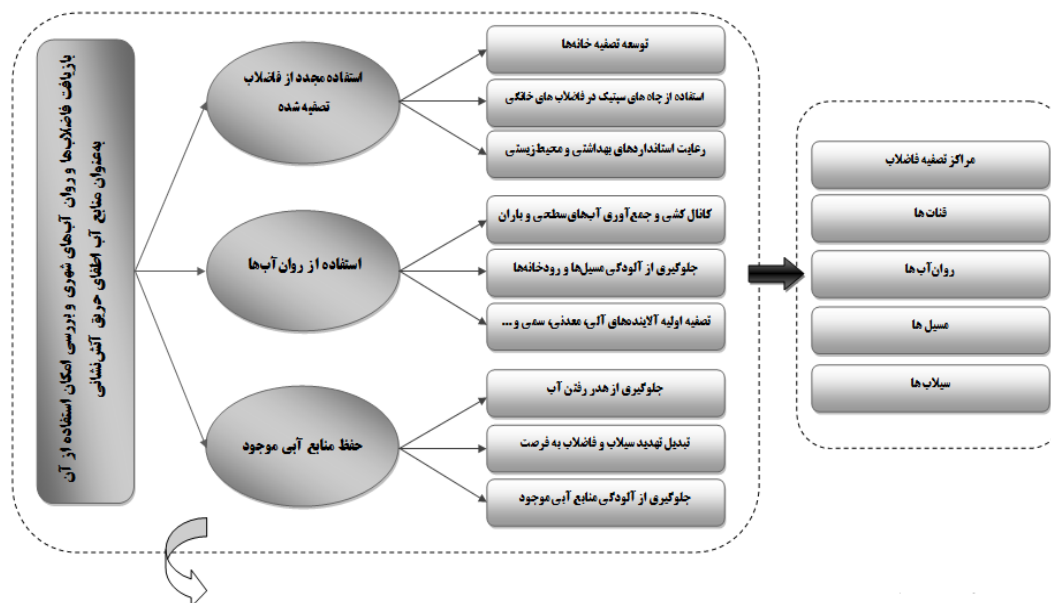
در ابتدا معیارها و زیرمعیارهای تحقیق با استفاده از تکنیک دلفی در سه مرحله غربال شدند، در دو مرحله اول میزان اهمیت کلیه شاخص‌ها در پرسشنامه‌ای با رنج ۱ تا ۱۰ درجه در اختیار خبرگان قرار گرفت و شاخص‌هایی که میانگین امتیاز پایین‌تر از ۷ را احراز کردند حذف گردید، شاخص‌های حذف شده عموماً شاخص‌هایی بودند که از نظر خبرگان یا لازم و ضروری نبوده و یا شاخص‌های دیگر می‌توانستند مفهوم آنان را پوشش دهد، برخی از شاخص‌ها نیز با نظر خبرگان از نظر نوشتاری تغییراتی پیدا کردند، در مرحله سوم هیچ شاخصی حذف نشد و به اصطلاح خبرگان به اجماع دست یافتند، ۲۱ شاخص که در جدول ۱ به رنگ خاکستری نمایش داده شده، حذف شدند. برای بررسی پایایی داده‌های تکنیک دلفی ضریب توافق کندیال محاسبه شد و ضریب توافق کندیال سه راند دلفی معیارها برابر ۰/۳۳۲، ۰/۴۰۳ و ۰/۴۱۹ بوده که بیشتر از ۰/۳ بوده و مناسب بوده و نیز مقدار معناداری آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ می‌باشند. همچنین در این جدول به‌منظور اختصار نماد معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌های تحقیق معرفی شدند. سپس با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه به اولویت‌بندی و وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها پرداخته شده است.

یافته‌ها

براساس یافته‌های تحقیق به‌منظور دستیابی به منابع آبی جدید جهت اطفاء حریق سه روش مورد شناسایی

قرار گرفت که به‌عنوان معیارهای اصلی مدل تحقیق معرفی شد، این سه معیار شامل استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده (C1)، استفاده از روان‌آب‌ها (C2) و حفظ منابع آبی موجود (C3) می‌گردد که هر یک از آن‌ها خود شامل اجزایی بوده که در شکل ۱ به‌عنوان مدل مفهومی قابل مشاهده است.

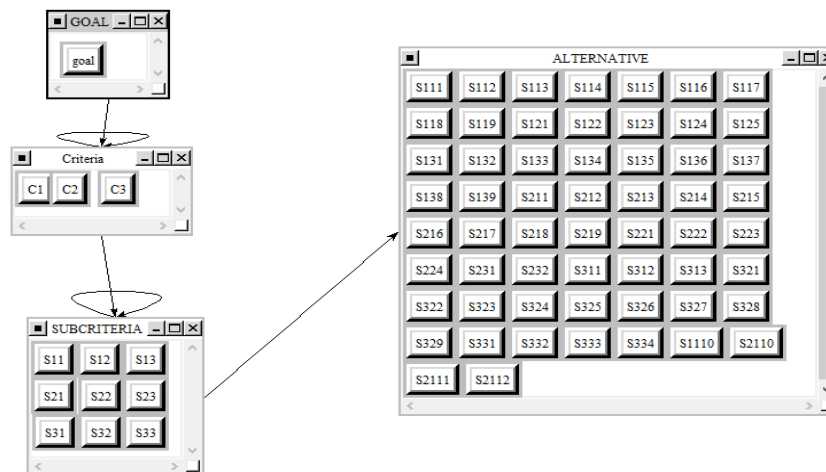
با توجه به جدول ۱ که در بخش پیش بدان اشاره شد، با استفاده از مرور دقیق تحقیقات پیشین به تعدادی شاخص برای هر یک از زیرمعیارهای نمایش داده شده در شکل ۱ دست یافته شد که خبرگان در قسمت دلفی این شاخص‌ها را غربال کرده و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های کاهش بار ورودی، استفاده از بتن متخلخل به‌عنوان بستر رشد و تکثیر بیوفیلم به‌عنوان تکمیل‌کننده فرآیند تصفیه فاضلاب، به‌کارگیری سیستم منعقدکننده‌های پلیمری، شناسایی تکنولوژی‌های جایگزین که می‌توانند عملکرد تصفیه‌خانه‌های موجود یا جدید التاسیس را بهبود بخشند، ارزیابی بهینه‌سازی فرایندهای مرسوم (یعنی تصفیه اولیه، ثانویه و ثانویه پیشرفته) برای بهبود تصفیه کلی و قابلیت اطمینان سیستم و به‌کارگیری روش‌های تغذیه شیمیایی در استفاده مجدد از فاضلاب برای اطفاء حریق مربوط نیست. از آنجا که آب مورد استفاده در اطفاء حریق مصارف آشامیدنی ندارند و شاخص‌های دیگری نیز در زمینه کیفیت آب موردتوجه قرار گرفتند، شاخص‌های کنترل کیفیت پساب و آب بازیافتی، کلر زنی، کاهش کدورت



شکل ۱- مدل مفهومی امکان استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق آتش‌نشانی

آب، کاهش BOD آب، مناسب نمودن PH آب، مناسب نمودن شاخص TDS آب، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) را اضافه اعلام کردند. همچنین شاخص‌هایی چون ایجاد پروژه سیل بند، دانه گیر یا جریان هوادهی، نصب پمپ بر روی چاه‌های قنات قدیمی و ساخت بند و خاکریز را با اهمیت ندانستند که در نهایت با حذف این شاخص‌ها به شاخص‌های نهایی تحقیق دست یافتند. ارتباط دقیق میان هدف، معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌های تحقیق در شکل ۲ نمایش داده شده است.

جهت تعیین وزن معیارهای مدل از تکنیک FDANP استفاده شده است. بدین صورت که برای مقایسه زوجی عناصر از مقیاس نه درجه ساعتی استفاده شده است.



شکل ۲- نمودار ANP نمایش معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌های مرتبط با امکان استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق آتش‌نشانی در نرم‌افزار سوپردسیژن

مقایسات زوجی فازی معیارهای تحقیق با استفاده از نظر خبرگان تعیین گردید و به‌عنوان ۲ ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی پژوهش در جدول شماره ارائه گردید:

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق

استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده			استفاده از روان‌آب‌ها			حفظ منابع آبی موجود		
۱	۱	۱	۱,۳۷۴	۱,۰۸۳	۰,۸۱۶	۰,۸۹۹	۰,۷۶۹	۰,۶۵۸
۱,۲۲۶	۰,۹۲۳	۰,۷۲۸	۱	۱	۱	۱,۱۹۵	۱,۱۰۷	۱,۰۱۶
۱,۵۲۰	۱,۳۰۰	۱,۱۱۳	۰,۹۸۵	۰,۹۰۳	۰,۸۳۷	۱	۱	۱

و در نهایت پس از بسط فازی نتایج جدول ۲، خلاصه‌ی محاسبات فازی زدایی معیارهای اصلی برای دستیابی به وزن نهایی معیارها مطابق با جدول شماره ۳ ارائه شده است، بدین منظور برای قطعی سازی مقادیر منتج از ماتریس نمایش داده شده در جدول ۲، از سه روش مثلثی، مرکز ثقل و دوزنقه‌ای بهره گرفته شد که در جدول ۳ در خانه‌های X1 max، X2 max و X3 max نمایش داده شده است و در نهایت به روش Crisp قطعی سازی انجام شد و با نرمال سازی مقادیر قطعی شده به وزن نسبی معیارها دست یافته شد.

جدول ۳- فازی زدایی وزن‌های نرمال محاسبه شده متغیرهای اصلی استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق

Normal	Deffuzy	X3 max	X2 max	X1 max	Crisp
۰,۱۵۰	۰,۱۵۱	۰,۱۵۱	۰,۱۵۱	۰,۱۵۱	استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده
۰,۴۱۵	۰,۴۲۰	۰,۴۱۷	۰,۴۱۸	۰,۴۲۰	استفاده از روان‌آب‌ها
۰,۴۳۵	۰,۴۴۱	۰,۴۳۹	۰,۴۴۰	۰,۴۴۱	حفظ منابع آبی موجود

براساس نتایج جدول ۳ به این نتیجه رسیده شد که حفظ منابع آبی موجود مهم‌ترین و سهل‌الوصول‌ترین راه دستیابی به منابع جدید آب اطفای حریق بوده، سپس استفاده از روان‌آب‌ها به‌عنوان راه مناسب و درنهایت استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده به‌عنوان سخت‌ترین راه مناسب برای دستیابی به منابع جدید آب اطفای حریق معرفی شده است. همچنین نرخ ناسازگاری در این مقایسه زوجی برابر ۰/۰۲۱۱ تعیین شده که کمتر از ۰/۱ بوده و قابل قبول است، بنابراین نظرات خبرگان در این مقایسات زوجی سازگار بود، به همین صورت زیرمعیارهای هر معیار و پس از آن شاخص‌های هر زیرمعیار را مورد مقایسه قرار گرفت و وزن نسبی آن‌ها بدست آمد و رتبه‌بندی شد. در ادامه به‌عنوان قدم اول تکنیک دیمتل معیارها مطابق با جدول ۴ ارتباط مستقیم میان معیارها در محیط فازی محاسبه گردید و در جدول ۴ نمایش داده شده است. روابط درونی با میانگین حسابی نظرات خبرگان محاسبه شد و هر یک از کران‌های پایین، وسط و بالای روابط میان هر دو معیار در این جدول نمایان است و براساس آن می‌توان دریافت مثلاً از نظر خبرگان به‌عنوان داده‌های خام تأثیر استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده بر استفاده از روان‌آب‌ها رنجی میان ۰,۴۱۰ تا ۰,۷۸۰ دارد.

مدیریت شهری

فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۶۱. زمستان ۱۳۹۹

Urban managment
No.61 Winter 2020

۹۴

جدول ۴- ماتریس ارتباط مستقیم (M) فازی شده

حفظ منابع آبی موجود			استفاده از روان‌آب‌ها			استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده		
۰,۰۵۰	۰,۱۶۰	۰,۳۶۰	۰,۴۱۰	۰,۶۰۰	۰,۷۸۰	۰,۰۰۰	۰,۱۰۰	۰,۳۰۰
۰,۴۵۰	۰,۶۴۰	۰,۸۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۰۰	۰,۳۰۰	۰,۴۹۰	۰,۶۸۰	۰,۸۵۰
۰,۰۰۰	۰,۱۰۰	۰,۳۰۰	۰,۳۶۰	۰,۵۶۰	۰,۷۶۰	۰,۲۶۰	۰,۴۶۰	۰,۶۶۰

با جمع کران بالای اعداد هر سطر با یکدیگر، به ترتیب از بالا به پایین اعداد ۱,۴۴۰، ۱,۹۷۰ و ۱,۷۲۰ بدست آمد که برای نرمال‌سازی ماتریس اولیه به معکوس بیشینه این اعداد به‌عنوان عدد ثابت دست یافته شد و با تقسیم ماتریس اولیه در این عدد به ماتریس نهایی N دست یافته شد و با ادامه محاسبات دیمتل به ماتریس نهایی ارتباطات فازی دست یافته شد که در جدول ۵ نمایش داده می‌شود. در این جدول رنج ارتباطات نمایان می‌شود و براساس آن تأثیر استفاده از روان‌آب‌ها بر استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده بیشترین فاصله رنج میان حد بالا و پایین را داشته که نمایانگر بالاترین میزان عدم قطعیت در نظرات می‌باشد.

جدول ۵- ماتریس فازی ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی

حفظ منابع آبی موجود			استفاده از روان‌آب‌ها			استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده		
۰,۰۸۱	۰,۱۳۲	۱,۶۷۷	۰,۲۳۸	۰,۴۳۹	۲,۱۳۰	۰,۰۷۰	۰,۲۴۶	۱,۹۲۶
۰,۲۶۲	۰,۳۱۸	۲,۲۶۴	۰,۱۱۳	۰,۳۲۹	۲,۴۴۷	۰,۳۱۱	۰,۵۶۱	۲,۶۴۹
۰,۰۵۹	۰,۱۲۱	۱,۸۷۲	۰,۲۳۵	۰,۴۸۰	۲,۴۱۰	۰,۱۹۸	۰,۴۵۰	۲,۳۶۲

با قطعی سازی ماتریس ارتباط کامل جدول ۶ به ماتریس ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی قطعی شده به صورت جدول ۷ حاصل می شود.

جدول ۶- ماتریس ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی قطعی شده

T	استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده	استفاده از روان آبها	حفظ منابع آبی موجود
استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده	۰,۷۴۷	۰,۹۳۵	۰,۶۳۰
استفاده از روان آبها	۱,۱۷۴	۰,۹۶۳	۰,۹۴۸
حفظ منابع آبی موجود	۱,۰۰۴	۱,۰۴۲	۰,۶۸۴

همان طور که در جدول ۶ نمایش داده شده است، روابط میان معیارها حالت معکوس ندارد، بدین معنا که مثلاً استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده تأثیر کمتری بر استفاده از روان آبها دارد، نسبت به تأثیر استفاده از روان آبها بر استفاده از روان آبها، همچنین با محاسبه میانگین مقادیر ماتریس T به عدد ۰/۹۰۳ برای حد آستانه دست یافته می شود. با در نظر گرفتن روابط بالاتر از حد آستانه نقشه روابط شبکه (NRM) محاسبه شود، که به صورت جدول ۷ نمایش داده شده است و روابط موجود میان معیارها نمایان شده دریافت می شود که تأثیر استفاده از روان آبها بر استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده از سایر روابط قوی تر هستند.

جدول ۷- الگوی روابط معنی دار زیرمعیارها

	استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده	استفاده از روان آبها	حفظ منابع آبی موجود
استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده	*	۰,۹۳۵	*
استفاده از روان آبها	۱,۱۷۴	*	۰,۹۴۸
حفظ منابع آبی موجود	۱,۰۰۴	۱,۰۴۲	*

در جدول شماره ۸ میزان تأثیرگذاری، تأثیرپذیری، تعامل و علیت و معلولیت معیارها مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس استفاده از روان آبها بیشترین تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و تعامل با سایر معیارها در میان معیارهای مؤثر بر یافتن منابع آبی جدید اطفاء حریق را دارا می باشد.

جدول ۸- الگوی روابط علی معیارهای استفاده از فاضلابهای بازیافتی و روان آبهای شهری به عنوان منابع آب اطفای حریق

نماد	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری	تعامل	علیت و معلولیت
استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده	۲,۳۱۳	۲,۹۲۵	۵,۲۳۷	-۰,۶۱۲
استفاده از روان آبها	۳,۰۸۵	۲,۹۴۰	۶,۰۲۵	۰,۱۴۵
حفظ منابع آبی موجود	۲,۷۲۹	۲,۲۶۲	۴,۹۹۱	۰,۴۶۸

پس از محاسبه روابط درونی میان معیارها مطابق ماتریس ذکر شده در جدول ۶ و ۷ با استفاده از تکنیک دیمتل زیرمعیارها مطابق با جدول ۴ ارتباط میان زیرمعیارها در محیط فازی محاسبه گردید و در جدول ۹ نمایش داده شده است. برای اختصار و کوچک نمودن جداول از علامت اختصاری ذکر شده در جدول ۱ بهره گرفته شده است و ارتباط بین توسعه تصفیه خانه با جلوگیری از آلودگی مسیلها و رودخانه ها و رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط زیستی را بیشترین رنج فازی نظرات خبرگان دریافت.

جدول ۹- ماتریس فازی ارتباط کامل (T) زیرمعیارهای استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق

S33	S32	S31	S23	S22	S21	S13	S12	S11	
۰,۵۶۲	۰,۳۷	۰,۳۸۴	۰,۵۴۲	۰,۵۹۹	۰,۳۸	۰,۶۰۸	۰,۵۷۷	۰,۳	S11
۰,۱۶۵	۰,۱۶	۰,۱۳۴	۰,۱۶۶	۰,۱۶۷	۰,۱۶۲	۰,۱۸	۰,۱۷۴	۰,۰۹۶	
۰,۱۷۳	۰,۱۷	۰,۱۴۸	۰,۱۸۲	۰,۱۷۴	۰,۱۷۸	۰,۱۸۷	۰,۱۸۱	۰,۱۱۶	
۰,۵۴۳	۰,۳۲۲	۰,۳۷۴	۰,۴۹۹	۰,۵۵۳	۰,۳۴۱	۰,۵۷۴	۰,۴۸۷	۰,۳۱۶	S12
۰,۱۵۴	۰,۱۲۲	۰,۱۴۷	۰,۱۵۲	۰,۱۵۶	۰,۱۳۸	۰,۱۷۸	۰,۱۰۶	۰,۱۳۶	
۰,۱۳۸	۰,۱۳۵	۰,۱۶۴	۰,۱۶۶	۰,۱۶۶	۰,۱۵۴	۰,۱۸۷	۰,۱۱۷	۰,۱۵۵	
۰,۵۲۱	۰,۳۴۶	۰,۴	۰,۵۰۳	۰,۵۸۱	۰,۳۷۶	۰,۵۴۱	۰,۵۵۱	۰,۲۸۹	S13
۰,۱۳۵	۰,۱۴۲	۰,۱۶۶	۰,۱۳۹	۰,۱۶۹	۰,۱۶۶	۰,۱۱۲	۰,۱۶۷	۰,۰۹۲	
۰,۱۴۶	۰,۱۵۶	۰,۱۸۲	۰,۱۵۴	۰,۱۸	۰,۱۸۲	۰,۱۲	۰,۱۷۹	۰,۱۱۳	
۰,۵۲۳	۰,۳۷۴	۰,۳۹۲	۰,۴۹	۰,۵۴۴	۰,۳۱۶	۰,۵۹۳	۰,۵۰۳	۰,۳۵۳	S21
۰,۱۴۱	۰,۱۷۹	۰,۱۵۵	۰,۱۲	۰,۱۲	۰,۰۹۶	۰,۱۷۶	۰,۱۰۶	۰,۱۷۱	
۰,۱۵۶	۰,۱۹۶	۰,۱۷۵	۰,۱۴	۰,۱۳۳	۰,۱۱۵	۰,۱۸۸	۰,۱۲	۰,۱۹۵	
۰,۵۱۵	۰,۳۳۷	۰,۳۴۸	۰,۴۸۸	۰,۵۱۴	۰,۳۳۳	۰,۵۷	۰,۵۴۷	۰,۲۸۲	S22
۰,۱۴۴	۰,۱۴۲	۰,۱۱۵	۰,۱۳۵	۰,۱۰۲	۰,۱۲۷	۰,۱۶۵	۰,۱۷۶	۰,۰۹۲	
۰,۱۵۱	۰,۱۶۴	۰,۱۳	۰,۱۵۲	۰,۱۱۳	۰,۱۴۴	۰,۱۷۴	۰,۱۸۷	۰,۱۱۳	
۰,۴۹۴	۰,۳۰۸	۰,۳۴	۰,۴۲۳	۰,۵۲۹	۰,۳۰۶	۰,۵۰۶	۰,۴۷۹	۰,۳۲۱	S23
۰,۱۴۷	۰,۱۱۸	۰,۱۲۲	۰,۰۹	۰,۱۵۹	۰,۱۱۱	۰,۱۳۳	۰,۱۳۱	۰,۱۵۵	
۰,۱۵۱	۰,۱۱۴	۰,۱۳۴	۰,۱۰۷	۰,۱۶۸	۰,۱۲۸	۰,۱۴۲	۰,۱۴۳	۰,۱۷۳	
۰,۵۰۷	۰,۳۳۷	۰,۳۱۸	۰,۴۶۲	۰,۵۴۴	۰,۳۴۷	۰,۵۲۹	۰,۵۲۸	۰,۳۰۴	S31
۰,۱۵۱	۰,۱۵۲	۰,۰۹	۰,۱۲۲	۰,۱۵۵	۰,۱۲۹	۰,۱۳۴	۰,۱۶۴	۰,۱۳۲	
۰,۱۶۵	۰,۱۷۳	۰,۱۱۴	۰,۱۴۳	۰,۱۶۶	۰,۱۲۸	۰,۱۴۸	۰,۱۷۲	۰,۱۵۸	
۰,۵۶۹	۰,۲۶۹	۰,۳۴۱	۰,۵۶۷	۰,۶۴	۰,۲۷۳	۰,۶۵۷	۰,۵۸۵	۰,۲۸۲	S32
۰,۱۲۳	۰,۰۸	۰,۰۸۹	۰,۱۲۲	۰,۱۳۵	۰,۰۸	۰,۱۴۱	۰,۱۲۵	۰,۰۸۳	
۰,۲۴	۰,۲۰۳	۰,۲۱۴	۰,۲۴۴	۰,۲۶۵	۰,۲۱	۰,۲۶۹	۰,۲۵۴	۰,۲۰۱	
۰,۴۵۳	۰,۳۲۵	۰,۳۳۳	۰,۴۶۸	۰,۵۳۶	۰,۳۳۸	۰,۵۴۸	۰,۴۸۹	۰,۲۶۲	S33
۰,۰۹۱	۰,۱۳۳	۰,۱۰۳	۰,۱۰۹	۰,۱۵۸	۰,۱۴۶	۰,۱۷۱	۰,۱۲۹	۰,۰۸	
۰,۱۰۷	۰,۱۴۹	۰,۱۲۴	۰,۱۲۴	۰,۱۷۲	۰,۱۶۶	۰,۱۸۴	۰,۱۴۴	۰,۱۰۵	

بنابراین با قطعی سازی ماتریس ارتباط کامل جدول ۹ به ماتریس ارتباط کامل (T) زیرمعیارهای قطعی شده به‌صورت جدول ۱۰ حاصل می‌شود که در آن می‌توان به روابط میان زیرمعیارها دست یافت. تا این روابط بتوانند حلقه‌ی نهایی سوپرماتریس اولیه سوپردسیژن پس از محاسبه وزن‌های نسبی حاصل از مقایسات زوجی و ماتریس روابط درونی میان معیارها تکمیل شود.

جدول ۱۰- ماتریس ارتباط کامل (T) زیرمعیارهای استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق

S33	S32	S31	S23	S22	S21	S13	S12	S11	
۰,۳۳۹	۰,۳۳۶	۰,۳۸۰	۰,۳۹۶	۰,۳۵۲	۰,۴۳۳	۰,۳۶۱	۰,۳۹۳	۰,۳۷۶	S11
۰,۴۰۵	۰,۴۴۱	۰,۴۴۱	۰,۴۰۱	۰,۴۶۱	۰,۴۰۵	۰,۴۶۳	۰,۳۹۶	۰,۴۸۲	S12
۰,۴۶۱	۰,۴۸۲	۰,۴۳۱	۰,۴۱۹	۰,۴۷۰	۰,۴۹۰	۰,۴۳۱	۰,۴۸۲	۰,۵۰۶	S13
۰,۴۰۱	۰,۳۳۷	۰,۳۸۸	۰,۳۶۵	۰,۳۹۵	۰,۳۷۴	۰,۴۴۲	۰,۴۰۶	۰,۴۵۰	S21
۰,۴۳۸	۰,۴۶۵	۰,۴۳۹	۰,۴۳۴	۰,۳۹۹	۰,۴۲۶	۰,۴۷۳	۰,۴۵۰	۰,۴۸۳	S22
۰,۳۷۸	۰,۴۲۶	۰,۳۸۸	۰,۳۵۱	۰,۴۱۰	۰,۴۰۵	۰,۴۲۳	۰,۴۲۶	۰,۴۶۱	S23
۰,۳۶۱	۰,۳۵۷	۰,۳۵۱	۰,۳۷۳	۰,۳۸۱	۰,۴۲۹	۰,۴۴۰	۰,۴۱۴	۰,۴۲۱	S31
۰,۴۰۱	۰,۳۴۶	۰,۴۲۱	۰,۳۷۷	۰,۴۲۲	۰,۴۶۳	۰,۴۳۰	۰,۴۰۳	۰,۴۵۸	S32
۰,۳۵۷	۰,۴۲۳	۰,۴۱۵	۰,۴۰۴	۰,۴۱۷	۰,۴۲۴	۰,۴۲۰	۰,۴۲۷	۰,۴۵۹	S33

همان‌طور که در جدول ۱۰ نمایش داده شده است، در این ماتریس هم نمایش داده شده، روابط میان زیرمعیارها هم حالت معکوس ندارد، با محاسبه میانگین مقادیر ماتریس T زیرمعیارها به عدد ۰/۴۱۵ برای حد آستانه دست یافته می‌شود. با در نظر گرفتن روابط بالاتر از حد آستانه نقشه روابط شبکه (NRM) محاسبه شد و پس از آن روابط موجود میان زیرمعیارها نمایش داده شد.

جدول ۱۱- الگوی روابط معنی‌دار زیرمعیارهای استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق

S33	S32	S31	S23	S22	S21	S13	S12	S11	
*	*	*	*	*	۰,۴۳۳	*	*	*	S11
*	۰,۴۴۱	۰,۴۴۱	*	۰,۴۶۱	*	۰,۴۶۳	*	۰,۴۸۲	S12
۰,۴۶۱	۰,۴۸۲	۰,۴۳۱	۰,۴۱۹	۰,۴۷۰	۰,۴۹۰	*	۰,۴۸۲	۰,۵۰۶	S13
*	*	*	*	*	*	۰,۴۴۲	*	۰,۴۵۰	S21
۰,۴۳۸	۰,۴۶۵	۰,۴۳۹	۰,۴۳۴	*	۰,۴۲۶	۰,۴۷۳	۰,۴۵۰	۰,۴۸۳	S22
*	۰,۴۲۶	*	*	۰,۴۱۰	*	۰,۴۲۳	۰,۴۲۶	۰,۴۶۱	S23
*	*	*	*	*	۰,۴۲۹	۰,۴۴۰	*	۰,۴۲۱	S31
*	*	۰,۴۲۱	*	۰,۴۲۲	۰,۴۶۳	۰,۴۳۰	*	۰,۴۵۸	S32
*	۰,۴۲۳	۰,۴۱۵	*	۰,۴۱۷	۰,۴۲۴	۰,۴۲۰	۰,۴۲۷	۰,۴۵۹	S33

براساس جدول شماره ۱۲ رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی بیشترین تأثیرگذاری و تعامل با سایر زیرمعیارها، توسعه تصفیه‌خانه بیشترین تأثیرپذیری را دارد. استفاده از چاه‌های سپتیک در فاضلاب خانگی، رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی، جلوگیری از آلودگی مسیل‌ها و رودخانه‌ها، تصفیه اولیه آلاینده‌های آلی، معدنی، سمی و...، تبدیل تهدید سیلاب و فاضلاب به فرصت، جلوگیری از آلودگی منابع آبی موجود متغیر علی و توسعه تصفیه‌خانه، کانال‌کشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی و باران، جلوگیری از هدر رفتن آب متغیر معلول می‌باشند.

پس از محاسبات انجام شده در نرم‌افزار سوپردسیژن وزن نهایی شاخص‌ها در جدول ۱۱ بدست آمد و براساس آن مشخص گردید، شاخص آشغال‌گیر با وزن ۰/۰۷۴۸ در اولویت نخست و شاخص جمع‌آوری آب با وزن ۰/۰۵۷۹ در اولویت دوم شاخص‌های مؤثر بر امکان استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق قرار دارد.

جدول ۱۲- الگوی روابط علی معیارهای استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق

نماد	D	R	D+R	D-R
	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری	تعامل	علیت و معلولیت
توسعه تصفیه‌خانه	S11	۳,۳۵۶	۴,۰۹۶	۷,۴۵۲
استفاده از چاه‌های سپتیک در فاضلاب خانگی	S12	۳,۸۹۶	۳,۷۹۷	۷,۶۹۳
رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی	S13	۴,۱۷۲	۳,۸۸۲	۸,۰۵۳
کانال‌کشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی و باران	S21	۳,۵۵۷	۳,۸۴۹	۷,۴۰۶
جلوگیری از آلودگی مسیل‌ها و رودخانه‌ها	S22	۴,۰۰۷	۳,۷۰۸	۷,۷۱۵
تصفیه اولیه آلاینده‌های آلی، معدنی، سمی و ...	S23	۳,۶۶۹	۳,۵۲۰	۷,۱۸۹
جلوگیری از هدر رفتن آب	S31	۳,۵۲۶	۳,۶۵۵	۷,۱۸۱
تبدیل تهدید سیلاب و فاضلاب به فرصت	S32	۳,۷۲۲	۳,۶۱۴	۷,۳۳۶
جلوگیری از آلودگی منابع آبی موجود	S33	۳,۷۴۷	۳,۵۳۲	۷,۲۷۹

جدول ۱۳- وزن نهائی شاخص‌های استفاده از فاضلاب‌های بازیافتی و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق براساس سوپرماتریس حد

نماد شاخص	وزن نهائی شاخص	رابطه‌ی نهائی شاخص	نماد شاخص	وزن نهائی شاخص	رابطه‌ی نهائی شاخص	نماد شاخص	وزن نهائی شاخص	رابطه‌ی نهائی شاخص	نماد شاخص	وزن نهائی شاخص	رابطه‌ی نهائی شاخص
S111	۰,۰۱۸۳	۱۶	S131	۰,۰۰۶۱	۴۷	S217	۰,۰۰۸۲	۴۰	S321	۰,۰۱۱۳	۳۴
S112	۰,۰۰۰۵	۵۴	S132	۰,۰۰۷۷	۴۲	S218	۰,۰۱۵۸	۲۱	S322	۰,۰۰۰۹	۳۷
S113	۰,۰۱۳۸	۲۸	S133	۰,۰۳۲۱	۹	S219	۰,۰۰۵۱	۵۲	S323	۰,۰۱۶۴	۲۰
S114	۰,۰۰۰۷	۴۶	S134	۰,۰۱۷۷	۱۷	S2110	۰,۰۰۸۹	۳۸	S324	۰,۰۰۹۷	۳۵
S115	۰,۰۱۲۴	۳۳	S135	۰,۰۱۵۲	۲۳	S2111	۰,۰۰۰۲	۵۸	S325	۰,۰۰۰۵	۵۳
S116	۰,۰۰۷۹	۴۱	S136	۰,۰۱۴۱	۲۶	S2112	۰,۰۰۵۳	۵۱	S326	۰,۰۲۱۷	۱۵
S117	۰,۰۰۵۸	۴۹	S137	۰,۰۰۷۵	۴۴	S221	۰,۰۱۵۳	۲۲	S327	۰,۰۱۴۶	۲۴
S118	۰,۰۲۲۷	۱۴	S138	۰,۰۰۷۴	۴۵	S222	۰,۰۳۵۷	۸	S328	۰,۰۱۳۴	۲۹
S119	۰,۰۱۲۵	۳۲	S139	۰,۰۰۴۱	۵۵	S223	۰,۰۵۱۲	۴	S329	۰,۰۰۹۶	۳۶
S1110	۰,۰۰۵۷	۵۰	S211	۰,۰۲۴	۱۱	S224	۰,۰۰۸۹	۳۹	S331	۰,۰۴۴۸	۵
S121	۰,۰۳۳۴	۱۳	S212	۰,۰۱۳۷	۳۱	S231	۰,۰۷۴۸	۱	S332	۰,۰۳۴۹	۱۰
S122	۰,۰۵۴۵	۳	S213	۰,۰۰۳۸	۵۶	S232	۰,۰۰۳۶	۷	S333	۰,۰۱۷۳	۱۸
S123	۰,۰۰۵۹	۴۸	S214	۰,۰۰۳۸	۵۷	S311	۰,۰۵۷۹	۲	S334	۰,۰۲۳۸	۱۲
S124	۰,۰۱۲۹	۳۰	S215	۰,۰۰۷۷	۴۳	S312	۰,۰۰۳۶	۶			
S125	۰,۰۱۴۶	۲۵	S216	۰,۰۰۱۴	۲۷	S313	۰,۰۰۱۷	۱۹			

مدیریت شهری

فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۶۱. زمستان ۱۳۹۹

Urban management
No.61 Winter 2020

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی امکان استفاده از فاضلاب بازیافتی و روان آبهای شهری به عنوان منابع آب اطفای حریق آتش نشانی با استفاده از رویکرد Fuzzy ANP-DEMATEL پرداخته شده است. معیار حفظ منابع آبی موجود از بیشترین اولویت برخوردار بود. حفظ منابع آب و اهمیت مصرف بهینه شاید در گذشته‌ای نه چندان دور اهمیت کمی داشت اما امروزه با توجه به افزایش جمعیت و رشد اقتصادی و صنعتی در اکثر کشورها به صورت جدی به آن پرداخته می‌شود. در همین راستا به منظور مدیریت منابع آبی موجود می‌توان از سیاست‌ها و طرح‌های مدیریتی جلوگیری کننده از هدر رفتن آب بهره گرفت؛ بنابراین برای فرهنگ سازی در مصرف درست آب برنامه‌های جامعی باید تدوین شود. در این میان رادیو و تلویزیون به عنوان پرمخاطب‌ترین رسانه‌های فعال در کشور می‌توانند نقش پررنگی در جهت بهبود الگوی مصرف آب و صرفه جویی در مصرف آن ایفا نمایند. از جمله منابع آبی موجود که عمدتاً به عنوان تهدید به آن نگاه می‌شود، سیلاب‌ها و فاضلاب‌ها هستند که در صورت برنامه ریزی و مدیریت صحیح می‌توانند فرصتی برای جبران کمبودهای آبی موجود باشند. لذا توصیه می‌گردد مدیران شهرداری و آب و فاضلاب تهران با ارزیابی و محاسبه میزان روان آب‌ها و سیلاب‌های سالیانه، نسبت به ساخت و گسترش کانال‌های جمع‌آوری این منابع آبی اقدام و شرایط را برای استفاده از این پتانسیل مهیا نمایند. معیار استفاده از روان آب‌ها بیشترین تأثیرگذاری، تأثیرپذیری و تعامل با سایر معیارها را دارا می‌باشد. از آنجایی که کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد، با بارش‌های نامنظم مواجه است. سالانه بخش قابل توجهی از آب‌های پاک حاصل از باران ضمن ایجاد خسارت بدون آنکه استفاده مفیدی از آن‌ها شود، وارد فاضلاب‌های شهری شده و به هدر می‌رود. درمجموع استحصال روان آب‌ها، نفوذپذیر ساختن سطح معابر شهری، تغییر روش‌های شهرسازی، اجتماعی کردن مساله آب، اصلاح هدف‌گذاری‌ها و تغییر نگرش و دیدگاه اشتباه نسبت به این منبع آبی از جمله راهکارهای موجود برای استفاده از روان آب‌ها هستند. درنهایت توصیه می‌گردد هدف‌گذاری‌های شهری اصلاح شوند و استفاده از سیلاب و روان آب در هدف‌گذاری‌ها به جای دفع آن قرار گیرند. رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی بیشترین تأثیرگذاری و تعامل را در میان زیرمعیارها

دارند. از آنجایی که فرآیند جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب فرآیندی هزینه بر می‌باشد، ضروری است که عملکرد سیستم‌های تصفیه فاضلاب منطبق با استانداردهای تدوین شده از سوی سازمان‌های بهداشتی و تحت نظارت سازمان حفاظت محیط‌زیست صورت گیرد تا نتیجه‌ی مطلوب حاصل گردد. به منظور بررسی این روند توصیه می‌گردد غلظت مواد آلوده کننده و مقدار جریان در فاضلاب‌ها بلافاصله پس از آخرین واحد تصفیه‌ای تصفیه‌خانه و قبل از ورود به محیط اندازه‌گیری گردد تا از آلودگی‌های بهداشتی و محیط‌زیستی جلوگیری گردد. همچنین توصیه می‌گردد جهت اجرای پروژه‌های احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مطابق با استانداردهای فنی و زیست‌محیطی، مشاور ذیصلاح جهت انجام مطالعات فنی و زیست‌محیطی انتخاب گردد و در مرحله بهره‌برداری نیز از کارشناسان بهداشت محیط برای اندازه‌گیری و پایش میزان آلاینده‌های مختلف زیست‌محیطی و بهداشتی منطبق با استانداردهای ملی و جهانی بهره‌گیری شود. توسعه تصفیه‌خانه بیشترین تأثیرپذیری را در میان زیرمعیارها دارد. از آنجایی که آب سیاه یا همان فاضلاب امروزه بسیار با ارزش شده است ضروری است که مهندسان و طراحان به دنبال به کار بردن فناوری‌های جدید در توسعه تصفیه‌خانه‌ها باشند. از طرفی قدیمی بودن زیرساخت‌ها از چالش‌های اصلی تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد که لازم است تحقیقات لازم برای ارزیابی شرایط و تلاش برای بهبود زیرساخت‌ها صورت گیرد؛ چراکه فرآیندهای معمول و قدیمی تصفیه آب و فاضلاب مصرف انرژی بالایی دارند. شاخص آشغال‌گیر در اولویت نخست میان شاخص‌ها قرار دارد. آشغال‌گیری یکی از فرآیندهای تصفیه فیزیکی می‌باشد که در اکثر تصفیه‌خانه‌ها و در ابتدای فرآیند تصفیه وجود دارد. در این مرحله عمل حذف و جداسازی مواد جامد و شناور با قطرهایی بیش از ۵۰ سانتی‌متر صورت می‌پذیرد که باعث کاهش مقداری از بار آلودگی فاضلاب خام می‌شود و روش بسیار مفید و مؤثری در حفاظت فیزیکی از پمپ‌ها و سایر تجهیزات مکانیکی از قبیل هواده‌ها، هم‌زن‌ها و لوله‌ها در برابر آسیب‌دیدگی و گرفتگی احتمالی می‌باشد. با عبور بسیاری از ذرات ریز و باریک از این گونه آشغال‌گیر که وارد سیستم تصفیه‌خانه می‌شده. با استفاده از سیستم آشغال‌گیر مدرن‌تر با استفاده از تکنولوژی روز دنیا می‌توان به منظور رفع این مشکلات کاهش می‌یابد. از این گونه سیستم‌ها می‌توان به آشغال‌گیرهای پلکانی اشاره کنیم که علاوه بر راندمان

بالا در جداسازی ذرات و آشغال‌های ریز، دارای قابلیت تمیز شدن خودکار نیز می‌باشد. شاخص جمع‌آوری آب در اولویت دوم میان شاخص‌ها قرار دارد. یکی از راه‌های جمع‌آوری آب، جمع‌آوری آب باران است که از دیرباز ریشه در فرهنگ ایرانیان دارد. در این روش می‌توان باران باریده شده در سطح پشت‌بام خانه‌ها، مدارس و ساختمان‌های عمومی را از طریق ناودانی‌ها و لوله‌کشی پس از عبور از آشغال‌گیر (حذف برگ درختان و...) و حذف خاک شسته شده از پشت‌بام به سمت مخازن روزمینی و یا دفنی هدایت کرد. بر این اساس می‌توان سقف مکان‌های موردنظر را تا حدی شیب‌دار ساخته، با در نظر گرفتن لایه محافظ به ناودانی، سطح جمع‌آوری کننده و خروجی دهنده آب باران و سید پالاینده در سقف مکان‌های مدنظر می‌توان به جمع‌آوری آب باران یاری رساند. در گام بعدی با جمع‌آوری آن‌ها پس از بارندگی با رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی به بهره‌برداری اطفاء حریق رساند، برای این منظور می‌توان در مخازن از فیلترهای سالم‌سازی آب استفاده نمود. استفاده از سیستم ذخیره باران در مناطق شهری پر ازدحام به غیر از اینکه می‌تواند سبب تأمین منابع آبی موردنیاز برای اطفاء حریق شود، از آمیختن و آلوده شدن آب پاک باران با آب‌های آلوده فاضلاب شهری جلوگیری می‌نماید و مانع از هجوم آب به کانال‌ها و معابر می‌شود، به این ترتیب از آب‌گرفتگی معابر شهری و خسارت‌های احتمالی آن جلوگیری خواهد شد. باوجود سیلاب‌های پیاپی کشور لازم است که به ذخیره‌سازی آب سیلاب‌ها پرداخته شود، استحصال در داخل بستر سیلابی که باعث کاهش سرعت جریان و ته‌نشین شدن رسوبات ریزدانه در بستر و طرفین آبراهه شده و ضمن افزایش رطوبت در خاک، زمینه ایجاد پوشش گیاهی مناسب در محدوده پس‌زدگی آب را فراهم می‌نماید و یا با انحراف آب از مسیر طبیعی، آن را به اراضی مجاور منتقل و به مصرف کشت انواع محصولات مناسب می‌رسانند.

شاخص ایجاد دو نوع لوله‌کشی فاضلاب و تفکیک و بازیافت آب خاکستری حاصل از روشویی در اولویت سوم میان شاخص‌ها قرار دارد. برای استفاده از آب‌های خاکستری لازم است که به‌طور معمول سیستم لوله‌کشی جداگانه‌ای جهت جمع‌آوری آب‌های خاکستری در ساختمان‌ها تعبیه شود که در مبدأ به جداسازی آب‌های خاکستری از آب‌های سیاه اقدام شود. در این سیستم باید آب خاکستری از طبقات مختلف ساختمان و از قسمت‌های مختلف واحدها جمع‌آوری شود و درون

مخزن ذخیره شود.

Wang & Shih (2018)، از شاخص‌های تعیین مکان‌های مناسب (رودخانه‌ها و روان‌آب‌ها) به‌عنوان منابع آب آتش‌نشانی در نقشه هماهنگ، ایجاد اطلاعات مربوط به منابع آب برای استفاده اضطراری از طریق GPS برای جانمایی کانال‌کشی بهره‌گرفتند و آموزش آبرسانی آتش‌نشانی با استفاده از پمپ‌های متحرک و استخراج آب با پمپ‌های آب آتش‌نشانی از رودخانه‌ها لازم و ضروری دانستند و همچنین به معرفی شاخص‌هایی برای محاسبه مقدار لازم شیلنگ‌های آب، ساختن سیستم منحصر کننده آب برای امدادسانی، ارزیابی حد اختلاط براساس کیفیت آب، ساخت مخازن زیرزمینی و ایجاد پروژه سیل بند برای کانال‌کشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی و باران پرداختند. شناسایی منشأ آلاینده‌ها، تنظیم و نصب علائم واضح در مکان‌های بازیابی آب و تنظیم علائم مناسب و واضح در مکان‌های بازیابی آب را برای جلوگیری از آلودگی مسیرها و رودخانه‌ها لازم و ضروری دانستند و آشغال‌گیر را در تصفیه اولیه لازم دانستند. (Neto et al, 2014). عنوان کردند که با رعایت فاکتورهای چون حذف فلزات سنگین، افزایش کیفیت میکروبی آب و حذف عوامل بیماری‌زا با گندزدایی در آب بازیافتی می‌توان از آب حاصل از بازیافت پساب، مجدداً در آتش‌نشانی استفاده نمود. (Janik 2013)، به امکان اطفاء حریق به وسیله روان‌آب‌ها اشاره نموده‌اند. (Mainier et al, 2011). با بررسی بازیافت فاضلاب به‌منظور استفاده مجدد از آب در مبارزه با حریق رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی را به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین متغیرها در این مسئله عنوان کردند (Deere et al, 2004). این نتیجه رسیدند که آب حاصل از تصفیه فاضلاب برای اطفاء حریق مناسب می‌باشد. محمدیان فضلی و همکاران (۱۳۹۸)، گرچه در زمینه منابع آبی موردنیاز برای آتش‌نشانی تحقیق نکرده‌اند ولی همانند تحقیق حاضر شاخص‌هایی چون کل مواد جامد معلق (TSS)، هوادهی، ته‌نشینی ثانویه، گندزدایی را از شاخص‌های موردنیاز در تصفیه آب دانستند، ولی ناهمسو با این تحقیق براساس نظر خبرگان تحقیق حاضر شاخص‌هایی چون کلر زنی، کاهش کدورت آب، کاهش BOD آب، مناسب نمودن PH آب، مناسب نمودن شاخص TDS آب، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD) که در تحقیق محمدیان فضلی و همکاران از

منابع:

- اسلامیان، سید سعید؛ ترکش اصفهانی، صالح (۱۳۹۰) "بازیافت آب (کاربرد پساب شهری)" انتشارات ارکان دانش: تهران.
- افضلی، افسانه، فقیهی زرنندی، علی، (۱۳۹۷)، «امکان‌سنجی استقرار مکان دفن مشترک مواد زائد جامد شهرستان خمینی‌شهر و شهرستان‌های مجاور آن با استفاده از منطق فازی و AHP»، دوره بیستم، شماره چهارم، ۷۷-۸۶.
- امیری، طیبه؛ بانج شفیعی، عباس؛ عرفانیان، مهدی؛ حسین زاده، امید؛ بیگی حیدرلو، هادی؛ (۱۳۹۵) "تعیین معیارهای مؤثر در انتخاب محل احداث ایستگاه اطفاء حریق در جنگل" پژوهش و توسعه جنگل، دوره ۲، شماره ۴، صص ۳۷۹-۳۹۳.
- انیر، لیلا؛ نوری، زهرا؛ (۱۳۹۷) «بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان جهت کاربرد در اراضی کشاورزی و فضای سبز» مدیریت اراضی، دوره ۶، شماره ۱، صص ۹۵-۱۰۲.
- باقری اردبیلیان، پری؛ صادقی، هادی؛ نبی، امیر؛ باقری اردبیلیان، مریم (۱۳۸۹) «ارزیابی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب: مطالعه موردی شهر زنجان» دوره اول، شماره سوم، صص ۶۷ تا ۷۵.
- بزی، خداحرم؛ جوادی، معصومه؛ حسین نژاد، مجتبی؛ (۱۳۸۹) "بحران آب در خاورمیانه (چالش‌ها و راهکارها)" چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.
- بهرامی، سجاد؛ سودائی زاده، حمید؛ ایران‌نژاد پاریزی، محمدحسین؛ ماندگاری، علی (۱۳۹۴) «امکان‌سنجی ارزیابی ریسک استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب یزد)» مجله علوم و مهندسی محیط‌زیست، سال دوم، شماره ۳، صص ۲۵ تا ۳۴.
- پرورش، الیاس؛ مهدوی، رسول؛ ملکیان، آرش؛ اسماعیل‌پور، یحیی؛ حلی ساز، ارشک؛ (۱۳۹۸) "بررسی عوامل مؤثر و اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیر حوزه‌های آبخیز با استفاده از روش‌های فازی تاپسیس و الکره نوع ۳، مطالعه موردی: حوزه آبخیز سرخون بندرعباس" مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۱۱، شماره ۲، صص ۴۹۳-۵۰۷.
- تاج‌بخش، محمد؛ ایزدی، عزیز...؛ خداشناس، سعیدرضا (۱۳۸۶)، «سیلاب شهری و روش‌های نوین کنترل آن»، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب
- چوپان، یحیی؛ امامی، سمیه؛ (۱۳۹۷) "ارزیابی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک پساب تصفیه‌خانه فاضلاب آن‌ها یاد شده است، مناسب نمودن این فاکتورها برای منابع آب آتش‌نشانی ضروری نمی‌باشد. والهی ربکنده (۱۳۹۱)، کاربرد پساب تصفیه شده در سامانه‌های اطفاء حریق را در صنایع پتروشیمی مورد مطالعه قرار داد و شاخص‌های مورد ارزیابی خود را با استفاده از مقایسات زوجی با استفاده از تکنیک AHP رتبه‌بندی و وزن‌دهی کرد، با این تفاوت که برخلاف تحقیق حاضر در آن تحقیق عدم قطعیت نظرات خبرگان و روابط درونی میان معیارها و زیرمعیارها در نظر گرفته نشده بود.
- در راستای تحقیق حاضر، در آینده می‌توان مقوله‌ی بازیافت فاضلاب‌ها و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق آتش‌نشانی در استان‌های کم آب ایران چون بوشهر، کرمان، هرمزگان و یزد و یا کشورهای کم آب بررسی قرار گیرد و نتایج با یکدیگر مقایسه شود. مقوله‌ی شاخص‌های بازیافت فاضلاب‌ها و روان‌آب‌های شهری به‌عنوان منابع آب اطفای حریق آتش‌نشانی تنها و به‌صورت اختصاصی با نظر خبرگان دانشگاهی و صاحب‌نظران رشته‌های مرتبط با ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست و در فضای آکادمیک و علمی و به دور از گرایش‌های خاصی که خبرگان اطفاء حریق دارند، انجام شود. از سوی دیگر می‌توان تحقیق را با نظرسنجی از مدیران ایستگاه‌های آتش‌نشانی انجام داد و نتایج تحقیق انجام شده در هنگام دخیل بودن نظرات این افراد با نتایج تحقیق حاضر مقایسه شود.
- با توجه به آتش‌سوزی‌های طویل‌المدت جنگل‌ها در ایران، در تحقیقات آتی در نظر گرفته شود کدام شاخص‌ها برای استفاده از آب‌های حاصل از بازیافت فاضلاب‌ها و روان‌آب‌ها برای مناطق جنگلی که عموماً خالی از سکنه بوده و تنها محیط‌زیست جنگل‌ها مهم می‌باشد؛ مؤثر است و نیز کدام منابع برای اطفاء هر یک از این آتش‌ها به صرفه‌تر می‌باشد. با توجه به شرایط کنونی دنیا و وجود کرونا و استفاده بیش از پیش شهروندان علی‌الخصوص شهروندان به نسبت مرفه شمال تهران از منابع تصفیه شده آب برای شستشوی دستان و تأثیر بسزای آن در کیفیت فاضلاب، چگونگی امکان ایجاد دو نوع لوله‌کشی فاضلاب و تفکیک و بازیافت آب خاکستری حاصل از روشویی این اماکن به جهت استفاده از آن در آب موردنیاز برای آتش‌نشانی به‌صورت جدی مورد بررسی قرار داده شود.

شهری تربت حیدریه جهت مصارف کشاورزی " نشریه پژوهش در بهداشت محیط، دوره ۴، شماره ۳، صص ۲۲۷-۲۳۶.

- حاتمی، طیبه؛ نادعلی، اعظم؛ روشنائی، قدرت اله؛ شکوهی، رضا؛ (۱۳۹۷) «امکان سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی فرایند هوادهی گسترده تصفیه فاضلاب شهر بجنورد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری» مجله علمی پژوهش، دوره ۱۶، شماره ۳، صص ۲۰-۲۸.
- حسن پور، مجتبی؛ خزیمه نژاد، حسین (۱۳۹۷) " مکان یابی چاه های تغذیه جهت تغذیه مصنوعی و بهبود کیفیت آبخوان دشت بیرجند با استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب " پژوهش در بهداشت محیط، دوره ۴، شماره ۳، صص ۲۱۵ تا ۲۲۶.
- حسین زاده حجازی (۱۳۹۰) « بررسی آزمایشگاهی دوام روسازی های بتنی متخلخل». پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- حیدریان، جعفر؛ (۱۳۹۲) « بازیافت فاضلاب های شهری و حفظ محیط زیست » سومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.
- حیدری، محسن؛ مصداقی نیا، علیرضا؛ میران زاده، محمدباقر؛ یونسیان، مسعود؛ ندافی، کاظم؛ محوی، امیرحسین (۱۳۸۹) « بررسی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان کاشان و نقش شرکت آب و فاضلاب روستایی در بهبود آن » تحقیقات نظام سلامت، دوره ۶، شماره ویژه نامه، صص ۸۹۸ تا ۹۰۷. (Heidari 2011)
- خبرگزاری تسنیم (۱۳۹۷) « سالیانه ۱۷۵ هزار آتش سوزی بزرگ در کشور رخ می دهد » ۶ اسفند ۱۳۹۷.
- خبرگزاری مهر (۱۳۹۵) « روند صعودی آتش سوزی در ۸۰ سال اخیر / ثبت ۵۵ فقره آتش سوزی روزانه » ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۵.
- رباط سرپوشی، غلامرضا؛ چوپانی، رضا؛ ترخاصی، مصطفی؛ رحمانی ثانی، ابوالفضل (۱۳۹۱) « بررسی کیفیت میکروبی و شیمیایی آب شرب روستاهای تحت پوشش دهستان رباط سرپوش و دهستان شامکان از توابع شهرستان سبزوار » بیهق، مجله کیه تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، چدوره ۱۷، شماره ۱، صص ۱۳ تا ۱۷.
- رشیدی مهرآبادی، محمدحسین؛ ثقفیان، بهرام؛ شمسانی، ابوالفضل (۱۳۹۲) « ارزیابی سیستم های استحصال آب باران در مناطق مسکونی در کاهش آب گرفتگی و سیلاب شهری (منطقه مورد مطالعه: رشت)»، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹)، کاربرد فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) در برنامه ریزی شهری و منطقه ای، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، دوره دوم، شماره

چهل و یکم، شماره پیاپی ۴۱۷۷۴، ۷۹-۹۰. ززولی، علی؛ بذرافشان، ادریس (۱۳۹۷) « درسنامه جامع تکنولوژی آب و فاضلاب » انتشارات سماط: تهران. (Zazouli)

زینی، مسعود؛ قانعیان، محمدتقی، طالب، پروانه؛ شیخ علیشاهی، سمیه؛ شریفی، سمیه؛ شریفی، مرضیه؛ گودرزی، بهاره؛ مالی، یفرین (۱۳۸۷) « بررسی وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب قنات اهرستان یزد و ارائه پیشنهادات آموزشی » طلوع بهداشت، دوره ۷، شماره ۱-۲ (سلسل ۲۳-۲۴)، صص ۳۶ تا ۴۲. (ZEINI)

سایر، کلایر؛ مک کارتی، پری؛ پارکین، جن؛ بابایی، علی اکبر؛ جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت الله؛ علوی، سیدنادعلی (۱۳۸۸) « شیمی محیط زیست (آنالیزهای آب و فاضلاب) » انتشارات اندیشه رفیع.

شریعت پناهی، محمد؛ (۱۳۹۶) " اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب " انتشارات دانشگاه تهران.

صلواتی، پریسا؛ فاخری فرد، احمد؛ اسدی، اسماعیل؛ اسدی، سهیل (۱۳۹۶) « تحلیل فرایند بارش- رواناب به منظور طراحی مخازن جمع آوری آب های سطحی برای توسعه فضای سبز شهری (مطالعه موردی: شهر تبریز) » علوم مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، دوره ۴۰، شماره ۲، صص ۱۰۳ تا ۱۱۷.

عابدی کوپایی، جهانگیر؛ جواهری طهرانی، محسن (۱۳۹۲) « معرفی کاربردی جدید از بتن متخلخل در مهندسی محیط زیست » مجموعه مقالات هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه زاهدان، ۱۷-۱۸ اردیبهشت ماه.

عابدی کوپایی، جهانگیر؛ جواهری طهرانی، محسن؛ بهفرنیا، کیچهر (۱۳۹۴) « بهبود کیفیت پساب فاضلاب شهری با استفاده از بتن متخلخل برای آبیاری » مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال نوزدهم، شماره ۷۱، صص ۹۳ تا ۱۰۶.

عابدی کوپایی، جهانگیر؛ زمانی، نسترن؛ گودرزی، مصطفی؛ اخوان، سمیرا (۱۳۹۶) " بررسی روش های تعیین حریم حفاظتی با مدل تحلیلی WhAEM2000 در چاه های شرب آبخوان دامنه- داران " تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱۳، شماره ۴، صص ۳۹ تا ۵۰.

عبدالغفوریان، عابده؛ تجریشی، مسعود؛ ابریشمچی، احمد (۱۳۹۱) « مدیریت آب شهری با لحاظ پساب و رواناب به عنوان منابع جدید آب (مطالعه موردی شهر تهران) » مجله آب و فاضلاب شماره ۴، صص ۲۹ تا ۴۲.

عبدالغفوریان، عابده؛ تجریشی، مسعود؛ ابریشمچی، احمد؛ (۱۳۹۱) " مدیریت آب شهری با لحاظ پساب و روان آب به عنوان منابع جدید آب (مطالعه موردی شهر تهران) " مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۳، شماره ۴، صص ۲۹-۴۲.

« روش‌های بازیافت پساب و فاضلاب شهری و بررسی امکان استفاده از آن‌ها به‌عنوان منابع آب نامتعارف در فضای سبز شهر تهران » شهرداری تهران.

مسعودیان، محسن؛ فندرسکی، نیایش؛ قره‌گزلو، محمد؛ (۱۳۹۳) « کاهش خسارت سیلاب شهری با استفاده از مدیریت غیرسازه‌ای (مطالعه موردی: سیلاب نکا، ۱۳۷۸) » پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال پنجم، شماره ۱۰، صص ۱-۱۴.

مصطفائی، اباذر؛ کمالی، کورش؛ مفیدنژاد، مریم؛ (۱۳۹۵) « ملاحظات موردنیاز طراحی شبکه بازیافت بارش - روان آب در محدوده شهری » پنجمین همایش سامانه‌های سطوح آبگیر باران، گیلان - رشت.

مصطفائی، اباذر؛ کمالی، کورش؛ مفیدنژاد، مریم؛ (۱۳۹۵) « ملاحظات موردنیاز طراحی شبکه بازیافت بارش - روان آب در محدوده شهری » پنجمین همایش سامانه‌های سطوح آبگیر باران، گیلان - رشت.

مصطفائی، اباذر؛ کمالی، کورش؛ مفیدنژاد، مریم؛ (۱۳۹۵) « ملاحظات موردنیاز طراحی شبکه بازیافت بارش - روان آب در محدوده شهری » پنجمین همایش سامانه‌های سطوح آبگیر باران، گیلان - رشت.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور (۱۳۸۹) « ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها » وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، دفتر نظام فنی و اجرایی، نشریه ۵۳۵، انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور.

ملایی توانی، سکینه؛ گودینی، حاتم؛ مهرعلی، عزیز؛ شریفی عرب، غلامعلی؛ آشوری، شهربانو؛ علیان‌نژاد، نسرين (۱۳۹۵) « بررسی وضعیت فعلی کیفیت آب قابل شرب عرضه شده در سیستم توزیع و نقش شرکت آب و فاضلاب و وجود شبکه توزیع در بهبود کیفیت آن، مطالعه موردی در شهرستان شاهرود » مجله مهندسی بهداشت محیط، سال سوم، شماره ۴، صص ۲۹۸ تا ۲۱۲.

منزوی، محمدتقی (۱۳۹۷) « فاضلاب شهری - جلد اول: جمع‌آوری فاضلاب » انتشارات دانشگاه تهران.

منصوری، رؤیا؛ رزاقی، ناصر؛ روحانی، پیمان (۱۳۹۲) « استفاده دوباره آب (طرح و برنامه) » انتشارات منصوری: تهران.

مهدوی، امیرحسین؛ مهریار، رضا؛ امیدوار، امیر؛ (۱۳۹۰) « سامانه مه آب پرفشار روشی کارا و بی‌خطر در اطفاء حریق » نشریه علمی ترویجی مهندسی مکانیک، دوره ۲۰، شماره ۷۸، صص ۱۳-۲۲.

مهرگان، محمدرضا، (۱۳۹۲) پژوهش عملیاتی پیشرفته، انتشارات کتاب دانشگاهی.

مؤمنی، منصور، (۱۳۹۸)، مباحث نوین تحقیق در عملیات،

- غفوری، م، (۱۳۸۸)، « استفاده غیر آشامیدنی رواناب شهری، » همایش آب‌خیزداری شهری، تهران، شهرداری تهران، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران،

- فلاح نژاد تفتی، ملیحه؛ مهرداد، ناصر؛ ترابیان، علی؛ نایب، حسین؛ (۱۳۹۸) « تدوین شاخص کیفی پساب تصفیه شده شهری با رویکرد استفاده مجدد از پساب علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۲۱، شماره ۴، صص ۳۳-۴۳.

- قاسمی مقدم، امیر؛ مختارانی، نادر؛ کاووسی، امیر؛ (۱۳۹۵) « تصفیه روان آب سطحی با استفاده از سنگ‌دانه‌های لایه‌های روسازی نفوذپذیر » مجله علمی- پژوهشی مهندسی عمران مدرس، دوره ۱۶، شماره ۵، صص ۱۴۱-۱۵۱.

- کردوانی، پرویز؛ اسدیان، فریده؛ فلاح، محمدرضا (۱۳۹۷) « بررسی ویژگی رود کرج و جریان‌های سیلابی آن و نقش آن در آب‌های زیرزمینی منطقه دشت شهریار » تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۲۱۷ تا ۲۳۴.

- کیهانیان، مسعود؛ چوبانگلوس، جورج (۱۳۹۷) « پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، بخش اول- مقدمه‌ای بر استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی » مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۹، شماره ۴، صص ۳ تا ۲۲.

- کیهانیان، مسعود؛ چوبانگلوس، جورج (۱۳۹۷) « پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، بخش دوم- مسائل فنی و مقررات مربوط به سلامت عمومی » مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۹، شماره ۴، صص ۲۳ تا ۶۰.

- کیهانیان، مسعود؛ چوبانگلوس، جورج (۱۳۹۷) « پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، بخش سوم- فرصت‌ها و چالش‌ها » مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۹، شماره ۴، صص ۶۱ تا ۷۴.

- الماسی، علی؛ اسدی، فاطمه؛ شرفی، کیومرث؛ عطاfer، زهرا؛ محمدی، محمد (۱۳۹۲) « بررسی تأثیر وجود شبکه توزیع آب آشامیدنی در میزان مطلوبیت کیفیت میکروبی و وضعیت کلرزی آن در اجتماعات کوچک- مطالعه موردی: روستاهای استان کرمانشاه » فصلنامه بهداشت در عرصه، دوره ۱، شماره ۲، صص ۱۷ تا ۲۱.

- محمدیان فضلی، مهران؛ ذبیحی، شیوا؛ اسدی، علی، (۱۳۹۸) « بررسی تصفیه‌پذیری فاضلاب کارواش با کاربرد فرایندهای ترکیبی انعقاد و UV/H2O2 » نشریه آب و فاضلاب، دوره ۳۰، شماره ۱، صص ۷۷-۸۵.

- مددی، المیرا؛ ملکی، محسن؛ (۱۳۹۵) « بررسی روان آب سالانه با روش‌های تجربی در حوزه آبخیز اندییل، شهرستان خلخال » پنجمین همایش سامانه‌های سطوح آبگیر باران، گیلان - رشت.

- مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۹۸)

- انتشارات دانشگاه تهران.
- میران زاده، محمدباقر؛ مصداقی نیا، علیرضا؛ حیدری، محسن؛ یونسین، مسعود؛ ندافی، کاظم؛ محوی، امیرحسین (۱۳۸۹) «بررسی کیفیت شیمیایی و وضعیت کلرزنی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان کاشان» مجله علمی پژوهشی تحقیقات نظام سلامت، سال ششم، ویژه نامه بهداشت محیط، صص ۸۸۹ تا ۸۹۷ (MIRZNADEH)
- میرزایی، مهدی؛ حیدرزاده کلهرودی، حدیثه؛ مشکین فام، فاطمه (۱۳۹۶) «مدیریت دارایی در بخش صنعت آب، مطالعه موردی: تأسیسات توزیع آب شرب شهر اصفهان» اولین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران.
- ناصری، سیمین؛ صادقی، زبیه؛ واعظی، فروغ؛ ندافی، کاظم (۱۳۹۱) «بررسی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اردبیل به منظور استفاده مجدد در کشاورزی» مجله سلامت و بهداشت، دوره سوم، شماره سوم، صص ۷۳ تا ۸۰.
- نجف پور، فرامرز؛ سلیمانی بابرصاد، محسن؛ دناک، حمیدرضا؛ (۱۳۹۳) «بررسی استفاده مجدد از پساب و لجن تصفیه خانه فاضلاب در فضای سبز شهر (مطالعه موردی تصفیه خانه فاضلاب شهر اهواز)» دو فصلنامه تخصصی مهندسی آب، صص ۱۳۵-۱۴۲.
- نسرین نژاد، نعمت اله؛ رنگزن، کاظم؛ کلانتری، نصراله؛ صابری، عظیم (۱۳۹۳) «پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)» سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)، دوره ۵، شماره ۴، صص ۱۵ تا ۳۴ (NASRINNEJAD ۲۰۱۴)
- نصراللهی عمران، آیت اله؛ بای، ابوطالب؛ پورشمسیان، خلیل؛ کریمی، خسرو؛ هاشمی، مسعود؛ مقصودلو، بیژن (۱۳۹۰) «تعیین پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و باکتریولوژیک آب شرب شهر گرگان در سال ۱۳۸۹» علوم آزمایشگاهی، دوره ۵، شماره ۱، صص ۷ تا ۱۳. (Nasrol-lahi)
- نظریان، سجاد؛ نجفی نژاد، علی؛ نورا، نادر (۱۳۹۴) «ارزیابی مکانی پتانسیل جمع آوری آب های سطحی در سیستم آبخیز آق امام استان گلستان» آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دوره ۲۹، شماره ۱، صص ۱ تا ۱۱.
- نوروزی کرباسدهی، وحید؛ روانی پور، معصومه؛ محبی، مرجان؛ میراحمدی، سیده رقیه؛ طهماسبی، رحیم؛ رنجبر وکیل آبادی، داریوش؛ عبودزاده، مریم (۱۳۹۵) «بررسی میزان آلودگی رواناب خروجی کانال های دفع آب سطحی شهر بوشهر در سال ۹۲-۱۳۹۱» دوماهنامه طب جنوب، پژوهشکده زیست، پزشکی خلیج فارس؛ دانشگاه
- علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر، سال نوزدهم، شماره ۴، صص ۵۷۱ تا ۵۸۵.
- والهی ربکنده، هادی؛ (۱۳۹۱) «به کارگیری پساب تصفیه شده در سامانه های اطفاء حریق و کاربرد مدل AHP جهت بررسی و تعیین شاخص های بهداشتی و زیست محیطی آن» پایان نامه، دانشگاه تهران، پردیس ارس.
- یوسفی، ذبیح اله؛ محمدپور تهمتن، رضاعلی؛ ززولی، محمدعلی؛ حسینی، سید محبتی (۱۳۹۲) «ارزیابی کارایی و تلند مصنوعی زیر سطحی با جریان افقی در تصفیه فاضلاب» مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۳، شماره ۹۹، صص ۱۳ تا ۲۶.
- Akpor, O. B. (2011). Waste water effluent discharge. In The 3rd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering. Effects Environ Microbiol (Vol. 77, pp. 335-62).
- Arani A. & Banihabib, M.E. (2014). Multi criteria decision-making for flood management based on sustainable development criteria (IEMSs)
- Arnell, N. W., & Gosling, S. N. (2013). The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. Journal of Hydrology, 486, 351-364.
- Arnone, R. D., & Perdek Walling, J. (2007). Waterborne pathogens in urban watersheds. Journal of Water and Health, 5(1), 149-162.
- Ashurst (2014) Fire Training Water Quality Criteria - CFA Training Grounds, Victoria. 212163.8Report01.8. 27 March 2014
- Azar, A., Nahavandi, B., & Rajab-Zadeh, A. (2007). Planning and improving the quality performance expansion by using fuzzy analytic network process and goal programming. Humanity Science Quarterly, 4, 31-67.
- Azhoni, A., Jude, S., & Holman, I. (2018). Adapting to climate change by water management organisations: Enablers and barriers. Journal of Hydrology, 559, 736-748.
- Chitsaz, N., & Banihabib, M. E. (2015). Comparison of different multi criteria decision-making models in prioritizing flood management alternatives. Water Resources

- 1594-1617.
- Kayhanian, M., & Tchobanoglous, G. (2018). Potential Application of Reclaimed Water for Potable Reuse: Part I-Introduction to Potable Reuse. *Journal of Water and Wastewater*, 29(4).
 - Khalil S, Kakar MK. (2011); Agricultural use of untreated wastewater in Pakistan. *Asian J Agri Rural Develop*; 1: 21-26.
 - Kharrazi, A., & Akiyama, T. (2019). Application of the Ecological Network Analysis (ENA) Approach in Water Resource Management Research: Strengths, Weaknesses, and Future Research Directions. In *Water Conservation, Recycling and Reuse: Issues and Challenges* (pp. 259-276). Springer, Singapore.
 - Lavrić, S., Zapater-Pereyra, M., & Mancini, M. L. (2017). Water scarcity and wastewater reuse standards in Southern Europe: focus on agriculture. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(7), 251.
 - Mainier, F. B., Monteiro, L. P., Neto, S. J. C., & Da Silva, J. A. A. (2011). The Water Reuse in Training Center Firefighting in Petroleum Facilities.
 - Mallin, M. A., & McIver, M. R. (2012). Pollutant impacts to Cape Hatteras National Seashore from urban runoff and septic leachate. *Marine Pollution Bulletin*, 64(7), 1356-1366.
 - Massoud, M. A., Al-Abady, A., Jurdi, M., & Nuwayhid, I. (2010). The challenges of sustainable access to safe drinking water in rural areas of developing countries: case of Zawtar El-Charkieh, Southern Lebanon. *Journal of Environmental Health*, 72(10).
 - McGhee, T. J., & Steel, E. W. (1991). *Water supply and sewerage* (Vol. 6). New York: McGraw-Hill.
 - Nadav, I., Arye, G., Tarchitzky, J., & Chen, Y. (2012). Enhanced infiltration regime for treated-wastewater purification in soil aquifer treatment (SAT). *Journal of hydrology*, 420, 275-283.
 - Nasser S, Sadeghi T, Vaezi F, Naddafi K. *Management*, 29(8), 2503-2525.
 - Chu, J., Chen, J., Wang, C., & Fu, P. (2004). Wastewater reuse potential analysis: implications for China's water resources management. *Water Research*, 38(11), 2746-2756.
 - Cirelli G, Consoli S, Licciardello F, Aiello R, Giuffrida F, Leonardi C (2012); Treated municipal wastewater reuse in vegetable production. *Agricultural Water Management*;104:163-70.
 - Damkjaer, S., & Taylor, R. (2017). The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. *Ambio*, 46(5), 513-531.
 - Deere D. Cunliffe DA. Davison DA. Teunis P. Donlon P. (2004) Health risk assessment of fire fighting from recycled water mains. *Water Services Association of Australia*.
 - Deere, D., Cunliffe, D. A., Davison, D. A., Teunis, P., & Donlon, P. (2004). Health Risk Assessment of Fire Fighting from Recycled Water Mains. *Water Services Association of Australia*.
 - Deffontis, S., Breton, A., Vialle, C., Montréjaud-Vignoles, M., Vignoles, C., & Sablayrolles, C. (2013). Impact of dry weather discharges on annual pollution from a separate storm sewer in Toulouse, France. *Science of the total environment*, 452, 394-403.
 - Dehghani, M. H., Khaniki, G. R. J., Mohammadi, H., Nasser S, Mahvi, A. H., Kounessian, M., & Mazlomi, S. (2011). Microbiological quality of drinking water in Shadegan Township, Iran. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 2(3), 286-290.
 - Janik, J. (2013). System and method for supplying sea water during fire fighting operations on a naval vessel. U.S. Patent No. 8,602,117. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
 - Kayhanian, M., & Tchobanoglous, G. (2016). Water reuse in Iran with an emphasis on potable reuse. *Scientia Iranica*, 23(4),

and environmental impact assessment (Master's thesis).

- Singh, K. P., Basant, A., Malik, A., & Jain, G. (2009). Artificial neural network modeling of the river water quality—a case study. *Ecological Modelling*, 220(6), 888-895.
- Tajrishy, M., Cities, S., Abdolghafoorian, A., & Abrishamchi, A. (2014). 37. Water reuse and wastewater recycling: Solutions to Tehran's growing water crisis. *Global Water: Issues and Insights*, 223.
- Tchobanoglous, G., Cotronu, J., Crook, E., McDonald, A., Olivieri, A., Salveson, R.S. & Trussell, R. R. (2015) Framework for direct potable reuse, Alexandria, WaterReuse Research Foundation, VA.
- Trinh T, van den Akker B, Coleman HM, Stuetz RM, Drewes JE, Le-Clech P, et al. (2016); Seasonal variations in fate and removal of trace organic chemical contaminants while operating a full-scale membrane bioreactor. *Sci Total Environ*; 550: 176-183.
- Vanham, D., Hoekstra, A. Y., Wada, Y., Bouraoui, F., De Roo, A., Mekonnen, M. M., ... & Kummu, M. (2018). Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4. 2 "Level of water stress". *Science of the total environment*, 613, 218-232.
- Wang, C. P., & Shih, B. J. (2018). Research on the Integration of Fire Water Supply. *Procedia engineering*, 211, 778-787.
- Wilson, J., Boutilier, L., Jamieson, R., Harvard, P., & Lake, C. (2011). Effects of hydraulic loading rate and filter length on the performance of lateral flow sand filters for on-site wastewater treatment. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16(8), 639-649.
- Zhang, C. (2005). A study on urban water reuse management modeling (Master's thesis, University of Waterloo).
- (2008); Evaluation Of The Possible Options For Reuse Of Ardebil Wastewater Treatment Plant Effluent.
- Neto, S. J. C., Mainier, F. B., & Moreira, M. A. C. (2014) Water reuse and its importance for firefighting training of offshore workers.
- Panasiuk, O., Hedström, A., Marsalek, J., Ashley, R. M., & Viklander, M. (2015). Contamination of stormwater by wastewater: A review of detection methods. *Journal of environmental management*, 152, 241-250.
- Park, S. B., Lee, B. J., Lee, J., & Jang, Y. I. (2010). A study on the seawater purification characteristics of water-permeable concrete using recycled aggregate. *Resources, conservation and recycling*, 54(10), 658-665.
- Pedrero, F., Kalavrouziotis, I., Alarcón, J. J., Koukoulakis, P., & Asano, T. (2010). Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*, 97(9), 1233-1241.
- Ricart, S., Rico, A., Kirk, N., Bülow, F., Ribas-Palom, A., & Pavón, D. (2019). How to improve water governance in multi-functional irrigation systems? Balancing stakeholder engagement in hydrosocial territories. *International Journal of Water Resources Development*, 35(3), 491-524.
- Roseen, R. M., Ballester, T. P., Houle, J. J., Briggs, J. F., & Houle, K. M. (2012). Water quality and hydrologic performance of a porous asphalt pavement as a storm-water treatment strategy in a cold climate. *Journal of Environmental Engineering*, 138(1), 81-89.
- Safa, F., & Malakutian, M. (2014). kord mostafa pour f. Feasibility of using Kerman wastewater treatment plant in agriculture. *Water Research in Agriculture*, 28(1), 45-53.
- Serwanja, E., & Sheidaei, M. (2016). Evaluation of Recycling & Reuse of Building materials from Demolition: Cost feasibility