



## Investigation and Evaluation of Urban Water Distribution System in Terms of Passive Defense Using Fuzzy DEMATEL Technique

Saeid Farokhi Zadeh<sup>1\*</sup>, Mahdi Bagheri<sup>2</sup> & Hossein Maleki Toulabi<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. sfarokhi92@gmail.com  
2- Department of Civil Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran. bagherimahdi547@gmail.com  
3- Young Researchers and Elite Club, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran. st\_h\_malekitoulabi@azad.ac.ir

### Abstract

**Background and objective:** Water supply networks are among the main and vital infrastructures of any city, therefore maintaining the safety of water supply facilities and considering necessary arrangements during encountering the critical conditions is among the main concerns of officials related to security issues of any country. For this purpose, investigation of these facilities in terms of passive defense could considerably reduce their risk against manmade hazards. In this research, first the principles of passive defense in relation to the field of urban water supply network were identified and their importance was determined, then the results were examined.

**Method:** The present research is practical in nature, and in execution is a combination of descriptive-analytical methods based on the desk research. In addition to interviewing experts and specialists in this study area, the Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation was employed in this research for calculations and identifying the impactability and impact of each factor.

**Findings:** The findings of this investigation and the assessment of studied water supply network in this research using the Fuzzy DEMATEL method revealed the very high importance of continuous service (B9), repairability (B6), dispersion (B5), cover and deception (B8), camouflage and concealment (B7). Also concerning the urban water supply facilities, the human fatalities (B1), detectability (B4), and accessibility (B3) have a high importance. The Economic damage (B10) has a low importance and the extension factor (B2) has a negligible importance in examining the urban water supply facilities from the passive defense perspective.

**Conclusion:** Regarding the importance of urban water supply topic in the cities, it could be stated that it is essential to have a thorough investigation of urban facilities in the urban sector considering all the principles of passive defense to maintain protection and security and to enhance urban sustainable development. Therefore all the urban water supply measures and indices in the cities were separately assessed.

**Keywords:** Vulnerability, Risk Assessment, Multi- Criteria Decision Making, Fuzzy Logic.

► **Citation (APA 6th ed.):** Farokhi Zadeh S, Bagheri M, Maleki Toulabi H. (2021, Spring). Investigation and Evaluation of Urban Water Distribution System in Terms of Passive Defense Using Fuzzy DEMATEL Technique. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 11(1),67-80.

## بررسی و ارزیابی شبکه آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل با استفاده از روش DEMATEL فازی

سعید فرّخی زاده<sup>۱\*</sup>، مهدی باقری<sup>۲</sup> و حسین ملکی طولابی<sup>۳</sup>

۱ - استادیار مهندسی عمران گرایش مدیریت ساخت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) sfarokhi92@gmail.com

۲ - کارشناس ارشد معماری، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران. bagherimahdi547@gmail.com

۳ - باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران. st\_h\_malekitoulabi@azad.ac.ir

### چکیده

**زمینه و هدف:** شبکه آبرسانی از جمله مهم‌ترین شریان‌های حیاتی هر شهر می‌باشد، لذا حفظ امنیت تأسیسات آبرسانی و در نظر گرفتن تمهیدات لازم به منظور آمادگی با شرایط بحران، از دغدغه‌های اصلی مسئولان حوزه امنیت در هر کشور می‌باشد. به همین منظور، بررسی این تأسیسات از منظر پدافند غیرعامل، میزان ریسک آن‌ها را در مقابل عوامل انسان ساز، به مقدار قابل توجهی کاهش خواهد داد. در این پژوهش، ابتدا اصول پدافند غیرعامل در حوزه شبکه آبرسانی شهری شناسایی گردید و میزان اهمیت هر یک از تأسیسات آبرسانی مشخص شده و سپس نتایج آن‌ها را مورد بررسی قرار گرفت.

**روش:** پژوهش حاضر به لحاظ ماهیت، از نوع کاربردی و به لحاظ اجرا، ترکیبی از روش‌های توصیفی-تحلیلی بر پایه مطالعات کتابخانه‌ای محسوب می‌شود. در این پژوهش، علاوه بر مصاحبه با کارشناسان و خبرگان مربوطه در زمینه مورد مطالعه، برای انجام محاسبات و مشخص نمودن تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از عوامل، از روش DEMATEL فازی، استفاده گردید.

**یافته‌ها:** یافته‌های حاصل از بررسی و ارزیابی شبکه آبرسانی شهری مورد مطالعه در پژوهش حاضر با استفاده از روش DEMATEL فازی، نشان از اهمیت خیلی زیاد خدمت‌رسانی مستمر (B9)، مرمت‌پذیری (B6)، پراکندگی (B5)، پوشش و فریب (B8)، اختفا و استتار (B7) دارد. در تأسیسات آبرسانی شهری تلفات انسانی (B1)، قابلیت شناسایی (B4)، قابلیت دسترسی (B3) نیز دارای اهمیت زیادی می‌باشد. همچنین در بحث تأسیسات آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل، مشخص گردید که خسارات اقتصادی (B10) دارای اهمیت کم و عامل وسعت (B2) دارای اهمیت خیلی کم می‌باشند.

**نتیجه‌گیری:** باتوجه به اهمیت موضوع آبرسانی شهری در شهرها، می‌توان گفت که لزوم بررسی و توجه همه جانبه به تأسیسات آبرسانی در بخش شهری با توجه به اصول و مبانی پدافند غیرعامل، تأثیر بیشتری در برقراری حفاظت، امنیت و افزایش توسعه پایدار شهری دارد. بنابراین کلیه شاخص‌های شبکه آبرسانی شهری در شهرها به تفکیک مورد ارزیابی قرار گرفت.

**کلید واژه‌ها:** آسیب‌پذیری، ارزیابی ریسک، تصمیم‌گیری چندمعیاره، منطق فازی.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** فرّخی زاده، سعید؛ باقری، مهدی؛ ملکی طولابی، حسین. (بهار، ۱۴۰۰). بررسی و ارزیابی شبکه آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل با استفاده از روش DEMATEL فازی. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*. ۱۱ (۱)، ۶۷-۸۰.

## مقدمه

دارند، می‌توانند یک هدف در دسترس برای عملیات خرابکاری باشند و متناسب با اندازه آن‌ها، ممکن است آسیب‌پذیر باشند (باعزم و بلالی، ۱۳۹۷).

تغییرات آب و هوایی و شهرنشینی، و همچنین نگرانی‌های روزافزون زیست‌محیطی و اقتصادی، محدودیت‌های شیوه‌های فاضلاب سنتی را برجسته می‌کند و در نتیجه مدیریت سیستم‌های آب شهری را به چالش می‌کشد. هم‌اکنون تئوری و هم‌اکنون عملی، به‌طور گسترده ادعان شده است که چالش‌های قرن بیست و یکم نیاز به راه‌حلی دارند که مشکلات را به‌صورت یکپارچه‌تری برطرف کنند. اگرچه تقاضا برای یکپارچه‌سازی واضح است، اما به دلیل پیچیدگی و عدم اطمینان موجود، اجرای آن چالش برانگیز می‌باشد. علاوه بر این، ادبیات مربوط به آب شهری شامل طیف گسترده‌ای از رویکردهای ادغامی است که هر سهم درک خاص خود را از این واژه دارد و همچنین نحوه برخورد با پیچیدگی‌های ناشی از آن را ذکر می‌کند (نیووین‌هیوس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰).

یکی از اهدافی که دشمن علاقه‌مند است مورد اصابت قرار دهد، تأسیسات آب و فاضلاب می‌باشد. این موضوع در پنج بخش خطوط انتقال، مخازن، تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب و ایستگاه‌های پمپاژ است. یکی از مفیدترین راهکارهای مقابله با شرایط بحرانی، استفاده از میحث پدافند غیرعامل در شهرسازی می‌باشد (صیامی و محمدی، ۱۳۹۲). ایمنی و امنیت از ابتدایی‌ترین اصول جهت دستیابی به استانداردهای مطلوب برای آسایش و رفاه مردم است و دفاع غیرعامل در مقابل تهدیدات خارجی، یکی از ضروری‌ترین نیازها در مرحله اولیه طراحی شهرها و تأسیسات مهم می‌باشد، تا بیشترین امنیت، با کمترین زحمت برای مردم جهت دفاع در مقابل تهدیدات فراهم گردد و از طرف دیگر دشمن برای آسیب رساندن به آن‌ها بیشترین زحمت را متقبل شود. در حال حاضر، بسیاری از تأسیسات آبی کشور در محل مناسب طراحی نشده‌اند، جانمایی مناسبی ندارند و تمهیدات لازم به منظور مقابله با شرایط بحرانی برای آن‌ها در نظر گرفته نشده است. همجواری بسیاری از تأسیسات با پروژه‌های شهری، عدم امکان حفاظت این تأسیسات و دسترسی

آب یکی از نیازهای حیاتی انسان است و سلامت مردم مستقیم وابسته به مصرف آب سالم است و این مسئله خود گویای مسئولیت مهم مدیران و دست‌اندرکاران صنعت آب کشور می‌باشد. از طرف دیگر منابع تأمین آب جزء مراکز مهم و حساس بوده و در صورت آسیب دیدن، موجب بروز بحران و آسیب جدی و بعضاً بحران‌های امنیتی و تأثیرگذار می‌گردند. در زمانی که ورود مقادیر خیلی کمی از عوامل شیمیایی یا بیولوژیک به آب، سلامتی میلیون‌ها نفر را تهدید می‌کند، مردم حق دارند نگران باشند و باید از سلامت آب مصرفی خود و این که به هیچ‌وجه این اتفاق نمی‌افتد، مطمئن گردند. اگرچه تصور امکان تهیه مقادیر مورد نیاز مواد آلوده برای آلودگی شبکه آب یک شهر بزرگ خیلی مشکل است، ولی اگر دشمن با حملات فیزیکی نتواند آسیب برساند، از عملیات خرابکاری برای آلوده کردن آب استفاده می‌کند و معمولاً بخش‌هایی آسیب‌پذیرتر هستند که به‌خوبی حفاظت نمی‌شوند (توکلی امینیان، ۱۳۹۲). در دنیای امروز، شهرنشینی یکی از ارکان و نمادهای رشد و توسعه کشورها به حساب می‌آید؛ اما از سوی دیگر، توسعه بیش از حد شهرها و ایجاد کلان‌شهرها، یکی از معضلات دولت‌های مختلف برای توسعه زیرساخت‌ها و حفظ امنیت ساکنین شهری در مقابل خطرات طبیعی، بیماری‌ها و یا حملات انسانی می‌باشد (توکلی امینیان، ۱۳۹۲). در هر حال آنچه اکنون در تمام جهان به‌عنوان شریان‌های اصلی تأسیساتی در شهرها مطرح می‌شود، تأسیسات آب و برق است (صیامی و محمدی، ۱۳۹۲). وجود تأسیسات و تجهیزات شهری، نقش بسیاری در ارائه خدمات به محله، منطقه، شهر و استان دارد که هرگونه اختلال، تخریب و کاهش یا توقف خدمات، مشکلات فراوانی را ایجاد می‌کند (جدی و همکاران، ۱۳۹۲). باتوجه به اینکه آلوده کردن حجم زیاد آب طی عملیات خرابکاری قبل از تصفیه‌خانه ممکن است مؤثر نباشد، معمولاً آلوده سازی مخازن ذخیره آب و شبکه‌های توزیع بعد از تصفیه‌خانه، بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. اما در حملات هوایی و موشکی تمام تأسیسات تأمین آب اعم از سدها، آبگیرها، شبکه‌های انتقال و ایستگاه‌های پمپاژ و تصفیه‌خانه، مخازن و شبکه‌های توزیع می‌تواند جزء اهداف دشمن باشند. خود منابع اصلی آب هم با حجم و گستردگی زیادی که

اثرگذار بر تأسیسات آب شهری بر مبنای پدافند غیرعامل ارائه کند.

- به روز کردن و بررسی همه عوامل تأثیرگذار، موجب کاهش آسیب پذیری شبکه آبرسانی شهری خواهد شد.

#### پیشینه

آب یکی از نیازهای حیاتی انسان است و سلامت مردم به طور مستقیم وابسته به مصرف آب سالم است و این مسئله خود گویای مسئولیت مهم مدیران و دست‌اندرکاران صنعت آب کشور می‌باشد. از طرف دیگر، منابع تأمین آب جزء مراکز مهم و حساس بوده و در صورت آسیب دیدن هر یک از آن‌ها، بحران و آسیب‌های جدی و بعضاً بحران‌های امنیتی و تأثیرگذار در سطح جامعه ایجاد می‌گردد (خسروی و همکاران، ۱۳۹۳). پدافند غیرعامل در زندگی بشر قدمتی چندین هزارساله دارد و به اشکال گوناگون وجود داشته است. به خصوص بعد از جنگ‌های جهانی و تلفات بالای نیروی انسانی، نقش پدافند غیرعامل پررنگ‌تر شده است و کشورها به این نتیجه رسیده‌اند که برای در امان ماندن از حملات دشمن می‌بایست برنامه‌ریزی داشته باشند. از جمله اقدامات انجام شده در حوزه پدافند غیرعامل، پروژه توسعه تأمین منابع آب شهر بوستون<sup>۲</sup> در ایالت ماساچوست<sup>۳</sup> آمریکا است که در آن تونل زیرزمینی با قطر ۹/۴ متر و در یک مسافت حدود ۲۷ کیلومتری و در عمق ۶۱ الی ۱۲۲ متری زیرزمین احداث شده است. بعد از حملات یازدهم سپتامبر، تحقیقات گسترده‌ای به منظور ایمن کردن شبکه‌های شهری آغاز گردید و کشورهای زیادی راهبردهایی را برای نظارت بر کیفیت آب و اجرای اقدامات عملیاتی در شرایط اضطراری اتخاذ کردند. آلودگی عمدی آب‌ها در حملات می‌تواند سلامت افراد را به خطر بیندازد و پیامدهای جدی مانند ایجاد بیماری‌های کشنده و عفونی داشته باشد. بعد از ورود آلودگی به شبکه آب، آلاینده بسته به مکان ورود آلودگی، نوع و میزان آلاینده، مدت زمان ورود آلاینده و عملکرد و نوع طراحی شبکه آب، می‌تواند مسافت کمی را طی کند و یا در بخش عظیمی از شبکه توزیع گردد. نقاط زیادی در شبکه وجود دارد که آلودگی می‌تواند از طریق آن‌ها به شبکه وارد شود. از آنجا که حفاظت

راحت به آن‌ها از جمله مسائلی است که باید به آن پرداخته شود. حفاظت فیزیکی کافی از تصفیه‌خانه‌ها و مخازن آب از نیازهای ضروری است (معصوم بیگی و جلیلی قاضی زاده، ۱۳۸۷). مخازن آب در اثر حملات فیزیکی آسیب پذیر هستند و با یک انفجار کوچک ممکن است غیرفعال گردند و تخریب آن‌ها معمولاً طی یک عملیات تروریستی، دور از انتظار نیست (سزیوند و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین لازم است در مرحله طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سامانه‌های آبرسانی، کلیه جوانب لازم در راستای پایداری تأمین و انتقال آب و کاهش آسیب‌پذیری تأسیسات را با اقدامات متناسب در قالب مطالعات و انجام پدافند غیرعامل، مدنظر قرارداد (آدینی و همکاران، ۱۳۹۵).

اعمال کلیه تدابیر و معیارهای پدافند غیرعامل به خصوص در حوزه شبکه آبرسانی شهری، به علت افزایش و تعدد معیارها، اتخاذ تصمیم بهینه را دشوار می‌سازد. از سال‌های گذشته تاکنون، روش‌های مختلفی در زمینه تصمیم‌گیری و ارزیابی شبکه آبرسانی با درجه حساسیت حیاتی، به کار گرفته شده است. در این میان، روش‌هایی که مبنای پدافند غیرعامل و تصمیم‌گیری چند متغیره را مدنظر قرار داده‌اند، با اعمال اوزان معیارهای مؤثر، توانسته‌اند نقشی اساسی در ایجاد تصمیم بهینه و برتر داشته باشند. با توجه به این که اصول و مبنای پدافند غیرعامل در تمامی سطوح، رشته‌ها، حوزه‌های کاری و علمی و علاوه بر آن، عملیاتی و نظامی اهمیت روزافزون یافته، تدابیر آن در این تحقیق، مدنظر قرار گرفته است. بر این اساس در این مقاله، با استفاده از اصول و مبنای دفاع غیرعامل، بررسی و ارزیابی شبکه آبرسانی شهری بر پایه ۱۰ معیار همراه با امتیازبندی و وزن‌دهی با آن‌ها، انجام می‌گردد. در فضای تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از تکنیک<sup>۱</sup> DEMATEL فازی، این مسئله تحلیل می‌شود. در این راستا از کارشناسان خبره پدافند غیرعامل و کارشناسان حوزه آب و فاضلاب و جمعی از اساتید دانشگاه در تعیین معیارهای تصمیم‌گیری و امتیازدهی به آن‌ها، استفاده می‌گردد. همچنین فرضیات مورد بحث در پژوهش حاضر عبارت‌اند از:

- روش DEMATEL فازی می‌تواند رتبه‌بندی دقیقی از عوامل

2. Boston

3. Massachusetts

1. Decision Making Trial and Evaluation

آب به وسیله صرب‌ها آلوده شد. در این سال ناتو<sup>۹</sup> سیستم‌های آب را در یوگوسلاوی هدف قرارداد و سیستم تأمین آب را از کار انداخت (گریمن<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۵). در زمان جنگ ایران و عراق و در سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۸۷ میلادی، سد و نیروگاه دز مورد حمله واقع گردید و خساراتی را به بار آورد (توهواک و همکاران<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۵). موگابی<sup>۱۲</sup> و همکاران به معرفی یک چارچوب برنامه‌ریزی استراتژیک برای نهادهای آبی در کشورهای در حال توسعه پرداختند (موگابی و همکاران، ۲۰۰۷). در سال ۲۰۰۶ میلادی، طی حملات رژیم اشغالگر قدس در جنگ ۳۳ روزه، به تأسیسات زیربنایی و زیرساخت‌های مهم لبنان از قبیل تأسیسات آبرسانی خسارات گسترده‌ای وارد گردید (کرول<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۶).

سلیمی‌بابا میری و همکاران در سال ۲۰۲۰ میلادی طی پژوهش خود، به بررسی سیستم‌های زیرساخت آب شهری پرداختند و اعلام نمودند که این سیستم با ارائه خدمات ضروری، باعث افزایش کیفیت زندگی، توسعه اجتماعی و اقتصادی خواهد شد. با این حال، حفظ عملکرد این سیستم‌ها با چالش‌ها و تهدیدهای مختلف طبیعی و انسانی از جمله محدودیت منابع، قدیمی شدن زیرساخت‌ها، کمبود بودجه و رشد جمعیت روبرو است، لذا اهمیت مدیریت کارآمد در زیرساخت‌های سیستم آب شهری و حفظ ایمنی و کارایی آن‌ها ضروری است (سلیمی‌بابا میری و همکاران، ۲۰۲۰).

ضیافتی با فراست در سال ۲۰۲۰ میلادی به بررسی موضوع پایداری سیستم‌های توزیع آب شهری پرداخت که در آن با استفاده از ۱۴ ورودی، مانند جستجوی اینترنتی، فعالیت‌های اجتماعی، آموزش کارکنان، گزارش‌ها و قوانین در مورد پایداری آب را شناسایی کرد و شاخص‌های کمی را برای پشتیبانی از سیستم‌های توزیع آب شهری پایدار را تعریف نمود (ضیافتی با فراست، ۲۰۲۰).

ژائو<sup>۱۴</sup> و همکاران در سال ۲۰۲۰ میلادی به بررسی رابطه نوع بافت و شکل شهری و سیستم توزیع آب شهری پرداختند و مشخص گردید که بیش از نیمی از انرژی مصرف شده برای آب و برق شهری جهت استفاده در سیستم توزیع آبرسانی می‌باشد. توزیع جمعیت و

همه نقاط شبکه برای جلوگیری از ورود آلودگی امری غیرممکن است، بنابراین باید علاوه بر تلاش برای کاهش احتمال وقوع این رخداد، بر روی مدیریت شبکه توزیع آب در مواقع ورود آلودگی و کاهش اثرات ناشی از این‌گونه رخدادها تأکید بیشتری گردد (توکلی امینیان، ۱۳۹۲).

سابقه استفاده از مواد شیمیایی به‌عنوان سلاح کشتار جمعی در منابع آبی به جنگ جهانی اول برمی‌گردد. سال ۱۹۷۲ میلادی در شیکاگو<sup>۱</sup> آمریکا، چندین عضو از یک سازمان تروریستی، باهدف اجرای یک نقشه جدید و ماهرانه، در زمانی که جزئیات طرح آلودگی منابع تأمین آب چندین شهر شامل شیکاگو و سنت لوئیس<sup>۲</sup> را در برنامه‌های خود داشتند، بازداشت شدند. در سال ۱۹۷۷ میلادی در کارولینای شمالی<sup>۳</sup> آمریکا، یک مخزن آب با عوامل باکتریایی آلوده شده بود. درواقع درپوش‌های ایمنی مخزن برداشته و آب موجود در مخزن، آلوده و غیرقابل استفاده گردید. سال ۱۹۷۹ میلادی دو شیوع جداگانه مسمومیت ناشی از عوامل شیمیایی منجر به بروز ۲۰۰۸ مورد بیماری در ویرجینیا<sup>۴</sup> و اورگن<sup>۵</sup> آمریکا شد. سال ۱۹۸۷ میلادی در فیلیپین ۱۹ نفر از پلیس‌های تازه استخدام‌شده بعد از دریافت و نوشیدن آب از افراد ناشناس، فوت کردند و حدود ۱۴۰ نفر هم در بیمارستان بستری گردیدند. عراق در طول جنگ تحمیلی از گاز سمی سارین<sup>۶</sup> علیه اهداف غیرنظامی مثل تصفیه‌خانه آب استفاده نمود و طی آن، اکثر کارکنان تصفیه‌خانه آب خرمشهر مسموم و شهید شدند (محمدرضاپورطبری، ۱۳۹۶). در سال ۱۹۹۱ میلادی هنگام جنگ خلیج فارس، آمریکایی‌ها سیستم‌های تأمین آب بغداد، از قبیل تأسیسات آبی و سدهای روی فرات را هدف قرار دادند و عراقی‌ها هم متقابلاً آب‌شیرین‌کن‌های کویت را هدف قرار دادند (انجمن امور آب آمریکا<sup>۷</sup>، ۲۰۰۰). سال ۱۹۹۳ میلادی صدام منابع آب شیعیان جنوب عراق را با سموم شیمیایی مسموم کرد. سال ۱۹۹۹ میلادی در منطقه کوزوو<sup>۸</sup> چاه‌های

1. Chicago
2. St. Louis
3. North Carolina
4. Virginia
5. Oregon
6. Sarin
7. American Water Works Association (AWWA)
8. Kosovo

9. NATO

10. Grayman

11. Tuhovak et al.

12. Mugabi et al.

13. Kroll

14. Zaho



مکانی پدافند غیرعامل در تأسیسات آبرسانی شهری با اولویت‌بندی و سطح‌بندی شامل: شناخت و ارزیابی دارایی‌ها، ارزیابی تهدیدات و آسیب‌پذیری‌ها و آنالیز ریسک، تعیین سناریوی وقوع شرایط اضطراری، تخمین آب مورد نیاز در مواقع ضروری، شناسایی کلیه منابع آب جایگزین، ارائه بسته راهکارهای مدیریت ریسک و برآورد اثربخشی آن‌ها، تهیه برنامه مدیریت شرایط اضطراری، مستندسازی و ارائه پرونده‌های علمی و فنی، رادار نظری می‌گیرد (خدابخش و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین طبق دستورالعمل سازمان پدافند غیرعامل کشور، آمده است که به منظور کاهش مخاطرات تأسیسات آب و فاضلاب که در مجاورت مناطق مسکونی قرار دارند، بایستی روش‌های ایمن و نوین گندزدایی به منظور جایگزین نمودن سامانه‌های کلرزن‌گازی جایگزین گردد (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۹۳). دستورالعمل ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی تصفیه‌خانه‌ها، مخازن آب زیرزمینی، ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال آب، ویژگی و استقرار عناصر شبکه انتقال و توزیع شبکه آبرسانی شهری را به همراه سطح سرویس مخازن به‌عنوان عوامل مکان‌گزینی استقرار کیفیت سنج‌های آب شهری بیان می‌کند (موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۹۳). در مقابل، شکیبامنش در مقاله خود با عنوان ملاحظات پدافند غیرعامل در تأسیسات زیربنایی شهری، کاربری زمین و مکان‌گزینی مناسب کاربری زمین و عوامل شهری و مکانی را به‌عنوان ملاحظات پدافند غیرعامل تأسیسات و زیرساخت‌های شهری بیان می‌کند و عناصر شبکه آبرسانی شهری را مطرح می‌نماید (شکیبامنش، ۱۳۸۸). انجم روز و قریشوندی، تهدیدات سد، خطوط انتقال، تصفیه‌خانه، مخازن آب و ایستگاه‌های پمپاژ را به‌عنوان تهدیدات طرح‌های آبرسانی قلمداد می‌کنند و شاخص‌هایی همچون همجواری با سد، مخزن، تصفیه‌خانه، مصرف‌کنندگان و عناصر شبکه انتقال را به‌عنوان محل‌های آسیب‌پذیر شبکه بیان می‌دارند (انجم روز و قریشوندی، ۱۳۹۴). شهریاری و حدادی ضمن برشمردن نقاط ضعف شبکه آبرسانی شهری، بحران‌های کیفی شبکه آبرسانی شهری و نقاط حیاتی و عناصر اصلی شبکه آبرسانی شهری را به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته‌اند و وضعیت حراست، استتار تأسیسات، حفاظت پیرامونی و الکترونیک و مخابراتی را برای هر یک از تأسیسات شبکه آبرسانی شهر بروجرد را بررسی کرده‌اند (شهریاری و حدادی، ۱۳۹۴).

بافت شهری تأثیرات چشمگیری بر انرژی مورد استفاده در سیستم آبرسانی دارد. این مطالعه باهدف بررسی تأثیرات یکپارچه بافت شهری بر مصرف انرژی برای تأمین آب با استفاده از روش‌های تجربی تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی شهر مجازی انجام شده است. در مجموع، سه نوع شکل شهر (شعاعی، شبکه و ماهواره‌ای) و سه نوع توزیع جمعیت (یکنواخت، تک مرکز و چند مرکز) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که توزیع جمعیت تأثیرات قابل‌توجهی در انرژی برای توزیع و تأمین آب از اشکال شهر دارد. یافته‌های این مطالعه افزایش پایداری کلی در سیستم آبرسانی شهری را روشن می‌کند. برای برنامه‌ریزی و حاکمیت شهری آینده، هنگامی که تأمین آب ثانویه به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار نگیرد یا موردنیاز نباشد، فرم شهری شعاعی - تک مرکز پیشنهاد می‌گردد و در صورت نیاز به تأمین آب ثانویه، فرم شهری شعاعی - یکنواخت و سیستم پمپاژ کاملاً تحت فشار برای آب ثانویه پیشنهاد می‌گردد (ژائو و همکاران، ۲۰۲۰).

تاکنون تحقیقات مختلفی در زمینه پدافند غیرعامل تأسیسات آبی در سطح کشور انجام شده است. پوری رحیم و امینی تأثیر سیلاب ناشی از حملات نظامی به سدها بر سرزمین‌های پایین‌دست را مورد بررسی قرار داده و به ارائه تمهیدات پدافند غیرعامل برای مقابله با اثر مخرب سیلاب، پرداختند (پوری رحیم و امینی، ۱۳۸۶). چوبینه، تهدیدهای سیستم آبرسانی و حفاظت آن در برابر حملات سایبری را مورد بررسی قرار داده است (چوبینه، ۱۳۹۰). جدی و همکاران حمله به تأسیسات آب و فاضلاب را یکی از اهداف دشمن برشمرده‌اند و آن را در ۵ بخش تقسیم‌بندی می‌کنند: خطوط انتقال، مخازن، تصفیه‌خانه‌های آب و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و ایستگاه‌های پمپاژ (جدی و همکاران، ۱۳۹۲).

کریم زادگان و باقری تأثیر پدافند غیرعامل در تأسیسات شهری را در تقاضای آب در هنگام وقوع زلزله مطرح می‌کنند و تأمین کمیت آب و انواع مصارف آب در هنگام وقوع زلزله را بیان می‌نمایند (کریم زادگان و باقری، ۱۳۸۸). حاجی ابراهیم زرگر و مسگری هوشیار، ایجاد بحران در کیفیت آب را از جمله عوامل غیرطبیعی می‌دانند که ممکن است به سایر موضوعات نیز تسری یابد (حاجی ابراهیم زرگر و مسگری هوشیار، ۱۳۸۶). سازمان پدافند غیرعامل کشور، مطالعات

جنوا<sup>۳</sup> در سال ۱۹۷۳ میلادی به کار گرفته شد. این روش، یک روش توسعه یافته برای ساخت و تحلیل یک مدل ساختاری برای تحلیل اثر روابط میان معیارهای پیچیده می باشد، اگرچه تصمیم گیری در محیط فازی برای تقسیم بندی فاکتورهای پیچیده بسیار سخت است (چانگ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). برای استفاده از این روش، به نظر کارشناسان نیاز است و این نظرات، دربردارنده عبارت کلامی مبهم و دوپهلوی می باشد. به منظور یکپارچه سازی و رفع ابهام آن ها، بهتر است که این عبارات به اعداد فازی تبدیل گردند. کدبندی تبدیل به اعداد مثلثی فازی که توسط لی<sup>۵</sup> در سال ۱۹۹۹ میلادی پیشنهاد شده و مورد تأیید قرار گرفته است، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. تناظر عبارات کلامی و عدد تأثیر معادل با آن با مقادیر اعداد فازی مثلثی (چانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

اعداد فازی	عبارات کلامی	عدد تأثیر
(۰,۰,۰,۲۵)	بدون تأثیر	۰
(۰,۰,۲۵,۰,۵)	تأثیر خیلی کم	۱
(۰,۲۵,۰,۵۰,۷۵)	تأثیر کم	۲
(۰,۵۰,۷۵,۱)	تأثیر زیاد	۳
(۰,۷۵,۱,۱)	تأثیر خیلی زیاد	۴

مرحله روش DEMATEL فازی به شرط ذیل می باشد:

گام اول: جهت ساخت یک ماتریس مقایسه دو به دو در این مرحله، با استفاده از پرسشنامه از افراد خبره و کارشناس، خواسته می شود که میزان تأثیر هر شاخص را طبق جدول ۱، در مقیاس ۰ تا ۴ ارزیابی کنند (ژی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۰).

گام دوم: در این مرحله، بایستی ماتریس روابط مستقیم (A) محاسبه گردد که با توجه اعداد فازی مثلثی (TFN) بهره می گیریم. هر عدد فازی مثلثی با e, f و g برای توضیح یک واقعه فازی استفاده می شود. پارامترهای e, f و g به ترتیب کمترین، امیدوار کننده ترین و بیشترین مقدار ممکن را تعیین می کنند. شکل ۱ پارامترهای e, f و g را در بازه [۰,۱] نشان می دهد (دنگ<sup>۷</sup>، ۱۹۹۹).

پورسلطان محمدی و همکاران، پدافند غیرعامل در مواجهه با حملات سایبری جهت مقابله با آلودگی های عمدی محیط زیست و آفندهای بیولوژیکی تصفیه خانه های آب و فاضلاب تصفیه خانه شهر قدس را مورد بحث قرار دادند (پورسلطان محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). طبری و همکاران، حفاظت سامانه های آبرسانی با رویکرد پدافند غیرعامل را بررسی کردند. آن ها به صورت اجمالی، ملاحظات مهندسی پدافند غیرعامل برای سامانه های منابع آب را مورد بررسی قرار دادند و راهکارهای مناسب برای تهدیدات مربوطه را شناسایی و ارائه نمودند (محمدرضا پورطبری، ۱۳۹۶). با عزم و ناصری در طی پژوهشی، به ارائه راهکارهای مدیریتی کاهش آسیب پذیری با رویکرد پدافند غیرعامل در طراحی تأسیسات و شبکه های آبرسانی در فازهای قبل، بعد و حین بحران، پرداختند (باعزم و ناصری، ۱۳۹۴). در مورد فرآیند تصمیم گیری در یک مسئله خاص، هنگامی که تعداد معیارها و انتخاب ها زیاد باشد، فرآیند تصمیم گیری نیز پیچیده خواهد بود. روش های تصمیم گیری چندمعیاره، شاخه ای از روش های تصمیم گیری هستند که با استفاده از روابط ریاضی و استدلال های عقلی، فرآیند تصمیم گیری را برای انسان تسهیل می سازند. روش های تصمیم گیری چند معیاره به دفعات توسط محققین مختلف در حل مسائل واقعی مورد استفاده قرار گرفته است و تحقیقات فراوانی در سال های اخیر، روش DEMATEL فازی را تأیید می کنند (چن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶).

## روش

روش گردآوری اطلاعات در پژوهش حاضر، از نوع توصیفی-تحلیلی بر پایه مطالعات کتابخانه ای می باشد. اطلاعات لازم در این پژوهش، با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و همچنین، ضمن تکمیل چک لیست به صورت کیفی جمع آوری شده و پس از آن برای انجام محاسبات از نظر کارشناسان خبره در زمینه پدافند غیرعامل و سامانه های تأسیسات آبرسانی و با توجه به جدول ارائه شده در روش DEMATEL فازی برای تبدیل اطلاعات کیفی به کمی استفاده شده است.

## روش DEMATEL فازی:

روش DEMATEL فازی اولین بار توسط BMI<sup>۲</sup> در مرکز تحقیق

3. Genoa  
4. Chang  
5. Lee  
6. Zhi  
7. Deng

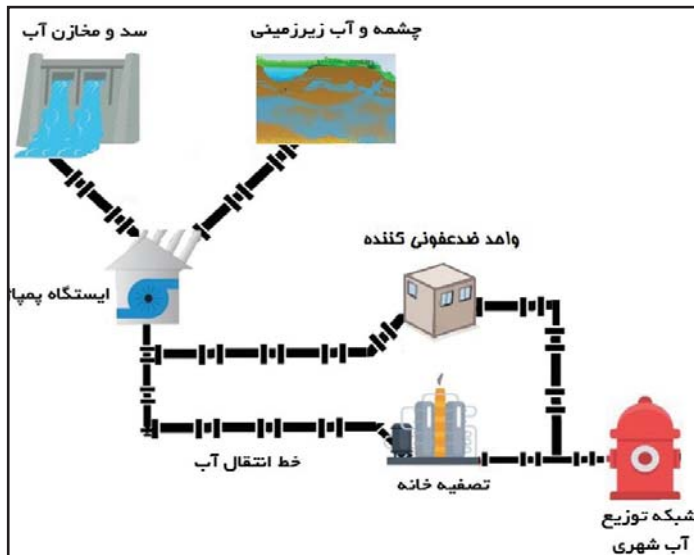
1. Chen  
2. Battelle Memorial Institute

که در آن  $R$  نشان‌دهنده تأثیر کلی است که  $i$  بر روی  $j$  دارد و  $C$  مخفف کل تأثیر تجربه شده توسط  $i$  از  $j$  است (ژی و همکاران، ۲۰۲۰).

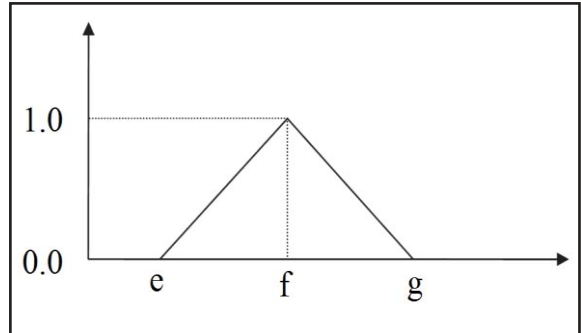
گام ششم: رسم نمودار علت و معلولی (علّی) نمودار علت و معلولی (علّی) با استفاده از مجموعه داده‌های  $(R + C)$  و  $(R - C)$  رسم خواهد شد. محور افقی  $(R + C)$  می‌باشد که نشان‌دهنده اهمیت شاخص است. محور عمودی  $(R - C)$  است که می‌تواند شاخص‌ها را به دو گروه علت و معلول تقسیم کند. اگر این مقدار مثبت باشد، این شاخص به گروه علت (تأثیرگذار) و در صورت منفی بودن، متعلق به گروه معلول (تأثیرپذیر) می‌باشد (لین، ۲۰۱۳).

**معیارهای ارزیابی شبکه آبرسانی شهری:**

تأسیسات شبکه آبرسانی شهری به دو بخش جمع‌آوری و نگهداری و شبکه توزیع تقسیم می‌گردد. شبکه جمع‌آوری شامل کانال‌ها، رودخانه‌ها، سدها و تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد. شبکه توزیع آبرسانی نیز شامل مخازن، پمپ‌ها و لوله‌ها و اتصالات است. شبکه جمع‌آوری و شبکه توزیع به صورت متوالی به دنبال تأمین آب مصرف‌کنندگان می‌باشد (بهزادفر، ۱۳۹۱). اجزای سامانه‌های منابع آب در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. اجزای شبکه آبرسانی شهری (منبع: نگارنده)



شکل ۱: اعداد فازی مثلثی (دنگ، ۱۹۹۹).

با فرض  $x_{ij}^k = e_{ij}^k \cdot f_{ij}^k \cdot g_{ij}^k$  که در آن  $1 \leq k \leq K$  مقدار ارزیابی فازی بوده و  $k^{th}$  نرخ شرکت‌کننده در پژوهش است که در مورد میزان تأثیرگذاری  $i$  بر روی  $j$  می‌باشد، اگر  $K$  تعداد شرکت‌کنندگانی باشد که علت را بین  $n$  موانع شناسایی شده تخمین می‌زنند، ورودی‌های داده شده توسط شرکت‌کنندگان منتهی به ایجاد یک ماتریس  $n \times n$  می‌شود، یعنی خواهیم داشت: که در آن (تعداد شرکت‌کنندگان در پژوهش) می‌باشد و از معادله ۱ به دست می‌آید (ژی و همکاران، ۲۰۲۰).

$$a_{ij} = \frac{1}{k \sum x_{kij}} \quad (1)$$

پس از آن، بایستی فرآیند رفع تصحیح اعداد فازی را به اعداد واضح تبدیل کرد تا انجام عملیات ماتریس امکان‌پذیر شود. معادله ۲ برای تبدیل ماتریس رابطه مستقیم فازی استفاده گردید (ژی و همکاران، ۲۰۲۰).

$$I_T = \frac{1}{6} (e + 4f + g) \quad (2)$$

گام سوم: ساخت ماتریس رابطه مستقیم اولیه نرمال  $(D)$  (ژی و همکاران، ۲۰۲۰).

$$m = \min \left[ \frac{1}{\max \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max \sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \right] \quad (3)$$

$$D = m \times A \quad (4)$$

گام چهارم: به دست آوردن ماتریس رابطه کل

$$T = (I - D)^{-1} \quad (5)$$

که در آن  $I$  ماتریس هویت، و  $T$  ماتریس رابطه کل  $(I)$  می‌باشد (ژی و همکاران، ۲۰۲۰).

گام پنجم: محاسبه مجموع سطرها  $(R)$  و جمع ستون‌ها  $(C)$

$$R = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} \quad (6)$$

$$C = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n} \quad (7)$$

امتیازدهی معیار شبکه توزیع آب شهری در جدول ۳ ارائه شده است و نتایج مربوط به روش DEMATEL فازی در جدول ۹ نمایش داده شده است. نمودار علت و معلولی نیز در شکل ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳. جدول امتیازدهی معیار شبکه توزیع آب شهری

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
B1	۰	۴	۳	۴	۴	۴	۴	۳	۴	۴
B2	۴	۰	۴	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۳
B3	۳	۳	۰	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۴
B4	۴	۳	۲	۰	۱	۳	۳	۳	۴	۳
B5	۴	۳	۲	۳	۰	۳	۲	۳	۲	۲
B6	۳	۲	۳	۱	۳	۰	۲	۴	۴	۲
B7	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۰	۲	۱	۲
B8	۳	۲	۱	۳	۱	۱	۲	۰	۲	۱
B9	۴	۴	۳	۴	۳	۳	۲	۳	۰	۴
B10	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۰

عوامل و شاخص‌های مؤثر بر تأسیسات آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل:

مهم‌ترین شاخص‌های مربوط به اجزای شبکه آبرسانی شهری بر مبنای پدافند غیرعامل - که در این پژوهش با استفاده از روش مطالعه کتابخانه‌ای (باعزم و بلالی، ۱۳۹۷)، (عبدالله زاده و شهریار، ۱۳۹۷)، (مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان) و همچنین استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان مربوطه از طریق پرسشنامه، استخراج گردیده است-، در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. شاخص‌های مؤثر بر تأسیسات آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل

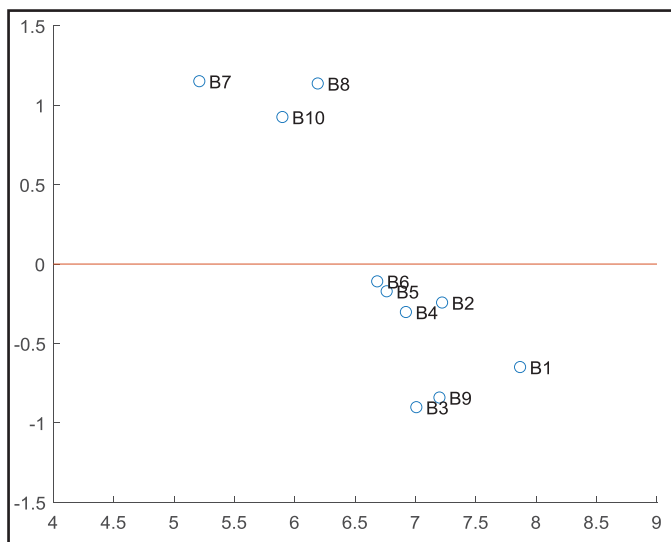
شخص	نماد نام‌گذاری
تلفات انسانی	B1
وسعت	B2
قابلیت دسترسی	B3
قابلیت شناسایی	B4
پراکنندگی	B5
مرمت‌پذیری	B6
اختفا و استتار	B7
پوشش و فریب	B8
خدمات‌رسانی مستمر	B9
خسارات اقتصادی	B10

### یافته‌ها

در روش DEMATEL فازی، با استفاده از جدول‌های امتیازدهی - که برای هر معیار و مقادیری که توسط خبرگان تعیین شده است-، مقادیر  $R+C$  و  $R_i$ ،  $C_i$ ،  $R-C$  آن‌ها تعیین گردید که نتایج عبارت‌اند از:

### ۱- شبکه توزیع آب شهری:

شبکه‌های توزیع آب شهری در میان سیستم شبکه آبرسانی شهری، به دلیل مشخصاتی از جمله: قابلیت دسترسی و فراگیر بودن، از اهمیت و جذابیت بالایی برای دشمن برخوردار می‌باشد. لذا از پتانسیل بالایی جهت عملیات تروریستی برخوردار هستند و احتمال مورد اصابت واقع شدن و آلودگی آن‌ها بسیار زیاد است.



شکل ۳. نمودار علت و معلولی معیار شبکه توزیع آب شهری

### ۲- تصفیه‌خانه:

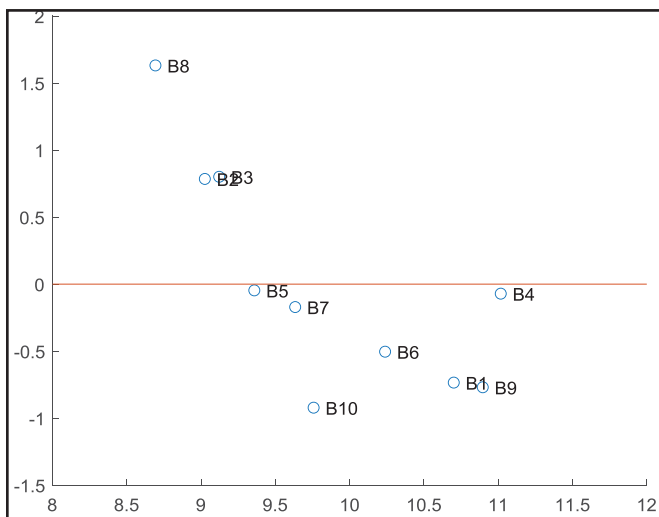
تصفیه‌خانه‌ها اغلب آخرین محل پایش دائم آب هستند. به همین دلیل یکی از مهم‌ترین بخش‌های سامانه‌های منابع آب به‌شمار می‌روند. خرابکاری یا حملات فیزیکی می‌تواند تصفیه‌خانه را از کار انداخته و فرآیندهای تصفیه آب را مختل نماید. در صورتی که یک



به‌ویژه مخازن آب زیرزمینی باید استتار و حفاظت کافی داشته باشند تا بتوانند ذخیره مطمئن آب مورد نیاز یک جامعه را به‌ویژه در شرایط اضطراری، تأمین نمایند. از آنجایی که سدها حجم بالایی از آب را در مخزن خود ذخیره می‌کنند، تهدیدات فیزیکی که منتهی به شکست سازه سد می‌گردد، بسیار فاجعه‌بار است. امتیازدهی معیار سد و مخازن آب شهری در جدول ۵ ارائه شده است و نتایج مربوط به روش DEMATEL فازی در جدول ۹ نمایش داده شده است. نمودار علت و معلولی نیز در شکل ۵ ارائه گردیده است.

جدول ۵. جدول امتیازدهی معیار سد و مخازن آب

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
B1	۰	۳	۴	۴	۳	۴	۴	۳	۴	۳
B2	۱	۰	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۳
B3	۲	۲	۰	۳	۲	۲	۱	۳	۳	۲
B4	۳	۳	۴	۰	۴	۳	۳	۳	۴	۳
B5	۳	۳	۲	۳	۰	۳	۲	۴	۲	۲
B6	۴	۳	۴	۳	۳	۰	۴	۳	۳	۲
B7	۳	۲	۳	۳	۲	۴	۰	۲	۴	۲
B8	۳	۲	۱	۳	۱	۱	۲	۰	۲	۱
B9	۴	۴	۳	۴	۴	۳	۴	۴	۰	۴
B10	۳	۳	۴	۳	۳	۴	۳	۲	۳	۰

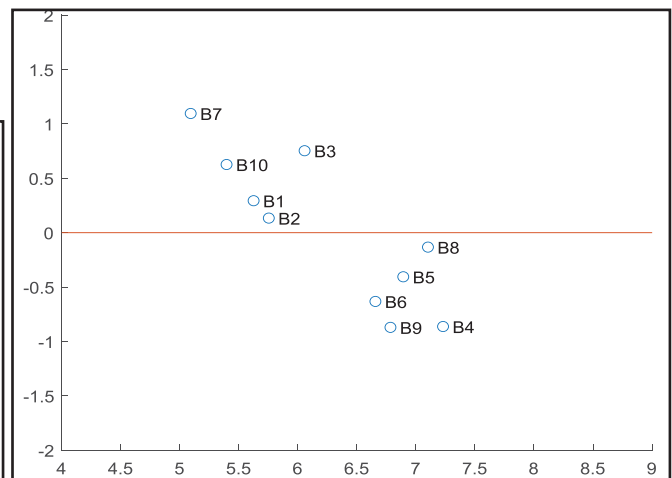


شکل ۵. نمودار علت و معلولی معیار سد و مخازن آب

واحد تصفیه تخریب گردد، روند تصفیه و جریان آب قطع می‌شود، اما اختلال در یک واحد، منتهی به کاهش راندمان تصفیه می‌گردد که در این صورت، الزاماً جریان قطع نمی‌شود. امتیازدهی معیار تصفیه‌خانه آب شهری در جدول ۴ ارائه شده است و نتایج مربوط به روش DEMATEL فازی در جدول ۹ نمایش داده شده است. نمودار علت و معلولی نیز در شکل ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴. جدول امتیازدهی معیار تصفیه‌خانه

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
B1	۰	۱	۲	۳	۲	۱	۲	۳	۲	۲
B2	۱	۰	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲
B3	۱	۲	۰	۲	۲	۲	۳	۲	۳	۱
B4	۴	۴	۴	۰	۳	۳	۳	۴	۴	۳
B5	۴	۳	۴	۳	۰	۳	۲	۳	۳	۲
B6	۳	۲	۴	۳	۳	۰	۳	۴	۳	۲
B7	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۰	۲	۱	۲
B8	۳	۲	۴	۳	۳	۳	۴	۰	۲	۴
B9	۴	۳	۳	۴	۳	۳	۲	۳	۰	۴
B10	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۰



شکل ۴. نمودار علت و معلولی معیار تصفیه‌خانه

### ۳-سد و مخازن آب:

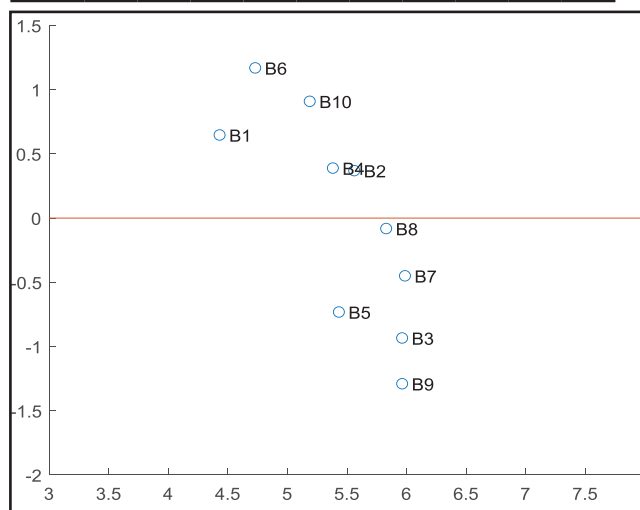
سد و مخازن آب از نقاط حساس شبکه آبرسانی می‌باشند. مخازن آب با یک انفجار کوچک ممکن است غیرفعال گردند و تخریب آن‌ها در یک عملیات تروریستی دور از انتظار نیست. مخازن آب

#### ۴- خط انتقال آب:

خط انتقال آب شهری زیرساخت مهمی در تأمین نیازهای آب شرب و بهداشتی هر شهری محسوب می‌گردد. از این رو، در طراحی چنین شبکه‌هایی علاوه بر رعایت معیارهای فنی، باید پیوستگی خدمت‌رسانی در شرایط آسیب‌دیدگی ناشی از وقوع عوامل طبیعی و انسانی و نیز برگشت‌پذیری سامانه در کوتاه‌ترین زمان ممکن، مد نظر قرار گیرد. امتیازدهی معیار خط انتقال آب شهری در جدول ۶ ارائه شده است و نتایج مربوط به روش DEMATEL فاز ۱ در جدول ۹ نمایش داده شده است. نمودار علت و معلولی نیز در شکل ۶ ارائه گردیده است.

جدول ۶. جدول امتیازدهی معیار خط انتقال آب

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
B1	۰	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۱	۱	۱
B2	۱	۰	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۳
B3	۳	۳	۰	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۴
B4	۱	۲	۲	۰	۱	۳	۳	۳	۲	۳
B5	۳	۳	۲	۳	۰	۳	۴	۲	۳	۲
B6	۱	۲	۱	۱	۱	۰	۲	۲	۱	۲
B7	۳	۴	۲	۳	۲	۳	۰	۴	۳	۳
B8	۴	۲	۳	۳	۲	۳	۲	۰	۲	۴
B9	۴	۳	۴	۴	۳	۴	۴	۳	۰	۳
B10	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۰



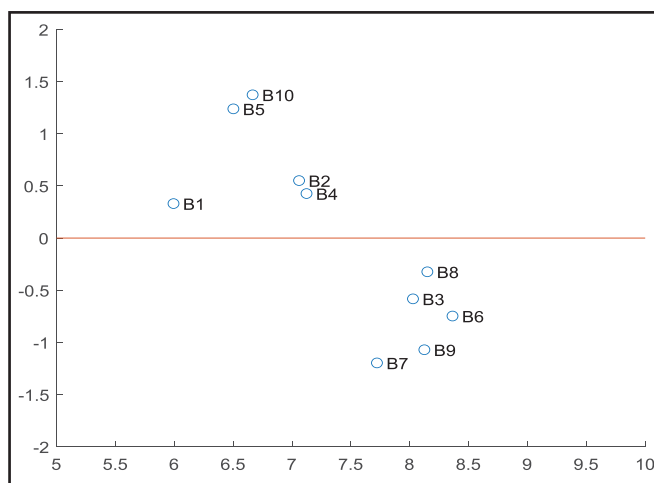
شکل ۶. نمودار علت و معلولی معیار خط انتقال آب

#### ۵- ایستگاه پمپاژ:

ایستگاه‌های پمپاژ مستعد انجام عملیات تروریستی و نیز موشک باران و بمباران هدفمند می‌باشند که در نتیجه، تخریب کامل یا بخشی از تأسیسات و تجهیزات و از مدار خارج شدن آن‌ها محتمل می‌باشد. امتیازدهی معیار ایستگاه پمپاژ آب شهری در جدول ۷ ارائه شده است و نتایج مربوط به روش DEMATEL فاز ۱ در جدول ۹ نمایش داده شده است. نمودار علت و معلولی نیز در شکل ۷ ارائه گردیده است.

جدول ۷. جدول امتیازدهی معیار ایستگاه پمپاژ

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
B1	۰	۲	۲	۳	۲	۱	۱	۳	۲	۱
B2	۱	۰	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۳
B3	۳	۳	۰	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۴
B4	۱	۲	۲	۰	۱	۳	۳	۳	۲	۳
B5	۱	۱	۲	۱	۰	۳	۲	۱	۲	۲
B6	۴	۳	۴	۴	۳	۰	۳	۴	۴	۳
B7	۳	۳	۴	۳	۴	۴	۰	۳	۳	۴
B8	۳	۴	۳	۳	۴	۳	۲	۰	۴	۳
B9	۳	۴	۴	۳	۴	۴	۳	۴	۰	۴
B10	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۰



شکل ۷. نمودار علت و معلولی معیار ایستگاه پمپاژ

#### ۶- چشمه و آب زیرزمینی:

تهدیدهایی که متوجه چشمه و آب زیرزمینی است شامل عملیات تروریستی، موشک باران و بمباران و نیز حملات شیمیایی و زیستی



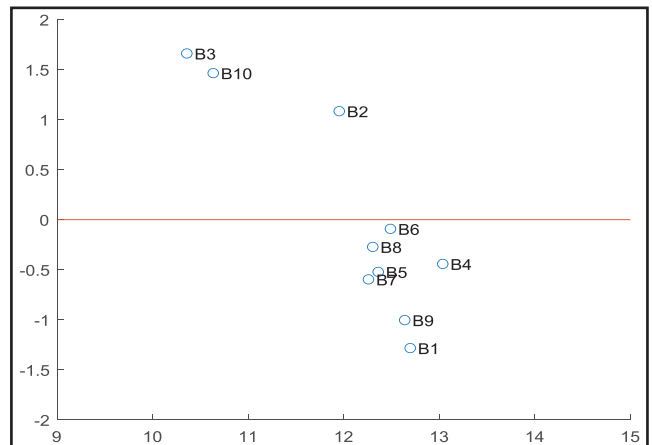
جدول ۹. نتایج مربوط به روش DEMATEL فازی برای هر معیار

عنوان معیار	نماد نام گذاری	Ri	Ci	R-C	R+C
شبکه توزیع آب شهری	B1	۳,۶۰	۴,۲۵	۰,۶۵-	۷,۸۵
	B2	۳,۴۸	۳,۷۳	۰,۲۵-	۷,۲۱
	B3	۳,۰۵	۳,۹۵	۰,۹۰-	۷,۰۰
	B4	۳,۳۰	۳,۶۰	۰,۳۰-	۶,۹۰
	B5	۳,۲۹	۳,۴۶	۰,۱۷-	۶,۷۵
	B6	۳,۲۸	۳,۳۹	۰,۱۱-	۶,۶۷
	B7	۳,۱۸	۲,۰۲	۱,۱۶	۵,۲۰
	B8	۳,۶۶	۲,۵۲	۱,۱۴	۶,۱۸
	B9	۳,۱۷	۴,۰۱	۰,۸۴-	۷,۱۸
	B10	۳,۴۱	۲,۴۸	۰,۹۳	۵,۸۹
تصفیه خانه	B1	۲,۹۵	۲,۶۶	۰,۲۹	۵,۶۱
	B2	۲,۹۴	۲,۸۰	۰,۱۴	۵,۷۴
	B3	۳,۴۰	۲,۶۵	۰,۷۵	۶,۰۵
	B4	۳,۱۸	۴,۰۴	۰,۸۶-	۷,۲۲
	B5	۳,۲۴	۳,۶۴	۰,۴۰-	۶,۸۹
	B6	۳,۰۱	۳,۶۴	۰,۶۳-	۶,۶۵
	B7	۳,۰۹	۱,۹۹	۱,۰۹	۵,۰۹
	B8	۳,۴۸	۳,۶۱	۰,۱۳-	۷,۱۰
	B9	۲,۹۵	۳,۸۲	۰,۸۷-	۶,۷۸
	B10	۳,۰۱	۲,۳۸	۰,۶۲	۵,۳۹
سد و مخازن آب	B1	۴,۹۸	۵,۷۱	۰,۷۳-	۱۰,۷۰
	B2	۴,۹۰	۴,۱۱	۰,۷۸	۹,۰۲
	B3	۴,۹۶	۴,۱۶	۰,۸۰	۹,۱۲
	B4	۵,۴۷	۵,۵۴	۰,۰۷-	۱۱,۰۱
	B5	۴,۶۵	۴,۷۰	۰,۰۴-	۹,۳۵
	B6	۴,۸۶	۵,۳۷	۰,۵۰-	۱۰,۲۳
	B7	۴,۷۳	۴,۹۰	۰,۱۷-	۹,۶۳
	B8	۵,۱۶	۳,۵۳	۱,۶۳	۸,۶۹
	B9	۵,۰۶	۵,۸۳	۰,۷۶-	۱۰,۸۹
	B10	۴,۴۱	۵,۳۳	۰,۹۲-	۹,۷۵

می‌باشد که باعث تخریب کامل چاه و از مدار خارج شدن آن و نیز آلوده شدن و غیرقابل استفاده بودن منابع خواهد گردید. امتیازدهی معیار چشمه و آب زیرزمینی آب شهری در جدول ۸ ارائه شده است و نتایج مربوط به روش DEMATEL فازی در جدول ۹ نمایش داده شده است. نمودار علت و معلولی نیز در شکل ۸ ارائه گردیده است.

جدول ۸. جدول امتیازدهی معیار چشمه و آب زیرزمینی

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
B1	۰	۴	۳	۴	۴	۴	۴	۳	۴	۳
B2	۲	۰	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۲	۳
B3	۱	۳	۰	۲	۱	۳	۱	۳	۱	۲
B4	۴	۳	۳	۰	۳	۳	۴	۳	۴	۳
B5	۴	۳	۳	۴	۰	۳	۳	۲	۳	۳
B6	۳	۳	۴	۳	۳	۰	۳	۲	۳	۳
B7	۳	۳	۴	۳	۳	۳	۰	۴	۳	۲
B8	۳	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۰	۳	۳
B9	۴	۳	۳	۴	۳	۴	۳	۴	۰	۳
B10	۱	۳	۲	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۰



شکل ۸. نمودار علت و معلولی معیار چشمه و آب زیرزمینی

نتایج مربوط به روش DEMATEL فازی برای هر معیار، در جدول ۹ نمایش داده شده است.

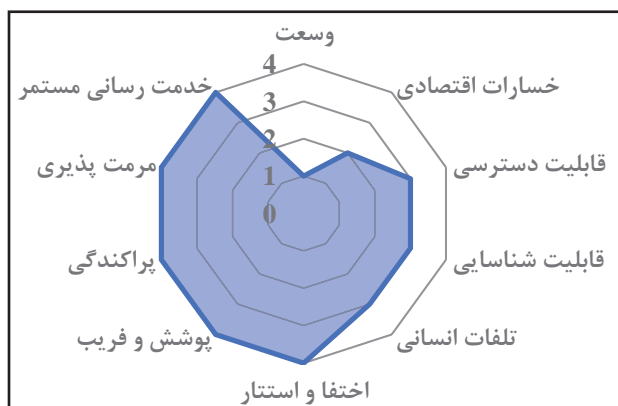
۱- نتایج نهایی به دست آمده از روش DEMATEL فازی در این پژوهش، نشان می‌دهد که خدمت رسانی مستمر (B۹)، مرمت پذیری (B۶)، پراکندگی (B۵)، پوشش و فریب (B۸)، اختفا و استتار (B۷) دارای اهمیت خیلی زیاد می‌باشند.

۲- همچنین نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که در تأسیسات آبرسانی شهری، تلفات انسانی (B۱)، قابلیت شناسایی (B۴)، قابلیت دسترسی (B۳) دارای اهمیت زیاد می‌باشند.

۳- نتایج نهایی روش DEMATEL فازی در این پژوهش، نشان می‌دهد که عامل خسارات اقتصادی (B۱۰) دارای اهمیت کم می‌باشد.

۴- همچنین با توجه به نتایج به دست آمده، عامل وسعت (B۲)، در بحث تأسیسات آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل دارای اهمیت خیلی کم می‌باشد.

نتایج مربوط به روش DEMATEL فازی در این پژوهش به شرایط و نتایج سایر پژوهش‌های انجام گرفته پیشین نزدیک‌تر است. بنابر این می‌توان از آن به عنوان یک روش بومی در کشور استفاده کرد. لذا الگوی نهایی ارزش وزنی معیارها در سیستم آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل در شکل ۹ ارائه شده است.



شکل ۹: الگوی نهایی ارزش وزنی معیارها در سیستم آبرسانی شهری از منظر پدافند غیرعامل

با توجه به اهمیت موضوع پدافند غیرعامل و مسئله امنیت زیرساخت‌های هر کشور، به ویژه در بحث شبکه آبرسانی شهری، می‌توان روش‌های دیگر مانند: ANP، AHP، VIKOR و... را نیز انجام داده و با مقایسه روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره، بهترین و کارآمدترین روش را انتخاب کرد. همچنین توصیه

خط انتقال آب	B۱	۲,۵۳	۱,۸۹	۰,۶۴	۴,۴۲
	B۲	۲,۹۶	۲,۵۹	۰,۳۶	۵,۵۶
	B۳	۲,۵۱	۳,۴۴	۰,۹۳-	۵,۹۶
	B۴	۲,۸۸	۲,۴۹	۰,۳۸	۵,۳۸
	B۵	۲,۳۵	۳,۰۸	۰,۷۳-	۵,۴۳
	B۶	۲,۹۴	۱,۷۷	۱,۱۶	۴,۷۲
	B۷	۲,۷۶	۳,۲۱	۰,۴۴-	۵,۹۸
	B۸	۲,۸۷	۲,۹۵	۰,۰۸-	۵,۸۲
	B۹	۲,۳۳	۳,۶۲	۱,۲۸-	۵,۹۶
	B۱۰	۳,۰۴	۲,۱۳	۰,۹۰	۵,۱۸
ایستگاه پمپاژ	B۱	۳,۱۶	۲,۸۳	۰,۳۳	۵,۹۹
	B۲	۳,۸۰	۳,۲۵	۰,۵۵	۷,۰۵
	B۳	۳,۷۲	۴,۳۰	۰,۵۸-	۸,۰۲
	B۴	۳,۷۷	۳,۳۴	۰,۴۲	۷,۱۲
	B۵	۳,۸۶	۲,۶۳	۱,۲۳	۶,۵۰
	B۶	۳,۸۰	۴,۵۵	۰,۷۴-	۸,۳۶
	B۷	۳,۲۶	۴,۴۵	۱,۱۹-	۷,۷۲
	B۸	۳,۹۱	۴,۲۳	۰,۳۲-	۸,۱۴
	B۹	۳,۵۲	۴,۵۹	۱,۰۷-	۸,۱۲
	B۱۰	۴,۰۱	۲,۶۴	۱,۳۷	۶,۶۶
چشمه و آب زیرزمینی	B۱	۵,۷۰	۶,۹۸	۱,۲۸-	۱۲,۶۸
	B۲	۶,۵۱	۵,۴۳	۱,۰۸	۱۱,۹۴
	B۳	۶,۰۰	۴,۳۴	۱,۶۶	۱۰,۳۴
	B۴	۶,۲۹	۶,۷۳	۰,۴۴-	۱۳,۰۲
	B۵	۵,۹۲	۶,۴۴	۰,۵۲-	۱۲,۳۶
	B۶	۶,۱۹	۶,۲۹	۰,۰۹-	۱۲,۴۸
	B۷	۵,۸۳	۶,۴۲	۰,۵۹-	۱۲,۳۵
	B۸	۶,۰۱	۶,۲۸	۰,۲۷-	۱۲,۳۰
	B۹	۵,۸۱	۶,۸۲	۱,۰۱-	۱۲,۶۳
	B۱۰	۶,۰۴	۴,۵۸	۱,۴۶	۱۰,۶۲

### نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، شبکه آبرسانی شهری از دیدگاه پدافند غیرعامل با استفاده از روش DEMATEL فازی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و عوامل مهم در آن شناسایی و طبقه‌بندی گردید. نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

۸. توکلی امینیان، ثمانه (۱۳۹۲). توانمندی سازی پدافند غیرعامل در افزایش امنیت آبرسانی به ساکنین منطقه ۹ شهر مشهد (اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار). تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
۹. جدی، صغری؛ اسفندیاری درآباد، فریبا؛ جدی، محرم (۱۳۹۲). اهمیت و ضرورت پدافند غیرعامل و تحلیل کاربرد آن در شهرها (ششمین کنگره انجمن ژئوپلیتیک ایران). مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۰. جویینه، اردوان (۱۳۹۰). تهدیدهای سیستم آبرسانی و حفاظت آن در برابر حملات سایبری (اولین کنفرانس بین‌المللی آب و فاضلاب). تهران: شرکت فنی مهندسی آب و فاضلاب کشور.
۱۱. حاجی ابراهیم زرگر، اکبر؛ مسگری هوشیار، سارا (۱۳۸۶). پدافند غیرعامل در معماری، راهکاری جهت کاهش خطرپذیری در برابر سوانح (سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی). تهران: شرکت کیفیت ترویج.
۱۲. خدابخش، محسن؛ دهقان نیری، محمود؛ امامیان، امیرحسین (۱۳۹۷). شناسایی و رتبه‌بندی عوامل تاب‌آوری زنجیره تأمین در شرایط بحرانی با رویکرد پدافند غیرعامل. فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، ۳۳، ۲۵-۳۶.
۱۳. خسروی، فریدون؛ وطنی، مهدی؛ متولیان، سید ساجد (۱۳۹۳). اولویت‌بندی راهبردهای پدافند غیرعامل با استفاده از مدل برنامه‌ریزی استراتژیک و روش تصمیم‌گیری چند معیاره FAHP مطالعه موردی: سیستم تأمین و توزیع آب شهری. فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، ۱۸ (۱)، ۶۷-۷۷.
۱۴. سبزیوند، رضا؛ سبزیوند، شایان؛ طاعتی، حسین؛ بصیرزاده، حبیب اله (۱۳۹۲). روش‌شناسی مطالعات پدافند غیرعامل در تأسیسات آبرسانی (ششمین کنگره انجمن ژئوپلیتیک ایران). مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۵. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور (۱۳۹۳). تهیه و تنظیم ضوابط بودجه‌ریزی حوزه مدیریت بحران پدافند غیرعامل آب و فاضلاب شهری.
۱۶. شکیمانش، امیر (۱۳۸۸). ملاحظات پدافند غیرعامل در تأسیسات زیربنایی شهری (اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساخت‌ها). تهران: دانشگاه تهران.
۱۷. شهریاری، مهرداد؛ حدادی، حبیب الله (۱۳۹۴). اثرات استقرار سامانه‌های پدافند غیرعامل در تأسیسات آب و فاضلاب با رویکرد اثربخشی در مواقع بحران شهر بروجرد (اولین کنفرانس بین‌المللی علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط‌زیست). تهران: دانشگاه تهران.
۱۸. صیامی، قدیر؛ محمدی، رضا (۱۳۹۲). توانمندسازی پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی و مدیریت تأسیسات و زیرساخت‌های هوشمند تولید و انتقال نیروی برق (ششمین کنگره انجمن ژئوپلیتیک ایران). مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۹. عبدالله زاده، امیرحسین؛ شهریار، صادق (۱۳۹۷). مکان‌یابی پهنه‌های خطرپذیر بحران‌های کیفی شبکه آبرسانی شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP. فصلنامه علمی ترویجی پدافند غیرعامل، ۳۶، ۱۵-۱.
۲۰. کریم زادگان، رضا؛ باقری، حسین (۱۳۸۸). آمادگی پدافند غیرعامل در تأسیسات آب شهری در مواجهه با تقاضای آب در شرایط بحرانی (سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد اصلاح الگوی مصرف). تهران: می‌گردد مطالعات بیشتری در زمینه مدیریت بحران و تأثیر آن بر شبکه آبرسانی شهری انجام پذیرد. باید به این نکته نیز توجه داشت که ارزیابی این موضوع، نیاز به مهارت بالایی دارد. بنابراین، توصیه می‌شود از نقطه نظرات کارشناسانی با دانشلازم و شناخت کافی از سیستم مورد مطالعه استفاده گردد. امید است که با انجام به موقع و مناسب راهکارهای پدافند غیرعامل که تعدادی از آن‌ها در این پژوهش ارائه گردید، امنیت تأسیسات آبرسانی شهری از طریق استفاده از نتایج پژوهش حاضر و سایر پژوهش‌هایی که در آینده توسط دیگران در تأسیسات آبرسانی شهری انجام خواهد شد، تأمین گردیده و به بالاترین سطح برسد.

## منابع

۱. آدینی، امیر؛ بینا، کیوان؛ امیری دلویی، مهدی (۱۳۹۵). مکان‌یابی تصفیه‌خانه با استفاده از تکنیک TOPSIS و تصمیم‌گیری چندمترغیره بر پایه ملاحظات پدافند غیرعامل. مطالعه موردی: شهر مشهد (یازدهمین سمپوزیوم پیشرفت‌های علوم و تکنولوژی). مشهد: انجمن علوم و فنون دریایی ایران.
۲. انجم روز، سیدبشارت؛ قریشوندی، اسد (۱۳۹۷). ارائه مدل SBAGH بر اساس تئوری واردن در مهندسی پدافند غیرعامل تأسیسات آبرسانی (کنفرانس بین‌المللی علوم مهندسی، هنر و حقوق). اسپانیا: دانشگاه بارسلونا.
۳. باعزم، زهرا؛ بلالی، علیرضا (۱۳۹۷). ارزیابی شبکه آبرسانی با رویکرد پدافند غیرعامل با استفاده از مدل TOPSIS مطالعه موردی: شهر بیرجند (اولین همایش ملی مدل‌سازی و فناوری‌های جدید در مدیریت آب). بیرجند: دانشگاه بیرجند.
۴. باعزم، زهرا؛ ناصری، مهدی (۱۳۹۴). مدیریت بحران و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری با رویکرد پدافند غیرعامل در طراحی تأسیسات و شبکه‌های آبرسانی (نخستین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران). مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
۵. بهزادفر (۱۳۹۱). زیرساخت‌های شهری - آبرسانی و فاضلاب. انتشارات شهیدی، تهران.
۶. پورسلطان محمدی، امیرحسین؛ چهل امیرانی، مهدی؛ فقیهی، فرامرز (۱۳۹۶). پدافند غیرعامل در مواجهه با حملات سایبری جهت مقابله با آلودگی‌های عمدی محیط‌زیست و آندهای بیولوژیکی تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب. مطالعه موردی: تصفیه‌خانه شهر قدس. فصلنامه علوم تکنولوژی محیط‌زیست، انتشار آنلاین.
۷. پوری رحیم، علی اکبر؛ امینی، مصطفی (۱۳۸۶). تأثیر سیلاب ناشی از حملات نظامی به سد‌ها بر سرزمین‌های پایین‌دست و ارائه تمهیدات پدافند غیرعامل. پژوهشکده مهندسی پدافند غیرعامل، دانشگاه جامع امام حسین (ع).



دانشگاه شهید بهشتی.

- through Science Series-C: Environmental Security, Springer, 39-50.
30. Kroll, D (2006). Securing Our Water Supply: Protecting a Vulnerable Resource. Oklahoma: PeenWell.
31. Lin, R. J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production*, 40(Supplement C), 32–39.
32. Mugabi, Josses, Kayaga, Sam., Njiru, Cyrus. (2007). Strategic Planning for Water Utilities in Developing Countries, *Utilities Policy*, 15, 1-8.
33. Nieuwenhuis, E., et al. (2020). Towards the integrated management of urban water systems: Conceptualizing integration and its uncertainties, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 1-2.
34. Salimi Babamiri, A., Phishvaeae, S. M., Mirzamohammadi, S. (2020). The analysis of financially sustainable management strategies of urban water distribution network under increasing block tariff structure: A system dynamics approach, *Sustainable Cities and Society*, Springer, 60, 1-18.
35. Zhao, S., et al. (2020). Effects of urban forms on energy consumption of water supply in China, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 253, 1-9.
36. Zhi, L., Muhammad, F., Vipul, J., Abraham, Z. (2020). Fuzzy DEMATEL analysis of barriers to Block chain based life cycle assessment in China, *Computers & Industrial Engineering*, Elsevier, 147, 1-10.
37. Ziafati Bafarasat, A. (2020). Is our urban water system still sustainable? A simple statistical test with complexity science insight, *Journal of Environmental Management*, Elsevier, 1-2.
۲۱. محمدرضا پورطبری، محمود؛ محمدرضا پورطبری، محسن (۱۳۹۶). حفاظت سامانه‌های آبرسانی با رویکرد پدافند غیرعامل (دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران). شهر کرد: دانشگاه شهر کرد.
۲۲. معصوم بیگی، حسین؛ جلیلی قاضی‌زاده، رضا (۱۳۸۷). مهندسی پدافند غیرعامل در تأسیسات آبی پایین دست. فصلنامه آموزشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله (عج)، ۲۸، ۹-۱.
۲۳. موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی (۱۳۹۳). دستورالعمل ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی تصفیه‌خانه‌ها، مخازن آب زیرزمینی، ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال آب.
۲۴. وزارت راه و شهرسازی معاونت مسکن و ساختمان (۱۳۹۵). مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان، پدافند غیرعامل.
25. American Water Works Association (AWWA) (2000). Committee Report: Disinfection at medium size and large systems, *Journal of AWWA*, 92(5), 1-9.
26. Chang, B., Chang, C.W., Wu, C.H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria, *Expert system with applications*, 38, 1850-1858.
27. Chen C.T, Lin C.T., Huang S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics*, 102, 1-7.
28. Deng, H. (1999). Multi criteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21(3), 215–231.
29. Grayman, W. M. (2005). Use of distribution system water quality models in support of water security, *NATO Security*