مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025
۳۵-۵۵
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش نهایی : ۱۴۰۳/۱۲/۲۱

اطفاء حریق بدون استفاده از آب آشامیدنی: بررسی جایگزین‌های قابل‌اتکا[1]

کامران عبدولی: دانشجوی دکتری، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.
نادر حبیب‌زاده*: 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

آب به‌عنوان یک عامل مؤثر در اطفاء حریق، به میزان بالایی در فعالیت‌های آتش‌نشانی بخصوص در محیط‌های شهری مورد مصرف قرار می‌گیرد. رویکردهای گذشته در اطفاء حریق به‌شدت وابسته به مصرف ذخایر آب آشامیدنی است. با توجه به آمار مستخرج از آتش‌نشانی شهر تهران، مصرف آب آشامیدنی به‌منظور اطفاء حریق در سال ۲۰۲۲ میلادی، تقریباً ۶/۵۰۰/۰۰۰ m^3/yer برای شهر تهران برآورد شده است. مطالعه امکان جایگزینی منابع آب آشامیدنی به‌منظور اطفاء حریق‌های شهر تهران با منابع آب غیر شرب، با توجه به بحران آبی گسترده در ایران موضوعی حیاتی است. در این مطالعه، به امکان‌سنجی، اولویت‌بندی مؤلفه‌های محتمل، شناخت روابط درونی میان مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های قابل‌اتکا به‌منظور جایگزینی آب شرب شهری در اطفای حریق شهر تهران پرداخته‌شده است. مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های مستخرج از منابع علمی و اسناد کتابخانه‌ای، براساس میزان امکان‌پذیری آن‌ها ازنظر کارشناسان آتش‌نشانی با استفاده از روش دلفی فازی اولویت‌بندی شدند سپس با روش MAXQDA، مدل مفهومی از نحوه اجرای جایگزین‌های قابل‌اتکا به‌جای آب آشامیدنی در اطفاء حریق ترسیم شد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که مؤلفه‌های مؤثر بر جایگزین نمودن حجم آب مدنظر برای اطفاء حریق در شهر تهران، از دیدگاه کارشناسان آتش‌نشانی؛ «فاضلاب‌های شهری»، «روان‌آب‌ها» و «آب‌های سطحی» است و مؤلفه "آب‌های سطحی»، در قسمت‌های شمال، شرق و جنوب تهران با توجه به حجم قابل‌توجه این آب‌ها در زمان بارندگی و عدم نفوذپذیری سطح زمین در فضای شهری امکان‌پذیرترین مؤلفه است، ولی در غرب شهر تهران، استفاده از «روان‌آب‌ها» با توجه به تعدد رودخانه‌ها بر سایر مؤلفه‌ها ارجحیت دارد، همچنین استفاده مجدد از فاضلاب شهری، در هیچ‌یک از نواحی تهران از دیدگاه جامعه کارشناسان آتش‌نشانی به خاطر هزینه‌های بالای اقتصادی در اولویت قرار ندارد. در بخش غربی تهران، جهت استفاده از روان‌آب‌ها در اطفا حریق، با محاسبه میزان دبی متوسط سالانه رودخانه‌های دائمی، حجم آب قابل ذخیره $69{,}984\ m^3/day$ برآورد شد و با توجه به حداکثر میزان حجم آب مصرفی برآورده شده برای فعالیت‌های آتش‌نشانی در بحرانی‌ترین شرایط ($18/000\ \frac{m^3}{day}$)، این میزان آب قابل ذخیره از روان‌آب‌ها در غرب تهران پتانسیل بالایی برای اطفاء حریق آتش‌نشانی تهران دارد. در گام بعدی هزینه اجرایی ذخیره‌سازی روان‌آب‌ها براساس فهرست‌بهای رسمی کشور در سال ۱۴۰۱، ۱۰۸ میلیارد تومان برآورد شد و مطابق آمار شرکت آبفا هزینه تصفیه یک لیتر آب شیرین معادل ۱۵ هزار تومان می‌باشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت برای استخراج و تهیه $25{,}544{,}160\ m^3$ آب شرب از روان‌آب‌ها در هرسال مبلغ ۴۰۰ میلیارد تومان می‌باشد. نهایتاً هزینه مذکور تقریباً ۴ برابر هزینه ساخت مخازن و ذخیره‌سازی آب آتش‌نشانی از روان‌آب‌ها برای هرسال است و در سال‌های بعدی با حذف هزینه ساخت مخازن عملاً ذخیره‌سازی به‌طور کامل جبران می‌شود که این امر بسیار به‌صرفه و منطقی است.

واژگان کلیدی: آتش‌نشانی، فاضلاب‌های شهری، روان‌آب‌ها، منابع آبی سطحی، آب آشامیدنی، MAXQDA.

Firefighting without drinking water: An investigation to viable alternatives

Abstract

As a critical agent in firefighting, water is extensively consumed in firefighting activities, particularly in urban environments. Traditional firefighting approaches heavily rely on potable water reserves. According to data from Tehran's Fire Department, the consumption of potable water for firefighting in 2022 was estimated at approximately 6.5 million cubic meters in the city of Tehran. Given the severe water crisis in Iran, exploring alternatives to potable water for firefighting in Tehran is a pressing issue. This study assesses the feasibility of substituting potable water with non-potable water sources, prioritizing potential components, understanding their interrelationships, and identifying dependable alternatives.

Relevant components and subcomponents were extracted from scientific literature and documentary resources and prioritized based on their feasibility as evaluated by firefighting experts using the fuzzy Delphi method. Subsequently, the MAXQDA method was employed to design a conceptual model for implementing reliable alternatives to potable water in firefighting.

The study's findings indicate that, from the perspective of firefighting experts, the most viable alternatives for replacing potable water in Tehran's firefighting operations are municipal wastewater, stormwater runoff, and surface water. Among these, surface water in the northern, eastern, and southern parts of Tehran is the most feasible option due to the significant volume of surface water available during rainfall and the impermeability of urban surfaces in these areas. However, in the western part of Tehran, the abundance of rivers makes stormwater runoff a more favorable option. Conversely, the reuse of municipal wastewater was not prioritized in any part of Tehran due to its high economic costs.

In western Tehran, the annual average discharge of permanent rivers was calculated to estimate the volume of water that could be stored for firefighting purposes. The volume of water available from stormwater runoff in this region shows substantial potential to meet firefighting demands even under critical conditions. The cost of constructing storage facilities for stormwater runoff was estimated at 1.08 trillion Iranian Rials (IRR) based on the official 2022 national pricing index. Additionally, the cost of treating one liter of potable water is approximately 150,000 IRR according to national water utility statistics. Annually, 25,544,160 liters of potable water could be replaced with stormwater runoff at a cost of 4 trillion IRR, which is nearly four times the annual cost of constructing and maintaining water storage facilities for firefighting. Over time, with the elimination of storage construction costs in subsequent years, this approach becomes highly economical and sustainable.

Keywords: firefighting, municipal wastewater, stormwater runoff, surface water, potable water, MAXQDA.

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 مسؤول: habibzadeh@iaut.ac.ir

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

مقدمه

در جهان امروز عواملی همچون افزایش چشم‌گیر جمعیت کره زمین و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع محیط‌زیست برای تأمین نیازهای اقتصادی، تأثیر خاص خود را در رابطه با منابع آب برجای گذارده است (۱). یکی از مؤلفه‌های ضروری شهرهای پایدار در سراسر جهان داشتن منبع آب پایدار و قابل‌اطمینان است (۲). کمبود و آلودگی آب دو تا از بزرگ‌ترین چالش‌های حال حاضر امروز است و مصرف بی‌رویه آب در سطح جهان همچنان در حال رشد است (۳) در ایران، تأمین آب برای مصارف مختلف یکی از دغدغه‌های مهم دولت‌مردان در راستای نیل به توسعه پایدار محسوب می‌شود. پهنه جغرافیایی ایران با توجه به شرایط اقلیمی از سفره‌های آب شیرین بهره کمی برده است. سفره‌های آب زیرزمینی ایران سالانه بین هفت تا هشت میلیارد مترمکعب سرانه منفی دارند (۴).

کلان‌شهر تهران به عنوان پایتخت ایران 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 رشته کوه البرز گسترده شده است. میزان بارندگی در سطح شهر تهران کم است و سالانه در حدود ۲۴۵/۸ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود (۴). منبع اصلی آب آشامیدنی تهران، رودهای کرج، جاجرود و لار است که توسط سه سد که بر روی آن‌ها احداث‌شده تأمین می‌شوند. با افزایش مصرف آب، بخشی از آب آشامیدنی نیز توسط چاه‌های عمیق و دسترسی به سفره‌های زیرزمینی به دست می‌آیند. چندین رود نیز در تهران وجود دارند (سولقان (کن)، عبدل‌آباد، درکه، ولنجک، تجریش (دربند)، گلاب دره، حصارک (جماران)، سرخه‌حصار، دارآباد) که سهمی در تأمین آب شرب این شهر ندارند. بررسی منابع آب نشان می‌دهد تهران از نظر وضعیت ذخایر آبی در دورنمای نه‌چندان دور، با مشکلات جدی روبه‌رو خواهد شد و در آینده نزدیک تأمین آب در وضعیت بحرانی قرار خواهد گرفت. (۴).

از دیرباز ضریب اثربخشی بالای آب در اطفای حریق، همچنین غیر سمی بودن و عدم آسیب زدن آن به محیط‌زیست سبب گردیده است که به‌عنوان مهم‌ترین خاموش‌کننده آتش در تمام دنیا مورداستفاده قرار گیرد. تا امروز به دلیل آنکه منابع آبی قابل‌استفاده برای عملیات اطفاء حریق جدای از آب آشامیدنی تصفیه‌شده شهری در بسیاری از نقاط جهان در نظر گرفته نشده است، این ارزشمندترین منبع آبی موجود که با هزینه‌ای گزاف به دست می‌آید به‌سادگی به‌عنوان تنها منبع ذخیره آب اطفاء مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد در صورتی که این موضوع چه ازلحاظ مالی و علوم مرتبط با محیط‌زیست مقوله‌ای غلط است که منابع غیرقابل‌جبران آب شیرین که هزینه گزاف فرآیند تصفیه برای شرب شهری را پشت سر گذاشته‌اند، برای اطفاء حریق استفاده گردد، البته این معضل نمایانگر نوعی از سو مدیریت انسانی در شیوه نگهداری و استفاده از منابع آب شیرین محدود است.

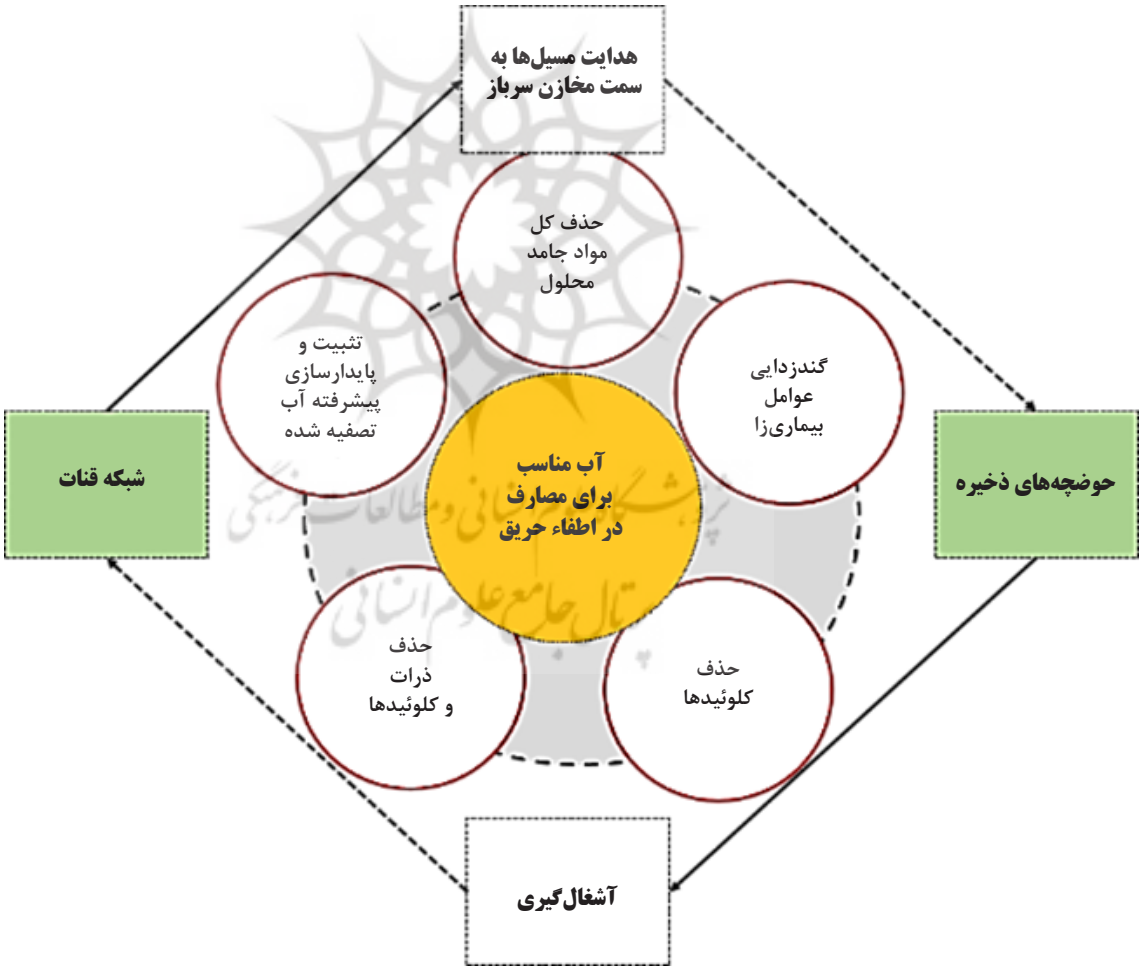
امروزه تأمین حجم آب موردنیاز برای اطفاء حریق از منابع آب آشامیدنی در شرایط «بحران آبی فراگیر» کار دشواری است و مدیریت بهینه منابع آبی جایگزین به‌منظور اطفاء حریق امری ضروری است (۵). پائولو گیلاردی و همکاران در پژوهش خود با عنوان «تحقیق در مورد ادغام منابع آب‌رسانی» اشاره‌کرده‌اند که تأمین آب هیدرانت‌های شهری به‌واسطه آب شرب لوله‌کشی رایج‌ترین شیوه اطفاء آتش‌سوزی است. (۶)، اشلی و همکاران در پژوهشی با موضوع «روش‌های گوناگون استفاده مجدد از فاضلاب» بیان کردند فاضلاب شهری منبعی ارزشمندی از آب است و هرچند فاضلاب‌های آلوده اثرات منفی بر محیط‌زیست و سلامت انسان دارند؛ بااین‌حال، فاضلاب تصفیه‌شده ایمن است و برای آبزی‌پروری، آبیاری کشاورزی، فرایندهای صنعتی و یا اطفاء حریق قابل‌استفاده است (۷). سیانی و همکاران در مقاله‌ای در ارتباط با «میزان درک مصرف‌کنندگان درباره استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده» بیان کردند در بسیاری از کشورهای جهان استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده به‌عنوان ابزاری برای تکمیل منابع آب در حال کاهش، ارتقاء و حفظ آب تصفیه‌شده است(۸). وانگ و همکاران در تحقیقات خود تحت عنوان « استفاده مجدد از آب و اهمیت آن برای آموزش آتش‌نشانی» دریافتند به دلایلی همچون افزایش جمعیت در مناطق شهری، آبیاری کشاورزی و استفاده از آب در فرایندهای صنعتی، مصرف آب شیرین به‌طور چشمگیری در سراسر جهان افزایش‌یافته است که این امر نیاز فوری به‌صرفه جویی، کاهش مصرف، بازیافت و استفاده مجدد از پساب‌ها را در مواردی نظیر اطفاء حریق نمایان می‌سازد (۹). جود و همکاران در پژوهشی با نام «تطابق‌دهی اطفا حریق‌های شهری با منابع آبی ثانویه» روشی برای پمپاژ آب تصفیه‌شده به مخزن آب آتش‌نشانی ارائه کردند و بدین ترتیب پیشنهادی با مضمون امکان استفاده از آب تصفیه‌شده در عملیات اطفای حریق را ارائه دادند (۱۰). البی و همکاران در پژوهش خود با عنوان «تصفیه مجدد آب با کمک الترا سوند» بیان کردند با توجه به افزایش جمعیت استفاده مجدد پساب در مراکز

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

آتش‌نشانی پالایشگاهی به‌عنوان ذخایر آبی اطفاء امری شایسته و موردنیاز است(۱۱). روزا گومز و همکاران تعیین مکان‌های مناسب در رودخانه‌ها و روان‌آب‌ها را منظور جانمایی مکان‌های بارگیری آب آتش‌نشانی در نقشه‌های شهری در تحقیقات خود الزامی دانسته‌اند، همچنین ایشان ایجاد زیرساخت‌های اطلاعاتی به‌منظور شناسایی منابع آبی جایگزین جهت اطفاء حریق از طریق GPS در مواقع بحرانی را الزامی می‌دانند(۱۲). منگ و همکاران در تحقیقی دیگر آموزش تأمین آب آتش‌نشانی با استفاده از پمپ‌های پرتابل و استخراج آب از رودخانه‌ها را به آتش‌نشانان ضروری دانسته‌اند (۱۳). پرز و همکاران در پژوهش خود با نام «تأمین ذخایر آبی آتش‌نشانی با منابعی غیر از آب شرب شهری» عنوان کردند که با رعایت فاکتورهایی چون حذف فلزات سنگین، افزایش کیفیت آب و حذف عوامل بیماری‌زا با گندزدایی از آب بازیافتی می‌توان آب حاصل از بازیافت پساب را مجدداً برای اطفاء حریق استفاده نمود (۱۴).

محمدرضا قومی و همکاران در پژوهش خود با عنوان «استفاده هوشمندانه از آب‌های روان» به امکان اطفاء حریق به‌وسیله روان‌آب‌ها اشاره نموده‌اند (۱۵). کارتیک و همکاران در پژوهش خود با نام «استعدادهای آبی فاضلاب شهری» با بررسی بازیافت فاضلاب به‌منظور استفاده مجدد از آب در مقوله اطفاء حریق، در صورت رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی آب فاضلابی تصفیه‌شده را به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین جایگزین‌های قابل‌اتکا در این مسئله عنوان کرده‌اند (۱۶). کیهانیان و همکاران نیز در پژوهش خود با نام «استفاده مجدد از آب‌های شهری» مدل گندزدایی زیر را برای تصفیه فاضلاب و مناسب‌سازی آن جهت عملیات اطفاء معرفی کردند (۱۷).



شکل ۱: مدل گندزدایی آب‌های روان شهری به‌منظور بهینه‌سازی و استفاده در زمان اطفاء حریق (۱۸)

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

کیفیت آب مورداستفاده در اطفاء حریق موضوعی پیچیده است که اغلب برای اهداف آتش‌نشانی بیش‌ازحد ساده در نظر گرفته می‌شود. کیفیت آب به‌طورمعمول براساس مؤلفه‌های از پیش تعریف‌شده و توافق شده سنجیده می‌شود که اندازه‌گیری مؤلفه‌های فیزیکی (pH، دما، رسانایی)، شیمیایی (فلزات، مواد مغذی، آلی)، بیولوژیکی (سطح میکروبی، جلبک) و زیبایی‌شناسی (بو، طعم) آن باید مدنظر قرار گیرد.

به‌منظور بررسی کیفیت آب مورداستفاده در اطفاء حریق از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود در این میان عموم کارشناسان کیفیت آب قابل‌اتکا جهت جایگزینی به منظور اطفاء حریق را متناسب و در سطح آب تصفیه‌شده به‌منظور استفاده در مقاصدی نظیر « آب خانگی»، « آب صنعتی» و «آب کشاورزی» می‌دانند(۱۸).

کیفیت آب مورداستفاده در اطفاء حریق از دیدگاه دانش‌پژوهان بین‌المللی می‌تواند شاخصه‌های متفاوت، متعدد و بعضاً متناقضی با یکدیگر را در بربگیرد که این امر می‌تواند ناشی از تفاوت پتانسیل آبی بوم و اقلیم‌هایی باشد که محققین در خصوص آن تحقیق نموده‌اند. در جدول شماره ۱ می‌توان چکیده‌ای از تمامی مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های قابل‌اتکا در جایگزینی آب شرب شهری مورداستفاده در اطفا حریق را، از دیدگاه پیشینه مطالعاتی و نظر صاحب‌نظران جهانی مشاهده کرد. بدین ترتیب براساس نظر محقق، مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌ها براساس توالی تکرار آن‌ها و وابستگی عمومی‌شان به یکدیگر دسته‌بندی‌شده‌اند تا بتوان آن‌ها را از طریق روش تحقیق در معرض نظر خبرگان حاضر در جامعه آماری تحقیق قرارداد و بتوان مؤلفه‌های مندرج در جدول ۱ را که حاصل نظر پژوهشگران جهانی است با استفاده از فیلتر خبرگان داخلی در خصوص شهر تهران پالایش و بومی‌سازی نمود.

جدول ۱: مؤلفه‌های جایگزین آب شرب شهری به‌منظور اطفاء حریق و زیرمؤلفه‌های آن‌ها از دیدگاه منابع مطالعاتی (منبع: نگارنده)

مؤلفه	زیرمؤلفه	شاخص
فاضلاب‌های شهری	بهره‌گیری از تصفیه‌خانه	پیش‌بینی الگوی فاضلاب -مکان‌یابی مناسب تصفیه‌خانه- اضافه کردن فرایند فیلتراسیون
		جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های محلی و صنعتی به داخل مسیل‌ها
		پیش‌بینی تأسیسات پیش‌تصفیه- حل مشکل عدم ته‌نشینی لجن- بهینه‌سازی فرایندهای مرسوم - به‌کارگیری روش‌های تغذیه شیمیایی
	استفاده از چاه‌های سپتیک	جمع‌آوری فاضلاب به‌صورت هدفمند - بهسازی منابع انتقال، تصفیه
	رعایت استانداردهای محیط‌زیستی	کنترل کیفیت پساب و آب بازیافتی- حذف فسفرآزت، گندزدایی، ته‌نشینی ثانویه و هوادهی
		کلرزنی - حذف فلزات سنگین- مناسب نمودن شاخص TDS آب
		اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)- کل مواد جامد معلق (TSS)
روان‌آب‌ها	جمع‌آوری آب‌های سطحی	برنامه‌ریزی و سیاست گزاری - تصویب برنامه‌های تعدیل شهری
		کانال‌کشی، زه کشی و پمپاژ آب از رودخانه‌ها - استفاده از حوضچه‌های ذخیره رواناب- استفاده از باکس‌های نفوذپذیری
		استفاده از سنگ‌فرش‌های نفوذپذیر- استفاده از ترانشه‌های نفوذ
		جمع‌آوری آب باران - ساخت مخازن زیرزمینی- استفاده از پمپ‌های متحرک
	جلوگیری از آلودگی رودخانه‌ها	ایجاد پروژه سیل بند- ایجاد آشغال‌گیر
	تصفیه اولیه آلاینده	تنظیم علائم مناسب و واضح در مکان‌های بازیابی آب- ته‌نشینی اولیه
آب‌های سطحی	هدر رفتن آب	جمع‌آوری آب - نصب پمپ بر روی چاه‌های قنوات
	تهدید سیلاب و فاضلاب به فرصت	سرمایه‌گذاری برای مدیریت سیلاب مناطق- برآورد رواناب سطحی و دبی سیلاب
		ساخت و تقویت کانال انحرافی- سیستم پیش‌بینی و هشدار سیل- تقویت مخازن سدهای ذخیره‌ای- هدایت مسیر سیلاب‌ها به تصفیه‌خانه
	جلوگیری از آلودگی منابع آبی	تفکیک فاضلاب مراکز درمانی - تفکیک فاضلاب وابسته به انرژی اتمی

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

چکیده‌ای از تمامی مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های قابل‌اتکا در جایگزینی آب شرب شهری مورداستفاده در اطفا حریق از دیدگاه جهانی، جهت درک بهتر در شکل ۲ ترسیم شدند. در این مدل مؤلفه‌های؛ «روان‌آب‌ها «،»آب‌های سطحی «و «فاضلاب‌های شهری» به‌عنوان سه مؤلفه اصلی پیشنهادی جهت بررسی جایگزینی برای آب شرب شهری در مقوله اطفاء حریق معرفی شدند و برای هریک از آن‌ها تعدادی زیرمؤلفه مستخرج از پیشینه مطالعات در نظر گرفته شد. این زیرمؤلفه‌ها که در کادرهای مستطیل شکل معرفی‌شده‌اند هرکدام نمایانگر برداشت محقق یا محققینی در حوزه مدیریت شهری، آب منطقه‌ای و آتش‌نشانی از مفهوم ۳ مؤلفه اصلی در پژوهش‌های آن‌هاست. ازاین‌رو در شکل شماره ۲ با توجه به اطلاعات یافته شده از پیشینه پژوهش‌ها و مؤلفه‌های معرفی‌شده در جدول شماره ۲ تمامی متغیرهای قابل‌اتکا در جایگزینی آب آشامیدنی مورداستفاده در اطفاء حریق‌های شهری با ترسیم روابط علی و معلولی میان داده‌ها، به‌منظور مقایسه با مدل نهایی بومی ترسیمی در بخش یافته‌های پژوهش به‌صورت گرافیکی ترسیم شده‌اند.

روش تحقیق

بعد از مرور منابع علمی، اخذ نظرات خبرگان (مدیران آتش‌نشانی، شهری، شرکت آب و فاضلاب، محیط‌زیست و نخبگان دانشگاهی)، مؤلفه‌های منتخب به‌عنوان منابع جایگزینی آب شهری در اطفاء حریق تهران شناسایی شدند و در جدول شماره ۱ به نمایش درآمدند سپس جهت اولویت‌دهی و وزن‌دهی مؤلفه‌های جایگزین آب شرب برای اطفای حریق، در گام اول مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های تحقیق با استفاده از تکنیک دلفی- فازی در سه مرحله غربال شدند. در دو مرحله اول از روش دلفی - فازی، میزان اهمیت کلیه شاخص‌ها با دامنه ۱ الی ۱۰ (۱ پایین‌ترین و ۱۰ بالاترین ارزش) توسط جامعه خبرگان مورد پایش قرار گرفتند و شاخص‌هایی با میانگین امتیاز پایین‌تر از ۷ حذف شدند. شاخص‌های حذف‌شده عموماً شاخص‌هایی بودند که ازنظر خبرگان یا لازم و ضروری نبوده‌اند و یا شاخص‌های دیگر می‌توانستند مفهوم آنان را پوشش دهد. برخی از شاخص‌ها نیز با نظر خبرگان ازنظر نوشتاری تغییراتی پیدا کردند در مرحله سوم از گام اول شاخصی حذف نشد و خبرگان به اجماع دست یافتند. در گام دوم با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه ANP و فرایند تحلیل شبکه_دیمتل[1] اولویت‌بندی، وزن‌دهی مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌ها برای چهار بخش جغرافیایی شمال، جنوب، شرق و غرب تهران انجام شد[2] سپس سازگاری مؤلفه‌ها در آزمون[3] (C.R) مورد آزمون قرار گرفت. پس از تعیین مؤلفه و زیرمؤلفه‌های منتخب خبرگان، به‌منظور آزمون میزان عملی بودن مؤلفه‌های منتخب در شهر تهران، مؤلفه‌ای که بالاترین وزن را در میان سایر مؤلفه‌ها داشت امکان‌سنجی شد.

یافته‌ها:

براساس مطالعات پیشینه تحقیق مؤلفه‌های اصلی برای جایگزینی آب شرب در اطفا حریق شهر تهران، "فاضلاب‌های شهری»، «روان‌آب‌ها» و «آب‌های سطحی» شناسایی شدند. این مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های وابسته به آن‌ها در جدول شماره ۱ معرفی شدند. برای این مؤلفه‌های اصلی، ۹ زیرمؤلفه و شاخص‌های آن‌ها کد اختصاری تخصیص داده شد و در گام اول از طریق روش دلفی فازی از سوی خبرگان به‌منظور بومی‌سازی داده‌های مستخرج از پیشینه (طی سه مرحله) پایش شدند (جدول ۲)

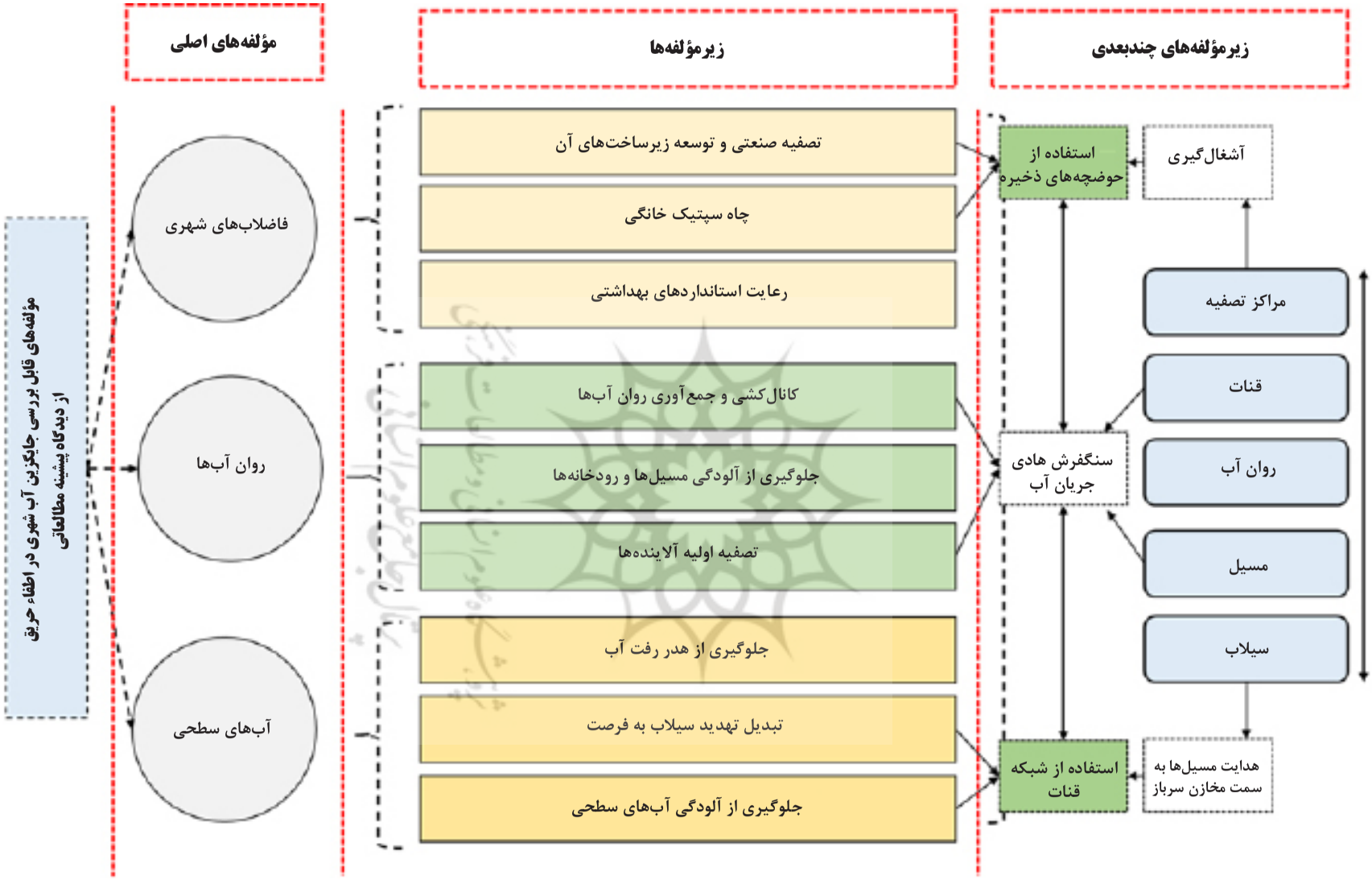
۱. در این روش از خروجی دیمتل (DEMATEL) به‌عنوان ورودیANP استفاده می‌کنیم به این صورت که ابتدا روش دیمتل پیاده‌سازی می‌شود و سپس در گام آخر توسط روابطی که روش دیمتل تعیین می‌کند اطلاعات خروجی دیمتل به عنوان داده‌های وردی در ANP بکار گرفته می‌شود. در این روش نیاز به دو پرسشنامه داریم یکی پرسشنامه دیمتل و دیگری پرسشنامه روش ANP همچنین در این تکنیک در مقایسات زوجی باید نرخ ناسازگاری ANPبررسی شود و همواره کمتر از ۰،۱ باشد.

۲. پرسشنامه‌های خبرگی تهیه‌شده همگی، مبتنی بر مقایسه زوجی تمامی عناصر با یکدیگر است و احتمال اینکه یک متغیر در نظر گرفته نشود صفر است؛ بنابراین چون تمامی معیارها در این سنجش موردتوجه قرارگرفته‌اند و طراح قادر به جهت‌گیری خاصی در طراحی سؤالات نیست پژوهش از روایی برخوردار است. پایائی پرسشنامه خبره نیز با محاسبه شاخص سازگاری براساس تحلیل سلسله مراتبی و از نوع مقیاس ساعتی به اثبات رسید.

3. Consistency ratios, CR

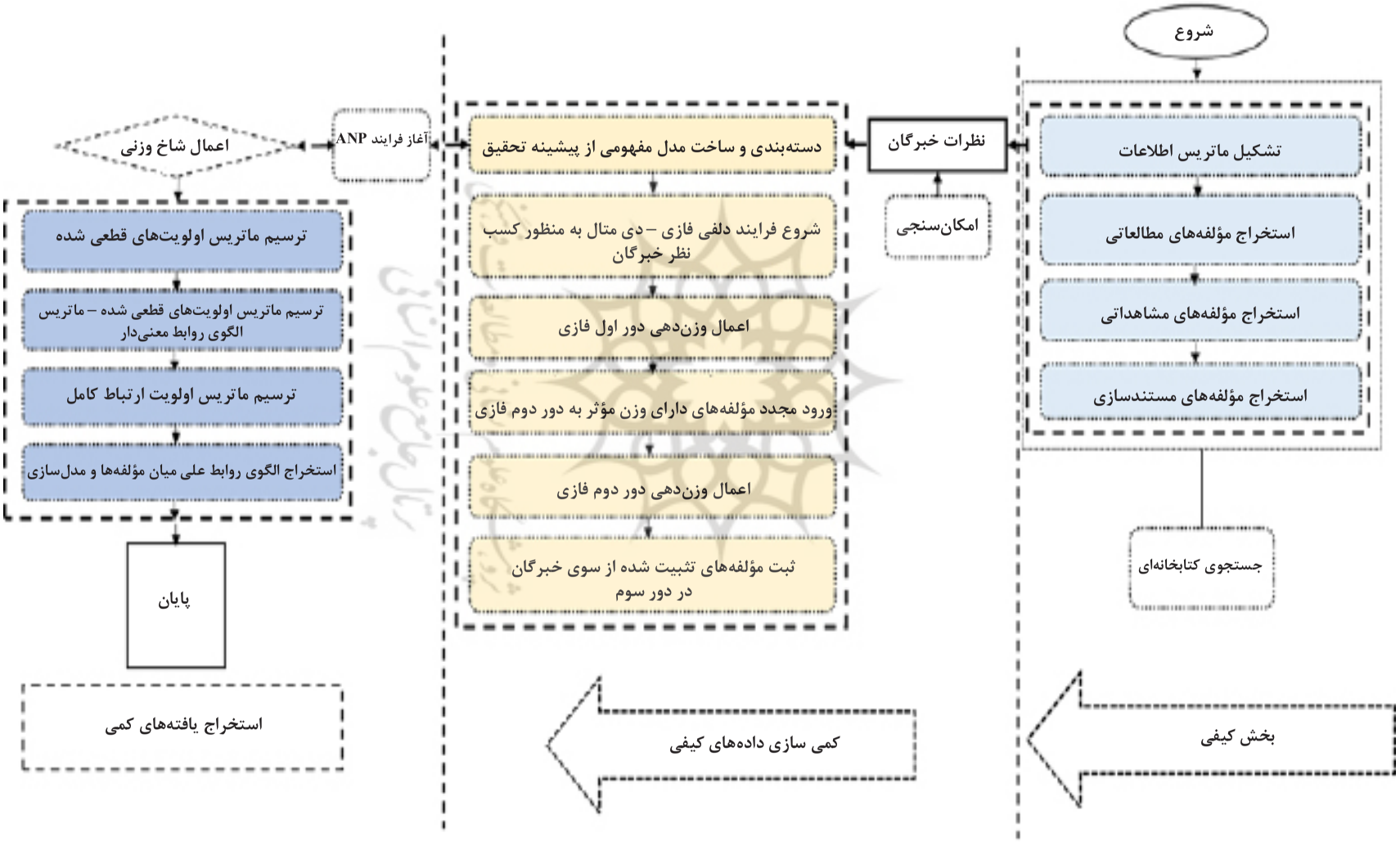
[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]



شکل ۲: مدل امکان‌سنجی مقدماتی مؤلفه‌های مستخرج از پیشینه تحقیق از دیدگاه صاحب‌نظران جهانی

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]



شکل ۳: فرآیند انجام تحقیق در دو فاز کیفی و کمّی

جدول ۲: مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌های غربال‌شده در سه‌گام دلفی - فازی

مؤلفه	نماد مؤلفه	زیرمؤلفه	نماد زیرمؤلفه	شاخص	نماد شاخص
فاضلاب‌های شهری	C1	بهره‌گیری از تصفیه‌خانه	S11	مکان‌یابی مناسب تصفیه‌خانه- پیش‌بینی الگوی کیفی و کمی جریان فاضلاب	S111- S112
				افزودن مرحله گندزدایی- اضافه کردن فرایند فیلتراسیون- جلوگیری از تخلیهٔ فاضلاب‌های محلی و صنعتی به داخل مسیل‌ها	S113- S114- S115
				پیش‌بینی تأسیسات پیش‌تصفیه- حل مشکل عدم ته‌نشینی لجن	S116- S117
				تأمین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های موردنیاز آتش‌نشانی- کمک گرفتن از مشاوران با تجربه و آگاه	S118- S119
				به‌کارگیری طرح پایدار برای اطمینان از عملکرد تصفیه‌ای هر واحد و صحت سنجی کیفیت	S1110
				هزینه انتقال آب- هزینه تصفیه‌خانه	S1111- S1112
		استفاده از چاه‌های سپتیک در فاضلاب خانگی	S12	جمع‌آوری فاضلاب به‌صورت هدفمند - ایجاد دو نوع لوله‌کشی فاضلاب و تفکیک و بازیافت آب خاکستری حاصل از روشویی	S121- S122
				بهسازی منابع –انتقال - تصفیه	S123- S124- S125
		رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی	S13	هوادهی- ته‌نشینی ثانویه- گندزدایی- حذف ازت- حذف فسفر- حذف فلزات سنگین- حذف فلزات سنگین	S131- S132- S133- S134- S135- S132136
				کاهش میزان کلیفرم کل آب بازیافتی به‌منظور افزایش کیفیت میکروبی آب- کاهش سختی آب ازجمله کاهش یون‌های کلسیم، منیزیم، استرانسیم، کادمیوم- کل مواد جامد معلق (TSS)	S137- S138- S139
روان‌آب‌ها	C2	کانال‌کشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی و باران	S21	استفاده از فرصت‌های نوسازی شهری در راستای روان‌آب‌ها- کانال‌کشی، زه کشی و پمپاژ آب از رودخانه‌ها و روان‌آب‌ها به هیدرانت‌های آتش‌نشانی- مذاکره با مقامات ذیصلاح برای تصویب برنامه‌های تعدیل شهری	S211- S212- S213
				استفاده از حوضچه‌های ذخیره رواناب- تعیین مکان‌های مناسب به‌عنوان منابع آب آتش‌نشانی در نقشه هماهنگ	S214- S215
				آموزش آب‌رسانی به موتورهای آتش‌نشانی با استفاده از پمپ‌های متحرک- آموزش استخراج آب موتورهای آتش‌نشانی از رودخانه‌ها- ایجاد اطلاعات مربوط به منابع آب برای استفاده اضطراری از طریق GPS	S216- S217- S218
				محاسبه مقدار لازم شیلنگ‌های آب برای استقرار واقعی آب‌رسانی در مکان‌های احتمالی- ساختن سیستم منحصر کننده آب برای سیستم آتش‌نشانی- ارزیابی دبی و کیفیت آب- ساخت مخازن زیرزمینی	S219- S2110- S2111- S2112
		جلوگیری از آلودگی مسیل‌ها و رودخانه‌ها	S22	ایجاد پروژه سیل بند- شناسایی منشأ آلاینده‌ها	S221- S222
				ایجاد آشغال‌گیر - تنظیم و نصب علائم واضح در مکان‌های بازیابی آب	S223- S224
		تصفیه اولیه	S23	آشغال‌گیری	S231

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

مؤلفه	نماد مؤلفه	زیرمؤلفه	نماد زیرمؤلفه	شاخص	نماد شاخص
آب‌های سطحی	C3	جلوگیری از هدر رفتن آب	S31	جمع‌آوری آب - به‌کارگیری سیستم مدیریتی برای جلوگیری از هدر رفتن منابع آبی- آگاهی‌رسانی به مردم	S311- S312- S313
		تبدیل تهدید سیلاب و فاضلاب به فرصت	S32	مدیریت سیلاب مناطق - برآورد رواناب سطحی و دبی سیلاب	S321- S322
				ساخت و تقویت کانال انحرافی- سیستم پیش‌بینی و هشدار سیل- بررسی دقیق و پیوسته شرایط طبیعی- استفاده از ظرفیت کنترل سیل سد	S323- S324- S325- S326
				عریض‌تر کردن مسیر سیلاب‌های احتمالی برای جلوگیری از گرفتگی احتمالی- هدایت مسیر سیلاب‌ها به تصفیه‌خانه -تقویت مخازن سدهای ذخیره‌ای	S327- S328- S329
		جلوگیری از آلودگی منابع آبی موجود	S33	تفکیک فاضلاب‌های وابسته به انرژی اتمی -تفکیک فاضلاب مراکز درمانی	S331- S332
				توسعه کامل سیستم EGO شهری -تشخیص و جلوگیری از ورود فاضلاب به روان آب	S333- S334

در ادامه گام دوم غربال‌گری مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌ها به‌منظور پایش نظرات خبرگان و محاسبه روابط علی فی‌مابین مؤلفه‌ها با تکنیک DE-MATEL آغاز شد. در این گام و در مرحله اول ماتریس ارتباط مستقیم میان مؤلفه‌های باقی‌مانده از غربال‌گری دلفی فازی (گام اول) تشکیل شد. در ادامه با استفاده از روش میانگین حسابی نظرات هر خبره ادغام و با محاسبه میانگین وزن فازی دیدگاه خبرگان، ماتریس ارتباط مستقیم اولیه (یا M عمومی) ترسیم شد، سپس برای تعیین نقشه روابط علی و معلولی شبکه (NRM) با در نظر گرفتن ارزش آستانه‌ای معادل با عدد ۰/۹۰۳ محاسبه شد و نرمال‌سازی ماتریس ارتباطات مستقیم آغاز گردید. با استفاده از این روش از روابط جزئی صرف‌نظر گردید و صرفاً شبکه روابط قابل‌اعتنا براساس حد آستانه مذکور ترسیم گشت. بدین ترتیب تنها روابطی که مقادیر آن‌ها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگ‌تر باشد در نقشه روابط علی و معلولی شبکه (NRM) نمایش داده شد. جداول شماره ۵ و ۶ به ترتیب به بیان ماتریس ارتباط کامل (T) مؤلفه‌های اصلی و الگوی روابط علی مؤلفه‌های مطالعه براساس روش دیمتل می‌پردازند[1].

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

جدول ۵: ماتریس ارتباط کامل (T) مؤلفه‌های اصلی

T-MATRIX	C1			C2			C3		
C1	۱,۹۲۶	۰,۲۴۶	۰,۰۷۰	۲,۱۳۰	۰,۴۳۹	۰,۲۳۸	۱,۶۷۷	۰,۱۳۲	۰,۰۸۱
C2	۲,۶۴۹	۰,۵۶۱	۰,۳۱۱	۲,۴۴۷	۰,۳۲۹	۰,۱۱۳	۲,۲۶۴	۰,۳۱۸	۰,۲۶۲
C3	۲,۳۶۲	۰,۴۵۰	۰,۱۹۸	۲,۴۱۰	۰,۴۸۰	۰,۲۳۵	۱,۸۷۲	۰,۱۲۱	۰,۰۵۹

جدول ۶: الگوی روابط علی مؤلفه‌های مطالعه

	D	R	D+R	D-R
فاضلاب‌های شهری	۲,۳۱۳	۲,۹۲۵	۵,۲۳۷	-۰,۶۱۲
روان‌آب‌ها	۳,۰۸۵	۲,۹۴۰	۶,۰۲۵	۰,۱۴۵
آب‌های سطحی	۲,۷۲۹	۲,۲۶۲	۴,۹۹۱	۰,۴۶۸

۱. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس T محاسبه شود. بعدازآنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچک‌تر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود. در این مطالعه ارزش آستانه برابر ۰,۹۰۳ به‌دست‌آمده است.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

در گام سوم روابط علی زیرمؤلفه‌ها با تکنیک DEMATEL جهت انعکاس ارتباطات درونی میان زیرمؤلفه‌ها از هر مؤلفه اصلی محاسبه شد و حاصل آن در جدول شماره ۷ به نمایش گزارده شده است. در این مرحله نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام‌شده ۰/۰۲۱۱ به‌دست‌آمده که کوچک‌تر از عدد حدی ۰/۱ است، بنابراین مقایسه‌های انجام‌شده روایی مدنظر را دارد

جدول ۷: ماتریس ارتباط کامل (T) زیرمؤلفه‌ها

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

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

سپس مؤلفه‌های تثبیت‌شده به کمک روش دلفی_فازی، این بار از طریق تهیه پرسشنامه برحسب طیف لیکرت مجدداً به تفکیک منطقه بندی شهر تهران (شمال –جنوب – شرق –غرب) طی دو گام بالا غربال شدند (آزمون سازگاری براساس نسبت‌های سازگاری (C.R) در این مرحله صورت پذیرفت). در جدول ۸ مقایسه وزن مؤلفه‌های اصلی در چهار قسمت مختلف شهر به تفکیک به نمایش درآمده است.

جدول ۸: مقایسه وزن مؤلفه‌های اصلی در چهار قسمت مختلف شهر

	شمال	جنوب	شرق	غرب
فاضلاب‌های شهری	۰,۱۵۰	۰,۱۲۱	۰,۲۸۱	۰,۱۲۰
روان‌آب‌ها	۰,۴۱۵	۰,۴۲۱	۰,۳۳۰	۰,۵۰۰
آب‌های سطحی	۰,۴۳۵	۰,۴۵۷	۰,۳۹۰	۰,۳۸۰
نرخ ناسازگاری	۰,۰۲۱۱	۰,۰۲۳۲	۰,۰۲۸۹	۰,۰۰۰۲

براساس نتایج نمایش داده‌شده جدول ۸ در هر سه قسمت شمال، شرق و جنوب مهم‌ترین مؤلفه از دیدگاه نخبگان «آب‌های سطحی» است و این مؤلفه در شمال تهران بیشترین امکان اجرایی را با وزن ۰/۴۳۵ به خود اختصاص داده است. در غرب تهران نیز مؤلفه استفاده «از روان‌آب‌ها» با وزن ۰/۵۰۰ نسبت به سایر مؤلفه‌ها وزن بالاتری را به‌منظور اجرایی شدن داشته است. با توجه به اینکه مؤلفه روان‌آب‌ها در بخش غربی تهران بالاترین وزن را در میان تمامی مؤلفه‌ها در تمامی مناطق به خود اختصاص می‌دهد این مؤلفه در بخش غربی به‌عنوان کاندید آزمون امکان‌سنجی مقاله در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۹: مقایسه وزن زیرمؤلفه‌های، مؤلفه فاضلاب شهری

	شمال	جنوب	شرق	غرب
بهره‌گیری از تصفیه‌خانه	۰,۴۸۷	۰,۳۸۵	۰,۵۲۳	۰,۵۵۱
استفاده از چاه‌های سپتیک در فاضلاب خانگی	۰,۳۸۹	۰,۴۶۴	۰,۲۹۸	۰,۳۴۸
رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط‌زیستی	۰,۱۲۴	۰,۱۵۱	۰,۱۸۰	۰,۱۰۱
نرخ ناسازگاری	۰,۰۷۷۰	۰,۰۸۳۱	۰,۰۱۶۴	۰,۰۶۲۰

نخبگان برای قسمت‌های شمال، شرق و غرب تهران بر این نظر بودند که زیرمؤلفه بهره‌گیری از تصفیه‌خانه برای شاخص «فاضلاب‌های شهری» از سایر زیرمؤلفه‌های متعلق به این مؤلفه ارزش بیشتری دارد. درصورتی‌که برای قسمت جنوب شهر تهران بر استفاده از زیرمؤلفه» چاه‌های سپتیک در فاضلاب خانگی» تأکید کردند.

جدول ۱۰: مقایسه وزن زیرمؤلفه‌های مؤلفه روان‌آب‌ها

	شمال	جنوب	شرق	غرب
کانال‌کشی و جمع‌آوری روان‌آب‌ها	۰,۶۱۹	۰,۳۴۷	۰,۴۰۸	۰,۷۰۶
جلوگیری از آلودگی مسیل‌ها و رودخانه‌ها	۰,۲۶۲	۰,۴۵۶	۰,۴۴۷	۰,۱۸۶
تصفیه اولیه آلاینده‌های آلی، معدنی، سمی و ...	۰,۱۱۸	۰,۱۹۷	۰,۱۴۴	۰,۱۰۸
نرخ ناسازگاری	۰,۰۰۵۴	۰,۰۰۵۴	۰,۰۰۲۶	۰,۰۵۶۲

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

همچنین نخبگان برای قسمت‌های شمال و غرب تهران بر این نظر بودند که زیرمؤلفه «کانال‌کشی و جمع‌آوری روان‌آب‌ها» از مؤلفه «روان‌آب‌ها» برای شاخص مذکور مهم‌ترین زیرمجموعه را تشکیل می‌دهد، درصورتی‌که برای قسمت شرق و جنوب شهر تهران بر زیرمؤلفه «جلوگیری از آلودگی مسیل‌ها و رودخانه‌ها» تأکید کردند. (جدول ۱۰)

جدول ۱۱: مقایسه وزن زیرمؤلفه‌های مؤلفه آب‌های سطحی

	شمال	جنوب	شرق	غرب
جلوگیری از هدر رفتن آب	۰,۵۷۴	۰,۶۹۵	۰,۶۰۸	۰,۵۳۷
تبدیل تهدید سیلاب به فرصت	۰,۲۳۰	۰,۱۶۱	۰,۲۳۹	۰,۲۱۵
جلوگیری از آلودگی منابع آبی	۰,۱۹۵	۰,۱۴۴	۰,۱۵۳	۰,۲۴۸
نرخ ناسازگاری	۰,۰۰۵۰	۰,۰۰۵۰	۰,۰۹۷۸	۰,۰۰۰۵

در جدول ۱۱ وزن زیرمؤلفه‌های مؤلفه «آب‌های سطحی» در چهار قسمت مختلف شمال، جنوب، شرق و غرب شهر تهران با یکدیگر مقایسه شدند. نخبگان برای همه قسمت‌های شمال، جنوب، شرق و غرب تهران بر این نظر بودند که زیرمؤلفه «جلوگیری از هدر رفتن آب» در این مؤلفه از سایر زیرمجموعه‌ها مهم‌تر است و در بین قسمت‌های مختلف شهر این زیرمؤلفه در قسمت جنوب با وزن ۰/۶۹۵ بیشترین وزن را در مقایسه با سایر قسمت‌ها دارد.

حال براساس روش تحقیق ترکیبی DEMATEL - ANP، اوزان نهایی استخراج‌شده از فرآیند دیمتل به داده‌های ورودی در روش ANP تبدیل می‌شوند و با ادغام ماتریس‌های نرمال و شناسایی ارتباط کامل فازی میان مؤلفه‌ها و زیرمؤلفه‌ها در هر یک از قسمت‌های چهارگانه شهر در سوپر ماتریس (ترسیم‌شده در نرم‌افزار سوپردسیژن)، وزن‌دهی و اولویت‌بندی نهایی برای هر یک از مؤلفه‌ها به دست می‌آید. همچنین بنابر نتایج به‌دست‌آمده از خروجی نرم‌افزار سوپردسیژن فرمول ریاضی مقیاس به‌دست‌آمده برای آلترناتیوهای احتمالی موجود برای تأمین آب آتش‌نشانی در بخش‌های چهارگانه شهر تهران به شرح زیر و براساس کدهای یکتا اختصاصی به هر زیرمؤلفه محاسبه گشت.

- فرمول جایگزین‌های قابل‌اتکا در اطفاء حریق بدون استفاده از آب آشامیدنی به‌دست‌آمده برای بخش شمالی شهر تهران بدین‌صورت است:

Y شمال =0.0183 S111+ 0.005 S112+ 0.0138 S113+ 0.007 S114+ 0.0124 S115+ 0.0079 S116+ 0.0058 S117+0.0227 S118+0.0125 S119+ 0.0057 S110+ 0.0234 S121+ 0.0545 S122+ 0.0059 S123+ 0.129 S124+ 0.0146 S125+ 0.0061 S131+ 0.0077 S132+ 0.0321 S133+ 0.0177 S134+ 0.0152 S135+ 0.0141 S136+ 0.0075 S137+ 0.0074 S138+ 0.0041 S139+ 0.024 S211+ 0.0127 S212+ 0.0038 S213+ 0.0038 S214+ 0.0077 S215+ 0.014 S216+ 0.0082 S217+ 0.0158 S218+ 0.0051 S219+ 0.0089 S2110+ 0.002 S2111+ 0.0153 S2112+ 0.0153 S221+ 0.0357 S222+ 0.0512 S223+ 0.0089 S224+ 0.0748 S231+ 0.036 S232+ 0.0579 S311+ 0.036 S312+ 0.017 S313+ 0.0113 S321+ 0.009 S322+ 0.0164 S323+ 0.0097 S324+ 0.005 S325+0.0217 S326+ 0.0146 S327+ 0.0134 S328+ 0.0096 S329+0.0448 S331+0.0249 S332+0.0173 S333+0.0238 S334

- فرمول جایگزین‌های قابل‌اتکا در اطفاء حریق بدون استفاده از آب آشامیدنی به دست آمده برای بخش جنوبی شهر تهران بدین‌صورت است:

Y جنوبی =0.0163 S111+ 0.0061 S112+ 0.0135 S113+ 0.0068 S114+ 0.013 S115+ 0.0076 S116+ 0.0063 S117+ 0.0225 S118+ 0.0128 S119+ 0.0063 S1110+ 0.0159 S121+ 0.0448 S122+ 0.0298 S123+ 0.0077 S124+ 0.0131 S125+ 0.0028 S131+ 0.0071 S132+ 0.0292 S133+ 0.0165 S134+ 0.0159 S135+ 0.0131 S136+ 0.0106 S137+ 0.0107 S138+ 0.0053 S139+ 0.024 S211+ 0.0123 S212+ 0.0039 S213+ 0.0039 S214+ 0.0078 S215+ 0.0137 S216+ 0.0083 S217+ 0.016 S218+ 0.005 S219+ 0.0088 S2110+ 0.002 S2111+ 0.0054 S2112+ 0.0117 S221+ 0.0317 S222+ 0.043 S223+ 0.0248 S224+ 0.093 S231+ 0.0179 S232+ 0.057 S311+ 0.0367 S312+ 0.0173 S313+ 0.0064 S321+ 0.0086 S322+ 0.0159 S323+ 0.0108 S324+ 0.0051 S325+ 0.0214 S326+ 0.014 S327+ 0.0128 S328+ 0.0163 S329+ 0.0447 S331+ 0.0249 S332+ 0.0173 S333+0.0238 S334

- فرمول جایگزین‌های قابل‌اتکا در اطفاء حریق بدون استفاده از آب آشامیدنی به‌دست‌آمده برای بخش شرقی شهر تهران بدین‌صورت است:

Y شرقی =0.0089 S111+ 0.0025 S112+ 0.0069 S113+ 0.0035 S114+ 0.0062 S115+ 0.004 S116+ 0.0029 S117+ 0.0114 S118+ 0.0063 S119+ 0.0028 S1110+ 0.0103

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

S121+ 0.0245 S122+ 0.003 S123+ 0.0124 S124+ 0.0057 S125+ 0.0031 S131+ 0.0038 S132+ 0.016 S133+ 0.0088 S134+ 0.0076 S135+ 0.007 S136+ 0.0037 S137+ 0.0037 S138+ 0.0021 S139+ 0.0086 S211+ 0.0068 S212+ 0.0024 S213+ 0.002 S214+ 0.0043 S215+ 0.0071 S216+ 0.0046 S217+ 0.0074 S218+ 0.0028 S219+ 0.0051 S2110+ 0.0012 S2111+ 0.0031 S2112+ 0.0125 S221+ 0.0161 S222+ 0.0192 S223+ 0.0073 S224+ 0.0465 S231+ 0.0089 S232+ 0.0252 S311+ 0.0206 S312+ 0.0097 S313+ 0.0109 S321+ 0.0056 S322+ 0.0047 S323+ 0.005 S324+ 0.0027 S325+ 0.0088 S326+ 0.0058 S327+ 0.0069 S328+ 0.0053 S329+ 0.0223 S331+0.0124 S332+ 0.0086 S333+ 0.0119 S334

- فرمول جایگزین‌های قابل‌اتکا در اطفاء حریق بدون استفاده از آب آشامیدنی به‌دست‌آمده برای بخش غربی شهر تهران بدین‌صورت است:

Y غربی =0.0219 S111+ 0.0049 S112+ 0.008 S113+ 0.0061 S114+ 0.0151 S115+ 0.008 S116+ 0.0058 S117+ 0.0202 S118+ 0.0149 S119+ 0.0063 S1110+ 0.0315 S121+ 0.0499 S122+ 0.087 S123+ 0.0097 S124+ 0.0115 S125+ 0.0059 S131+ 0.009 S132+ 0.0311 S133+ 0.017 S134+ 0.0155 S135+ 0.0139 S136+ 0.0073 S137+ 0.0073 S138+ 0.0041 S139+ 0.0284 S211+ 0.0153 S212+ 0.0042 S213+ 0.0044 S214+ 0.0086 S215+ 0.0024 S216+ 0.0062 S217+ 0.0177 S218+ 0.0052 S219+ 0.0099 S2110+ 0.0024 S2111+ 0.0062 S2112+ 0.0147 S221+ 0.0408 S222+ 0.0419 S223+ 0.133 S224+ 0.0554 S231+ 0.0552 S232+ 0.0584 S311+ 0.0356 S312+ 0.0167 S313+ 0.0042 S321+ 0.0086 S322+ 0.0145 S323+ 0.0096 S324+ 0.0052 S325+ 0.0182 S326+ 0.0123 S327+0.0282

آزمون امکان‌سنجی نظر نخبگان برای بخش غربی تهران

بخش غربی شهر تهران دارای مساحتی قریب بر ۱۸۰،۰۰۰ هکتار است، باوجود ۲،۴۰۰،۰۰۰ نفر جمعیت و ۷۱۰،۰۰۰ خانوار، دارای مجموع ۹۷،۰۰۰ واحد غیرمسکونی و ۷۶۰،۰۰۰ واحد مسکونی است. با توجه به دیدگاه نخبگان پیرامون مؤلفه ارجح در بخش مذکور (روان‌آب‌ها) رودهای جاری در بوستان‌های پردیسان، نهج‌البلاغه و مرادآباد به‌عنوان منابع پایدار آبی غرب تهران انتخاب شدند. (برای تأمین آب حوضچه‌های؛ سایت بوستان پردیسان از آب رودخانه درکه، سایت بوستان نهج‌البلاغه از رودخانه فرحزاد و سایت بوستان مرادآباد از رودخانه مرادآباد استفاده می‌گردد.)

جدول ۱۲: میزان دبی متوسط سالانه رودخانه‌های دائمی منطقه ۲ تهران (فرحزاد، درکه و مرادآباد)

رودخانه	متوسط دبی (مترمکعب بر ثانیه)
فرحزاد	۰،۲۵
درکه	۰،۴
حصارکی (مرادآباد)	۰،۱۶

با در نظر گرفتن متوسط دبی هریک از منابع آب پایدار موجود در منطقه (رودخانه‌ها) مدل‌های تهیه‌شده برای هرکدام از بستر رودها را می‌توان با دقت مناسب و براساس موارد مشابه اجرایی در سطح جهانی ترسیم کرد.

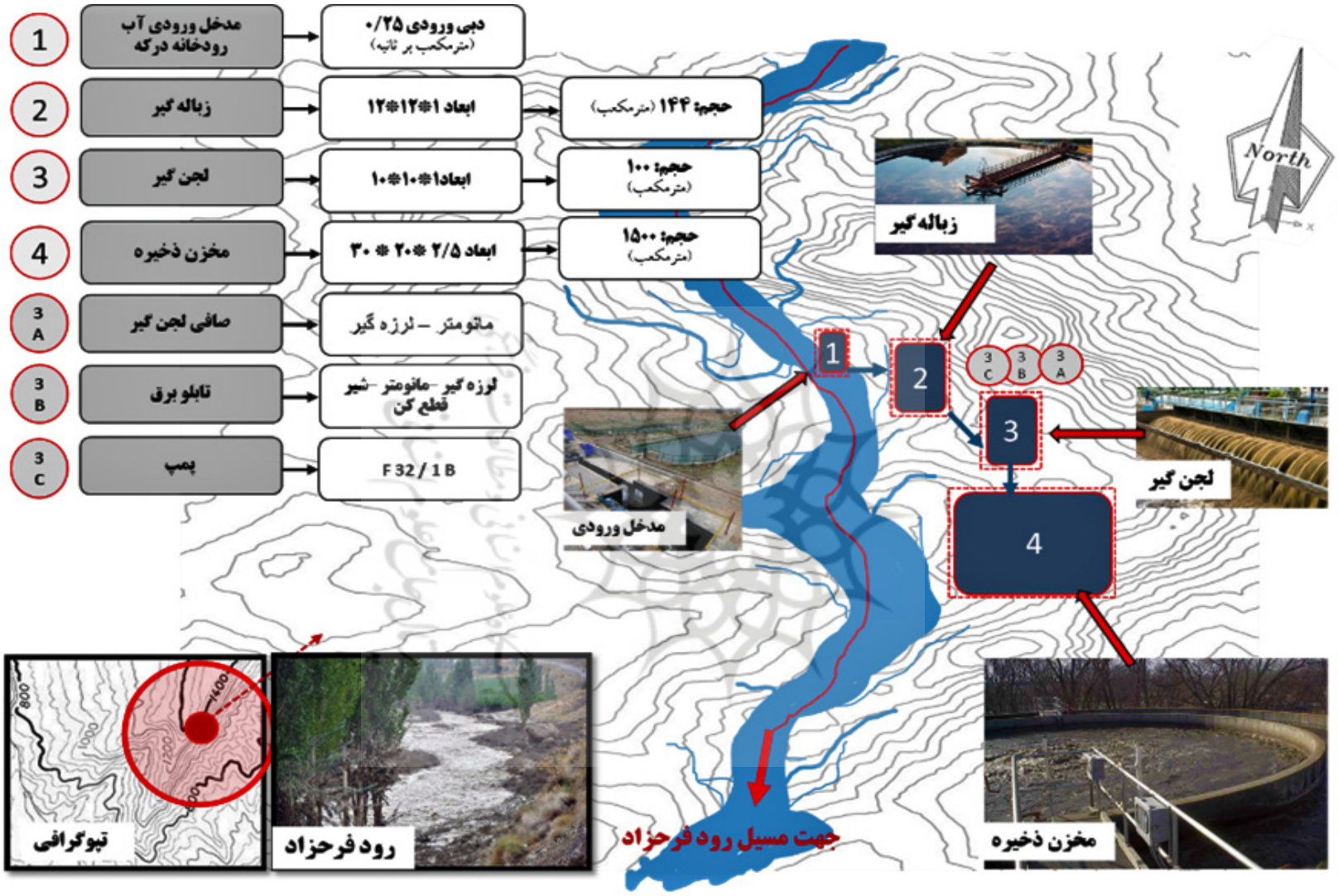
۱- **بستر رودخانه فرحزاد:** میزان دبی متوسط تخمینی قابل‌برداشت از رودخانه فرحزاد در طول یک سال براساس شکل ۴ و اطلاعات جدول ۱۳ عبارت است از:

$$V = 365 * 24 * 60 * 60 * 0.25 = 7.884.000 m^3/yer$$

مدل پیشنهادی جهت ذخیره آب مازاد از بستر رودخانه فرحزاد با در نظر گرفتن ابعاد تخمینی حوضچه‌ها در شکل شماره ۴ به تصویر کشیده شده است. در این شکل برای رودخانه فرحزاد حوضچه مقدماتی با ابعاد پیشنهادی ۱ *۱۲*۱۲ متر جهت زباله‌گیری (مجهز به تابلو برق و پمپ)، حوضچه میانی جهت لجن‌گیری به ابعاد ۱۰*۱۰*۱ (مجهز به صافی‌های لجن‌گیر در قبل از پمپ‌های مکش آب از حوضچه زباله‌گیر) و حوضچه نهایی به‌عنوان مخزن ذخیره اصلی آب به ابعاد ۲/۵ *۱۰*۳۰ موردنیاز جهت ذخیره آب اطفاء حریق (مجهز به پمپ‌های مکش از حوضچه میانی، لرزه‌گیر و شیرهای قطع کن جریان در مسیر انتقال آب از حوضچه لجن‌گیر به مخزن نهایی) نمایش داده‌شده است.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

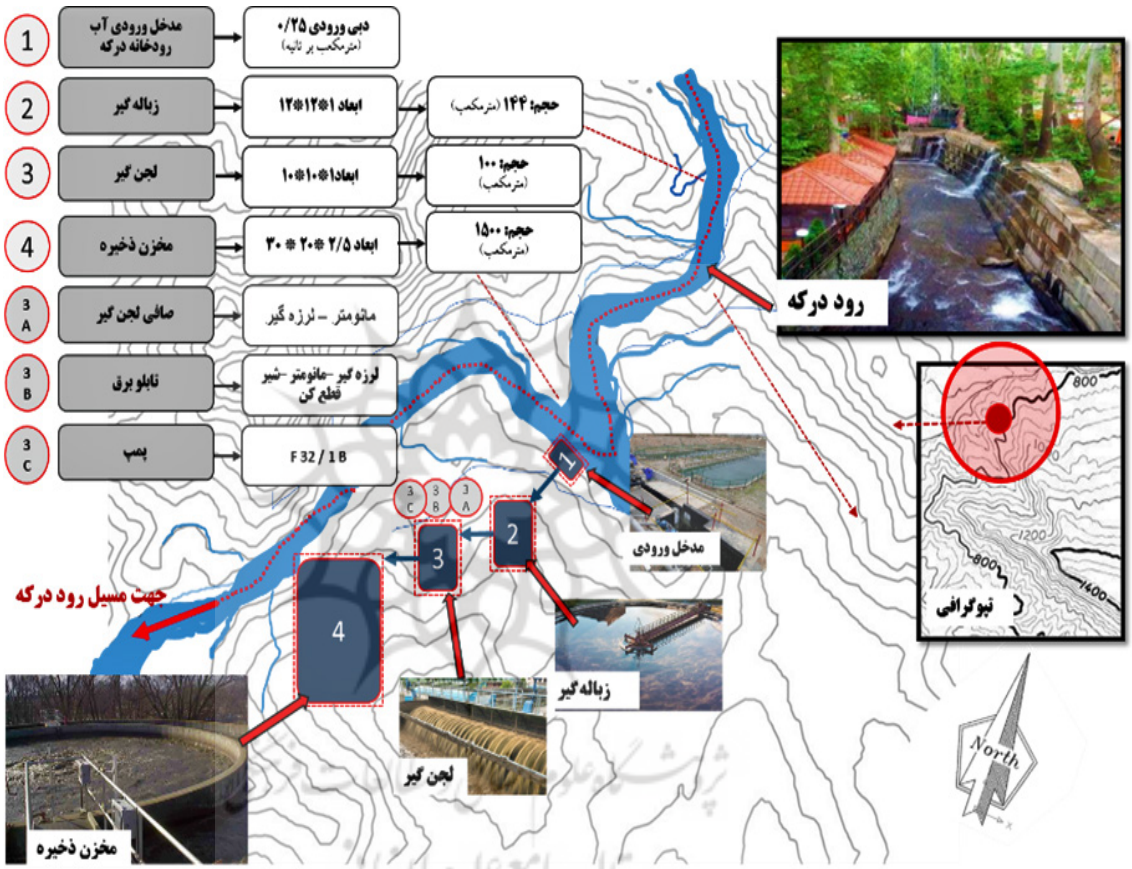
[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]



شکل ۴: مدل پیشنهادی جهت ذخیره آب مازاد از بستر رودخانه فرحزاد

۲- **بستر رودخانه درکه:** دیاگرام شکل شماره ۴ از مدل پیشنهادی جهت ذخیره آب مازاد از بستر رودخانه درکه با در نظر گرفتن ابعاد تخمینی حوضچه‌ها و سلسله‌مراتب جانمایی ادوات به تصویر کشیده شده است. میزان دبی متوسط تخمینی قابل برداشت از رودخانه درکه در طول یک سال براساس شکل ۵ و اطلاعات جدول ۱۳ عبارت است از:

$$V = 365 * 24 * 60 * 60 * 0.4 = 12.614.400m^3/yer$$



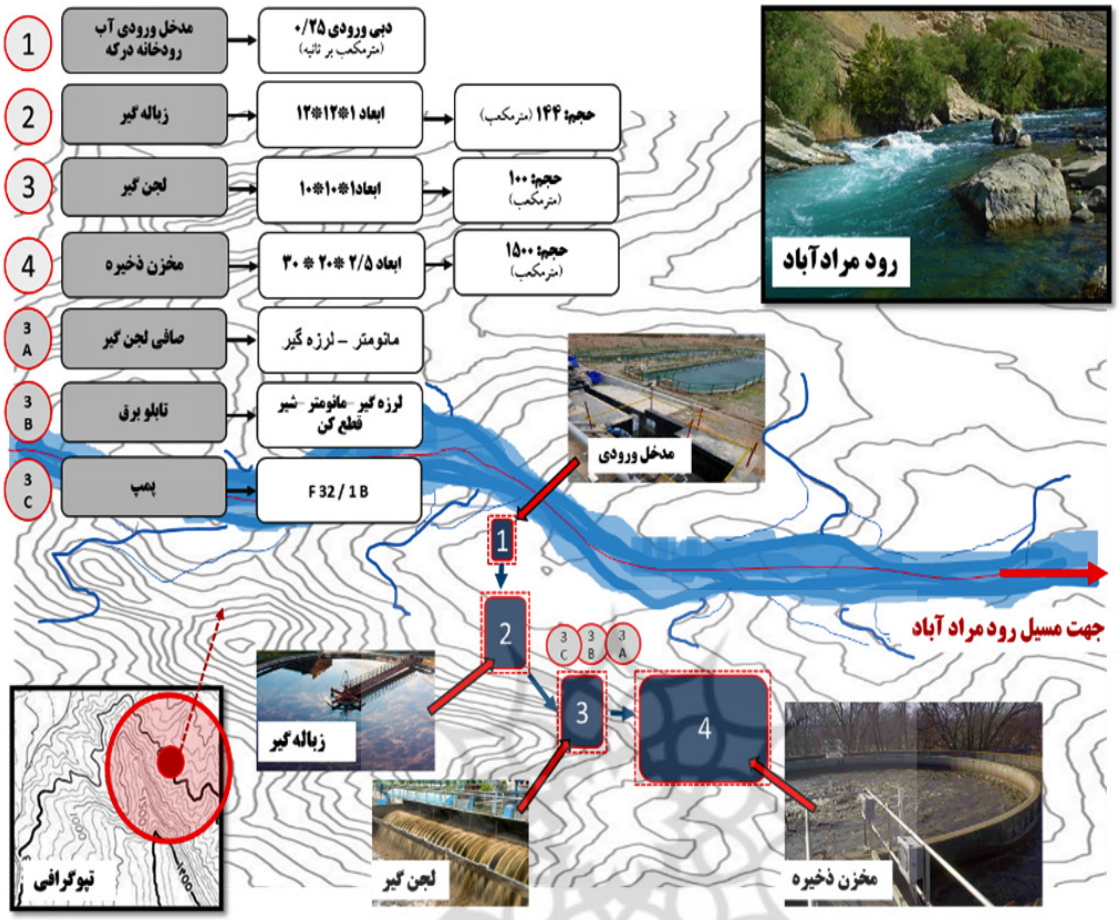
شکل ۵: مدل پیشنهادی جهت ذخیره آب مازاد از بستر رودخانه درکه

۳- **بستر رودخانه مرادآباد (حصارکی):** مدل پیشنهادی جهت ذخیره آب مازاد از بستر رودخانه مرادآباد با در نظر گرفتن ابعاد تخمینی حوضچه‌ها، سلسله‌مراتب جانمایی ادوات، موردنیاز به‌منظور تجهیز حوضچه و شیب قالب سایت حصارک در شکل شماره ۴ به تصویر کشیده شده است. میزان دبی متوسط تخمینی قابل‌برداشت از رودخانه مرادآباد در طول یک سال براساس شکل ۶ و اطلاعات جدول ۱۳ عبارت است از:

$$V = 365 * 24 * 60 * 60 * 0.16 = 5.045.760m^3/yer$$

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]



شکل ۶: مدل پیشنهادی جهت ذخیره آب مازاد از بستر رودخانه مرادآباد

درمجموع سه رودخانه بالا با توجه به رابطه شماره ۱ سالانه به‌طور متوسط بیش از ۲۵ میلیون لیتر امکان ذخیره آب در خود را دارند:

$$V = 7.884.000 + 12.614.400 + 5.045.760 = 25.544.160 m^3/yer$$ **(رابطه شماره ۱)**

در ادامه و براساس مصاحبه حضوری با معاون و مدیران عملیاتی آتش‌نشانی تهران به‌منظور محاسبه بحرانی‌ترین حالت ممکن در مصرف ذخایر آبی در عملیات اطفاء حریق؛ سناریویی با وقوع هم‌زمان حریق در ۵ نقطه فرضی در بخش غربی شهر تهران با در نظر گرفتن احتمال حریق برگشتی تعریف شد؛ در این سناریو برای هر حریق ۵ خودروی منبع دار آتش‌نشانی با پمپ NH30 باقدرت آبدهی ۳۰۰۰ لیتر در دقیقه، به‌منظور توان کار کردن به مدت ۴ ساعت اختصاص داده شد؛ بنابراین سناریو حداکثر میزان برآورد مصرف در بحرانی‌ترین روز برابر خواهد بود با:

$$V = 5 * 4 * 60 * 5 * 3.000 = 18/000 \frac{m^3}{day}$$ **(رابطه شماره ۲)**

لذا با توجه به برآورد حداکثر میزان آب مورداستفاده به‌منظور اطفاء حریق در بحرانی‌ترین روز سال، مقدار آب ذخیره سالانه کسب‌شده از رودها (ذخیره‌شده در مخازن) -که قریب ۲۶ میلیون لیتر برآورد شده است - (رابطه شماره ۱) بر ۳۶۵

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

روز سال تقسیم شد تا متوجه شویم مخازن جمع‌آوری آب پیشنهادی کفاف تأمین آب موردنیاز برای اطفاء حریق در بحرانی‌ترین روز از یک سال را می‌دهند یا خیر؟ مقدار آب ذخیره‌شده روزانه و در دسترس از مخازن پیشنهادی برابر خواهد بود با:

$$\frac{25544160}{365} = 69/984\ m^3/day$$ (رابطه شماره ۳)

براساس رابطه شماره ۳ میزان آب 69/984 مترمکعب برای یک روز از سال در مخازن عملاً ۳,۸ برابر بیشتر از مصرف حداکثر آب موردنیاز تخمین زده‌شده برای اطفا حریق در بحرانی‌ترین سناریو تعریفی در بخش غربی تهران است. ازاین‌رو این موضوع امکانی را فراهم می‌کند تا برای مازاد آب جمع‌آوری‌شده در مخازن در صورت آنکه ایجاد مجموعه‌های ذخیره آب مازاد سطحی در بستر سه رود مذکور ازلحاظ مالی دارای توجیه باشد، استفاده‌های دیگری نظیر آبیاری فضاهای سبز و ... را نیز پیش‌بینی کرد. در جدول شماره ۱۳ مجموع برآورد هزینه طرح توجیهی فنی و اقتصادی مربوطه برای سه سایت (شامل انتقال، تصفیه و ذخیره‌سازی آب در بخش غربی تهران) برای مصارف آتش‌نشانی براساس فهرست‌بهای سال ۲۰۲۴ میلادی وزارت راه و شهرسازی ایران محاسبه‌شده است.

جدول ۱۳: مجموع برآورد هزینه طرح فنی و اقتصادی مربوطه برای سه سایت (شامل انتقال، تصفیه و ذخیره‌سازی آب در بخش غربی تهران) برای مصارف آتش‌نشانی

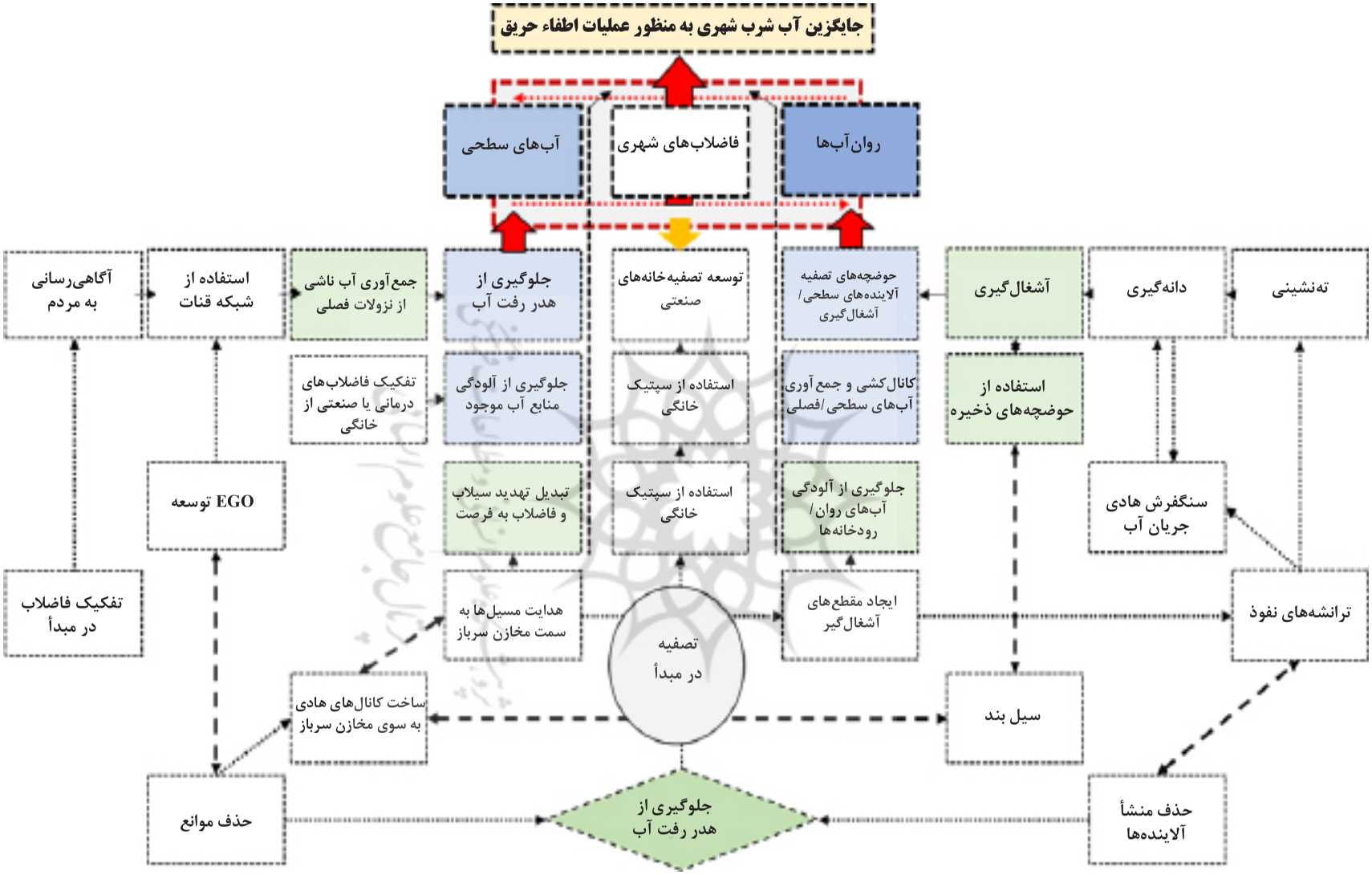
الف) هزینه تجهیزات سیستم انتقال آب	۲۴۱,۳۹۶,۰۰۰,۰۰۰ ریال
ب) هزینه اجرای فعالیت‌های عمرانی	۱۵۴۶,۵۴۷,۹۷۳,۲۳۶ ریال
مجموع کل برآورد (سه سایت)	۱۰۷ میلیارد تومان «۱,۰۷۷,۹۴۳,۹۷۳,۲۳۶ ریال» معادل: ۱/۸ میلیارد دلار

هزینه اجرایی ذخیره‌سازی روان‌آب‌ها در بخش غربی تهران، براساس فهرست‌بهای رسمی کشور ۱۰۸ میلیارد تومان برآورد می‌شود و در قیاس با آمار شرکت آبفای کشور ایران که هزینه استخراج و تصفیه برای تولید یک لیتر آب شیرین را حدوداً ۱۵ هزار تومان برآورد می‌کند نتیجه گرفته می‌شود برای تولید میزان آب شیرین برابر با حجم معادل قابل‌برداشت از «روان‌آب‌ها»، هم‌اکنون سالانه حدود ۴۰۰ میلیارد تومان هزینه صرف می‌شود که این موضوع نشان می‌دهد طی یک سال ۴ برابر هزینه ساخت مخازن ذخیره آب دائمی جهت استفاده از پتانسیل «روان‌آب‌ها»، صرف تولید و تصفیه آب آشامیدنی شهری مورداستفاده در اطفاء حریق می‌شود.

حال با توجه به مؤلفه‌های مدنظر خبرگان و همچنین امکان‌سنجی یافته‌های مدنظر در بخش غربی تهران و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده با اوزان مشخص در روش ترکیبی آماری دیمتل، ANP ساخت مدلی از عوامل مؤثر بر منابع جدید مورداستفاده به‌عنوان منبع آب اطفای حریق آتش‌نشانی را می‌توان در قیاس با مدل نمایش داده‌شده در شکل ۲ که از مفهوم مقصود غیربومی این پژوهش است ترسیم کرد. (شکل شماره ۴)

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]



شکل ۴: مدل تحلیل در تحلیل اطلاعات مستخرج از مقالات

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی جایگزین‌های قابل‌اتکا در اطفاء حریق به‌جای استفاده از آب آشامیدنی در شهر تهران، براساس روش دلفی فازی و معادلات ساختاری ANP در ترکیب با تکنیک دیمتل پرداخته‌شده است. پس از استخراج شاخص‌ها از متون مرتبط، طی سه مرحله توزیع پرسشنامه با رویکرد دلفی-فازی، شاخص‌ها از دیدگاه نخبگان غربال شدند همچنین برای بررسی پایایی داده‌ها از ضریب کندال و آزمون سازگاری C.R استفاده شد. (ضریب توافق کندال در سه مرحله پایش دلفی_فازی برای مؤلفه‌ها به ترتیب برابر ۰/۳۳۲، ۰/۴۰۳ و ۰/۴۱۹ در نظر گرفته شد)

براساس نتایج پژوهش و اطلاعات نمایش داده‌شده جدول ۸، در هر سه قسمت شمال، شرق و جنوب مهم‌ترین مؤلفه از دیدگاه نخبگان مدیریت شهری تهران «آب‌های سطحی» است و این مؤلفه در شمال تهران بیشترین امکان اجرایی را با وزن ۰/۴۳۵ به خود اختصاص داده است. در غرب تهران نیز مؤلفه استفاده «از روان‌آب‌ها» با وزن ۰/۵۰۰ نسبت به سایر مؤلفه‌ها وزن بالاتری را به‌منظور اجرایی شدن داشته است. در میان سه شاخص اصلی مؤلفه «فاضلاب‌های شهری» در هر چهارسوی شهر تهران کمترین وزن را جهت امکان جایگزینی با آب شرب شهری به خود اختصاص داده است که این امر را می‌توان به هزینه‌های گزاف احداث تصفیه‌خانه‌های مجزا به‌منظور تبدیل فاضلاب به آب مناسب برای اطفاء حریق در عمل دانست.

نخبگان برای همه قسمت‌های شمال، جنوب، شرق و غرب تهران بر این نظر بودند که زیرمؤلفه جلوگیری از هدر رفتن آب از زیرمجموعه شاخص آب‌های سطحی، در این مؤلفه از سایر زیرمؤلفه‌ها برای شهر تهران با اختلاف مهم‌تر است، همچنین در بین قسمت‌های مختلف شهر تهران این زیرمؤلفه در قسمت جنوب با وزن ۰/۶۹۵ بیشترین وزن را در مقایسه با سایر بخش‌ها دارد. کارشناسان برای قسمت‌های شمال و غرب تهران بر این نظر بودند که زیرمؤلفه «کانال‌کشی و جمع‌آوری روان‌آب‌ها » در مؤلفه «روان‌آب‌ها» برای شهر تهران از همه مهم‌تر است، درصورتی‌که نخبگان برای قسمت شرق و جنوب شهر تهران بر جلوگیری از آلودگی مسیل‌ها و رودخانه‌ها تأکید کردند. این امر را می‌توان ناشی از وضعیت جغرافیایی شهر تهران و سوابق عدیده از وجود سیل آب‌های فصلی و وجود بسترهای متعدد رودخانه‌ای نظیر رود درکه و ... در قسمت شمال و غرب تهران دانست.

برطبق محاسبات مشخص شد می‌توان انتظار ذخیره آبی برابر با حجم $25544160m^3/yer$ و $69/984\ m^3/day$، از بستر رودخانه‌های جاری منطقه غربی تهران در مخازن پیشنهادی را داشت و با تخمین زدن $18/000\frac{m^3}{day}$ به‌عنوان حداکثر میزان حجم آب موردنیاز جهت اطفاء حریق در بحرانی‌ترین حالت ممکن در یک روز براساس سناریو پیشنهادی مدیران عملیاتی آتش‌نشانی تهران مشخص می‌شود حجم آب ذخیره‌شده در مخازن پیشنهادی، به‌منظور استفاده به‌جای آب شرب شهری می‌تواند تا ۳/۸ برابر بیشتر از حداکثر میزان موردنیاز آب در بحرانی‌ترین شرایط احتمالی حریق را فراهم نماید فلذا می‌توان پیشنهاد داد مازاد این آب در برنامه‌ریزی به‌منظور تأمین منابع به‌منظور استفاده در مقاصد «تصفیه آب خانگی برای مصرف غیر شرب»، « تصفیه آب صنعتی در صنایع» و «تأمین آب کشاورزی» مدنظر قرار گیرد.

هزینه اجرایی ذخیره‌سازی روان‌آب‌ها در بخش غربی تهران، براساس فهرست‌بهای رسمی کشور ۱۰۸ میلیارد تومان برآورد می‌شود و در قیاس با آمار شرکت آبفای کشور ایران که هزینه استخراج و تصفیه برای تولید یک لیتر آب شیرین را حدوداً ۱۵ هزار تومان برآورد می‌کند نتیجه گرفته می‌شود برای تولید میزان آب شیرین برابر با حجم معادل قابل‌برداشت از «روان‌آب‌ها»، سالانه می‌توان حدود ۴۰۰ میلیارد تومان هزینه صرف کرد که این موضوع نشان می‌دهد طی یک سال ۴ برابر هزینه ساخت مخازن ذخیره آب دائمی جهت استفاده از پتانسیل «روان‌آب‌ها»، صرف تولید و تصفیه آب آشامیدنی شهری مورداستفاده در اطفاء حریق می‌شود لذا احداث مخازن پیشنهادی صرفه اقتصادی قابل‌توجهی را بالأخص با طی زمان چندساله به همراه خواهد داشت.

منابع

1. Abedinzadeh, N., Shariat, M., Monavari, S.M. & Pendashteh, A. (2018) Evaluation of color and COD removal by Fenton from biologically (SBR) pre-treated pulp and paper wastewater. Process Safety and Environmental Protection, 116, 82–91. Available from: https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.01.015.
2. Abid, M.F., Alwan, G.M. & Abdul-Ridha, L.A. (2016) Study on catalytic wet air oxidation process for phenol degradation in synthetic wastewater using trickle bed reactor. Arabian Journal for Science and Engineering, 41(7), 2659–2670. Available from: https://doi.org/10.1007/s13369-016-2171-x.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

13. Guo, Q., Qi, F., Mu, R., Yu, G., Ma, G. & Meng, Q. (2023) Advances in sustainable wastewater treatment: Microalgal–bacterial consortia process, greenhouse gas reduction and energy recovery technologies. Water and Environment Journal, 37(2), 192–205. Available from: https://doi.org/10.1111/wej.12839.
14. Iqbal, U., Riaz, M.Z.B., Barthelemy, J., Perez, P. & Idrees, M.B. (2023) the last two decades of computer vision technologies in water resource For Urban Fire Distinguishing management: A bibliometric analysis. Water and Environment Journal, 37(3), 373–389. Available from: https://doi.org/10.1111/wej.12845.
15. Jidapa Kasipiyawong, Ulrike Gayh, Mohammad Reza Ghomi; The potential of rainwater harvesting and greywater recycling as an alternative domestic water resource in Bahnstadt-Heidelberg, Germany. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 1 July 2024; 14 (7): 486–496. doi: https://doi.org/10.2166/washdev.2024.208.
16. Karthick K, S. Krishnan, R. Manikandan; Water quality prediction: a data-driven approach exploiting advanced machine learning algorithms with data augmentation. Journal of Water and Climate Change 1 February 2024; 15 (2): 431–452. doi: https://doi.org/10.2166/wcc.2023.403.
17. Kayhanian, M., & Tchobanoglous, G. (2016). Water reuse in Iran with an emphasis on potable reuse. Scientia Iranica, 23(4), 1594-1617.
18. 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).
19. Lavrnić, 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.
20. Liu, W.-H., Zhang, C.-G., Gao, P.-F., Liu, H., Song, Y.-Q. and Yang, J.-F. (2017), Advanced treatment of tannery wastewater using the combination of UASB, SBR, electrochemical oxidation and BAF. J. Chem. Technol. Biotechnol., 92: 588-597. https://doi.org/10.1002/jctb.5037.
21. Lohani, S.P., Bakke, R. and Khanal, S.N. (2015), A septic tank-UASB combined system for domestic wastewater treatment: a pilot test. Water and Environment Journal, 29: 558-565. https://doi.org/10.1111/wej.12154.
22. 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.
23. Mu R, Jia Y, Ma G, et al. Advances in the use of microalgal–bacterial consortia for wastewater
3. Abunama, T., Seyam, M., Ansari, M., Kumari, S. & Bux, F. (2023) Integrated sequential fuzzy logic search models for simulating wastewater treatment plants missing influent parameters. Water and Environment Journal, 37(2), 289–302. Available from: https://doi.org/10.1111/wej.12836.
4. 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.
5. Aditi Krishna, Dhruhini Maneshka Eliatamby, M. Whitney Fry, Aishwarya Nagar, Jacob Copeland Eaton, Michelle Bronsard, Joan Njagi, Alfred Muli, Sheila Mutua, Anjana Dongol, Prakash Luitel, Meena Sharma, Sunita Raut, Mary Mulhern Kincaid, Michal Avni; Workplace menstrual health in the private sector: Results from a pilot study in Kenya and Nepal. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 1 July 2024; 14 (7): 473–485. doi: https://doi.org/10.2166/washdev.2024.026.
6. Andrea G. Capodaglio, Paolo Ghilardi, Joanna Boguniewicz-Zablocka; New paradigms in urban water management for conservation and sustainability. Water Practice and Technology 1 March 2016; 11 (1): 176–186. doi: https://doi.org/10.2166/wpt.2016.022.
7. 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.
8. Anupriya Verma, Gaurav Saini, Emerging contaminants: Categorization, effect, and treatment, 10.1016/bs.af2s.2024.07.009, (2024).
9. Wang, C. P., & Shih, B. J. (2018). Research on the Integration of Fire Water Supply. Procedia engineering, 211, 778-787.
10. Azhoni, A., Jude, S., & Holman, I. (2018). Adapting to Urban Fire by water management organisations: Enablers and barriers. Journal of Hydrology, 559, 736-748.
11. Olabi, A. (2023) Ultrasound-assisted photo-Fenton process for treatment of pulp and paper mill wastewater and reduction of phytotoxicity. Water and Environment Journal, 37(2), 339–350. Available from: https://doi.org/10.1111/wej.12841.
12. Fernanda Bento Rosa Gomes, Pedro Antônio Alves Fernandes, Sue Ellen Costa Bottrel, Emanuel Manfred Freire Brandt, Renata de Oliveira Pereira, Fate, occurrence, and removal of estrogens in livestock wastewaters, Water Science and Technology, 10.2166/wst.2022.238, 86, 4, (814-833), (2022).

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۷ . زمستان ۱۴۰۳
Urban managment
No.77 Winter 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]

treatment: Community structures, interactions, economic resource reclamation, and study techniques. Water Environ Res. 2021; 93: 1217–1230. https://doi.org/10.1002/wer.1496.

24. Nelile Hlongwa, S'phumelele L. Nkomo, Sumaiya A. Desai; Barriers to water, sanitation, and hygiene in Sub-Saharan Africa: a mini review. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 1 July 2024; 14 (7): 497–510. doi: https://doi.org/10.2166/washdev.2024.266.
25. Pawel Krzeminski, Christian Vogelsang, Conventional wastewater treatment methods and their ability to remove EDCs, Environmental Contaminants and Endocrine Health, 10.1016/B978-0-12-824464-7.00023-4, (309-328), (2023).
26. Pramod Kumar Jena, Sayed Modinur Rahaman, Pradeep Kumar Das Mohapatra, Durga Prasad Barik, Dikshya Surabhi Patra; Surface water quality assessment by Random Forest. Water Practice and Technology 1 January 2023; 18 (1): 201–214. doi: https://doi.org/10.2166/wpt.2022.156.
27. Senlin Zhu, Salim Heddam; Prediction of dissolved oxygen in urban rivers at the Three Gorges Reservoir, China: extreme learning machines (ELM) versus artificial neural network (ANN). Water Quality Research Journal 1 February 2020; 55 (1): 106–118. doi: https://doi.org/10.2166/wqrj.2019.053.
28. Chitsaz, N., & Banihabib, M. E. (2015). Comparison of different multi criteria decision-making models in prioritizing flood management alternatives. Water Resources Management, 29(8), 2503-2525.
29. Arhana Karim, Mohammad Mohinuzzaman, Nazifa Rafa, Sayed Mohammad Nazim Uddin, Rabby Hosen, Sajib Ahmed; Holistic citywide sanitation for an urban area in the Global South: A case study of the Noakhali Pourashava of Bangladesh. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 1 July 2024; 14 (7): 572–582. doi: https://doi.org/10.2166/washdev.2024.169.
30. Hemant Raheja, Arun Goel, Mahesh Pal; Prediction of groundwater quality indices using machine learning algorithms. Water Practice and Technology 1 January 2022; 17 (1): 336–351. doi: https://doi.org/10.2166/wpt.2021.120.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی
[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-09]