

Document Type

Case Study

مطالعه موردی

نوع مقاله

Assessing the Security of Drinking Water Facilities and Their Infrastructure Using Passive Defense Approach a Pilot City

بررسی امنیت تأسیسات آب شرب و زیرساخت‌های آن با رویکرد پدافند غیرعامل در یک شهر بصورت پایلوت

A. Nasirian^{1*}, A. Akbarpour², A.A. Ameri³, M. Mardani⁴

علی نصیریان^۱، ابوالفضل اکبرپور^۲، علی اکبر امیری^۳، مهسا مردانی^۴

1, 2, 3, 4- Assistant Professor, Professor, M.Sc. Graduate and Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.

۱ و ۲ و ۳ و ۴- استادیار، استاد، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

*Corresponding Author Email: a.nasirian@birjand.ac.ir

*رایانامه نویسنده مسئول: a.nasirian@birjand.ac.ir

Received 05-05-2025
Revised 26-08-2025
Accepted 30-08-2025
Available online 16-12-2025

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۲/۱۵
تاریخ بازنگری ۱۴۰۴/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۶/۰۸
تاریخ انتشار ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

Abstract

چکیده

In recent decades, due to the growing threats of both natural and man-made origins such as sabotage, terrorism, and modern warfare the security of critical infrastructure, including water supply facilities, has become a strategic priority for many countries. Passive defense, as a set of preventive and non-aggressive measures, plays a significant role in reducing the vulnerability of these infrastructures. This study aims to evaluate the security status of drinking water facilities in a city with a medium population from the perspective of passive defense. The research is descriptive-analytical in nature, utilizing library research, field observations, and statistical analysis. Data were collected through questionnaires distributed 31 experts in the water and wastewater sector, and analyzed using SPSS software. The findings revealed that some key components, such as remote monitoring, environmental safety, and access control, are at an unsatisfactory level and require urgent revision. The study suggests solutions such as employing protective green spaces, enhancing surveillance systems, reinforcing infrastructure, and training specialized personnel to improve the preparedness of water facilities against potential threats.

در دهه‌های اخیر، با توجه به افزایش تهدیدات طبیعی و انسانی از جمله خرابکاری، حملات تروریستی و جنگ‌های نوین، توجه به امنیت زیرساخت‌های حیاتی از جمله تأسیسات آبرسانی به یکی از ضرورت‌های راهبردی کشورها تبدیل شده است. پدافند غیرعامل به عنوان مجموعه‌ای از اقدامات پیشگیرانه و غیربرخوردی، نقش مهمی در کاهش آسیب‌پذیری این زیرساخت‌ها ایفا می‌کند. پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت امنیتی تأسیسات آب شرب یک شهر با جمعیت متوسط از منظر پدافند غیرعامل انجام شده است. این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و از روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی و تحلیل آماری بهره گرفته شده است. داده‌ها از طریق پرسشنامه بین ۳۱ نفر از کارشناسان و متخصصان حوزه آب و فاضلاب گردآوری شده و با نرم‌افزار SPSS تحلیل شد. نتایج نشان داد که برخی مؤلفه‌های کلیدی مانند کنترل از راه دور (پایش)، ایمنی محیطی و محدودیت دسترسی، در سطح نامطلوبی قرار دارند و نیازمند بازنگری جدی هستند. در ادامه، راهکارهایی نظیر استفاده از فضای سبز برای استتار، تقویت تجهیزات نظارتی، ایجاد ساختارهای مقاومت‌سازی شده و آموزش نیروی انسانی متخصص پیشنهاد گردید تا سطح آمادگی زیرساخت‌های آبی در برابر تهدیدات ارتقاء یابد.

واژه‌های کلیدی: پدافند غیرعامل، امنیت آب شهری، زیرساخت‌های حیاتی، تحلیل آسیب‌پذیری

Keywords: Passive Defense, Urban Water Security, Critical Infrastructure, Vulnerability Analysis.

How to cite this article:

Nasirian, A., Akbarpour, A., Ameri, A.A., & Mardani, M. (2025). Assessing the Security of Drinking Water Facilities and Their Infrastructure Using Passive Defense Approach a pilot city. Journal of Water and Sustainable Development, 12(3), 121-138. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v12i3.2505-1423>

در ایران نیز، تهدیداتی مانند تحریم‌های بین‌المللی، ضعف در نوسازی شبکه‌های زیرساختی و فقدان راهکارهای بازدارنده مناسب، آسیب‌پذیری تأسیسات آب‌رسانی را دوچندان کرده است. مناطق مرزی که در نزدیکی کانون‌های پرمخاطره قرار دارند، بیش از سایر نقاط کشور در معرض تهدیدات مستقیم و غیرمستقیم امنیتی هستند. این شرایط، نیاز به طراحی و اجرای برنامه‌هایی جامع برای حفاظت از منابع آبی و زیرساخت‌های مرتبط را بیش از پیش ضروری ساخته است (Rezaie Narimisa و همکاران، ۲۰۱۹).

در این راستا، پدافند غیرعامل به‌عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت بحران و افزایش تاب‌آوری در برابر تهدیدات، نقش کلیدی در صیانت از منابع و تأسیسات آبی ایفا می‌کند. پدافند غیرعامل در حوزه آب، شامل اقداماتی نظیر استتار و پراکندگی منابع، ایمن‌سازی فیزیکی و الکترونیکی، استفاده از تجهیزات هوشمند هشداردهنده، و برنامه‌ریزی اضطراری برای تأمین آب در شرایط بحران است (معصوم‌بیگی و همکاران، ۱۴۰۰). هدف این اقدامات، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم خدمات آب‌رسانی در شرایط اضطراری، و حفظ سلامت و امنیت شهروندان است.

توجه به اصول پدافند غیرعامل در طراحی، احداث و بهره‌برداری از تأسیسات آبی، می‌تواند ضمن ارتقاء ایمنی، از بروز بحران‌های ثانویه جلوگیری کرده و امکان واکنش سریع و مؤثر در برابر تهدیدات را فراهم آورد. این مسئله در شرایط فعلی کشور، به‌ویژه با توجه به حساسیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی مناطق مرزی از اهمیت راهبردی برخوردار است (حسینی‌امینی و موغلی، ۱۳۹۵).

هدف کلی این پژوهش، بررسی میزان امنیت و آسیب‌پذیری تأسیسات آب شرب یک شهر با جمعیت متوسط از منظر اصول پدافند غیرعامل و ارائه راهکارهایی برای ارتقاء ایمنی و تاب‌آوری این زیرساخت‌های حیاتی است. این پژوهش در پی آن است که ضمن شناسایی نقاط ضعف امنیتی موجود در زیرساخت‌های آبی منطقه، به ارزیابی سطح آمادگی تأسیسات در برابر تهدیدات فیزیکی، بیولوژیکی و خرابکارانه پرداخته و توصیه‌هایی کاربردی برای بهبود وضعیت موجود ارائه دهد.

در ادامه این مقاله، مطالب در پنج بخش تنظیم شده است. در بخش دوم، مبانی نظری پژوهش و پیشینه مطالعاتی مرتبط با تهدیدات زیرساخت‌های آبی و پدافند غیرعامل مرور می‌شود. بخش سوم به تشریح روش‌شناسی پژوهش اختصاص دارد که شامل نوع تحقیق، جامعه آماری، ابزار گردآوری داده‌ها و روش‌های آماری تحلیل داده‌هاست. در بخش چهارم، نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل داده‌ها و ارزیابی وضعیت امنیت تأسیسات آبی شهر ارائه و تفسیر می‌گردد. بخش پنجم به جمع‌بندی یافته‌ها و ارائه پیشنهادهایی برای

در دنیای امروز، شهرنشینی به‌عنوان نماد رشد و توسعه کشورها شناخته می‌شود، اما توسعه فیزیکی شهرها بدون توجه به امنیت زیرساخت‌های حیاتی مانند آب، برق و مخابرات، می‌تواند پیامدهای سنگینی در پی داشته باشد (Ghazizadeh و همکاران، ۲۰۰۸). زیرساخت‌های آب‌رسانی، به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین ارکان رفاه و سلامت جامعه، نقشی کلیدی در پایداری اجتماعی و امنیت ملی ایفا می‌کنند. ازکارافتادگی یا آسیب به این زیرساخت‌ها، به‌ویژه در شرایط بحرانی مانند جنگ، حملات تروریستی یا بلایای طبیعی، می‌تواند منجر به ایجاد اختلال در نظم عمومی و افزایش نارضایتی مردم گردد (Ghazizadeh و همکاران، ۲۰۰۸؛ نیک‌پیمان و همکاران، ۱۳۹۹).

پیشرفت تکنولوژی و تغییر الگوی جنگ‌های سنتی به سمت جنگ‌های نامتقارن، موجب شده است که دیگر مرزهای جغرافیایی مانع تهدید نباشند و تأسیسات حیاتی کشورها همواره در معرض تهدیدات فیزیکی، سایبری و بیولوژیکی قرار گیرند (زرزقانی و همکاران، ۱۳۹۵). تجربه جنگ‌های گذشته در کشورهای نظیر عراق، سوریه و یمن، اهمیت مقاوم‌سازی و ایمن‌سازی زیرساخت‌ها، به‌ویژه منابع آبی، را به‌وضوح نشان داده است (Gleick، ۲۰۰۶). در این میان، پدافند غیرعامل به‌عنوان مجموعه‌ای از اقدامات پیشگیرانه غیربرخوردی، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری تأسیسات زیربنایی ایفا کند (معصوم‌بیگی و همکاران، ۱۴۰۰).

اهمیت موضوع امنیت تأسیسات آبی شهر هنگامی دوچندان می‌شود که بدانیم هرگونه اختلال در شبکه آب‌رسانی شهری می‌تواند پیامدهای اجتماعی، بهداشتی و حتی سیاسی گسترده‌ای در پی داشته باشد (Annunziato و همکاران، ۲۰۱۶).

در دهه‌های اخیر، زیرساخت‌های آبی به دلایل مختلف از جمله نقش حیاتی در تأمین سلامت عمومی، توسعه اقتصادی و حفظ امنیت ملی، همواره در معرض تهدیدات گوناگون قرار داشته‌اند. حملات سایبری، خرابکاری‌های فیزیکی، تهدیدات بیولوژیکی و حتی سوءاستفاده از فناوری‌های نوین برای آلوده‌سازی منابع آبی، بخشی از چالش‌های امنیتی این حوزه به شمار می‌آیند (زرزقانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Gleick، ۲۰۰۶). تجربه کشورهای مختلف در سال‌های گذشته نشان داده است که تأسیسات آبی از جمله سد‌ها، مخازن، خطوط انتقال و تصفیه‌خانه‌ها، از اهداف اصلی در حملات نظامی و تروریستی محسوب می‌شوند؛ چرا که هرگونه اختلال در عملکرد این زیرساخت‌ها، مستقیماً بر امنیت روانی و بهداشتی جامعه تأثیرگذار خواهد بود.

ارتقاء امنیت و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های آبی با تکیه بر اصول پدافند غیرعامل می‌پردازد.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

پدافند غیرعامل به مجموعه‌ای از اقدامات و تمهیدات غیرمسلحانه اطلاق می‌شود که به منظور کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی، حفظ جان انسان‌ها، تداوم خدمات‌رسانی و افزایش تاب‌آوری در برابر تهدیدات طراحی می‌گردد. این مفهوم، برخلاف پدافند عامل که مبتنی بر استفاده از نیروهای مسلح و تجهیزات نظامی است، بر پیشگیری، مقاوم‌سازی، پراکندگی، استتار و هوشمندسازی متمرکز است و تلاش می‌کند آثار حملات احتمالی دشمن یا حوادث طبیعی را بدون تقابل مستقیم کاهش دهد (معصوم‌بیگی و همکاران، ۱۴۰۰).

اهمیت پدافند غیرعامل در جهان امروز به‌ویژه در بخش تأسیسات زیربنایی مانند سامانه‌های آبرسانی، برق، گاز، حمل‌ونقل و مخابرات به‌شدت افزایش یافته است. تجربه جنگ‌های اخیر، نظیر حمله به تأسیسات آب عراق، تهدید سد موصل توسط داعش و همچنین اقدامات خرابکارانه در شبکه‌های توزیع آب در برخی کشورها نشان می‌دهد که دشمنان تمایل دارند با هدف قرار دادن زیرساخت‌های حیاتی، نوعی «فلج شهری» ایجاد کنند که بدون درگیری مستقیم، بیشترین خسارت روانی، اجتماعی و اقتصادی را وارد نمایند (توکلی امینیان و امینیان، ۱۳۹۳).

در این میان، تأسیسات آبی به‌عنوان شریان حیاتی زندگی انسان و یکی از مهم‌ترین عوامل تأمین امنیت و سلامت عمومی، جایگاه ویژه‌ای در مباحث پدافند غیرعامل دارند. تأسیساتی چون سدها، چاه‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ، خطوط انتقال، تصفیه‌خانه‌ها و مخازن ذخیره آب، در صورت آسیب یا اختلال، نه تنها سیستم آبرسانی را مختل می‌کنند، بلکه می‌توانند سلامت جامعه را با بحران جدی مواجه سازند. ازاین‌رو، اصول پدافند غیرعامل باید به‌صورت ویژه در این حوزه به کار گرفته شود (کاظمی و گلستانه ۱۳۹۳؛ حسینی‌امینی و موغلی، ۱۳۹۵). از سوی دیگر، سیاست‌گذاری‌ها و بخشنامه‌های مرتبط با پدافند غیرعامل در صنعت آب و فاضلاب کشور نیز تأکید دارند که تهیه طرح‌های جامع پدافندی برای تأسیسات آبی، نه تنها یک ضرورت، بلکه یک الزام مدیریتی و حاکمیتی است (اسکندری، ۱۳۹۰).

رنجبر (۱۳۸۳) به مطالعه و بررسی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی در دشت‌های اطراف شهر شیراز پرداخته بود و این نتیجه حاصل شد که کمینه میزان مشخص DRASTIC در دشت‌های حاشیه شهر شیراز برابر ۵۸ و بیشینه آن برابر ۱۷۵ می‌باشد و مقادیر فوق از نظر طبقه‌بندی آسیب‌پذیری آب‌خوان در محدوده بسیار نامناسبی «آسیب‌پذیری زیاد» تا بد «آسیب‌پذیری خیلی زیاد» قرار گرفته است.

Babiker و همکاران (۲۰۰۴) برای تعیین مناطق مستعد در برابر آلودگی ناشی از منابع انسانی در آبخوان کاکامیگاهارا در ژاپن مرکزی، از مدل DRASTIC در محیط GIS استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که بخش غربی آب‌خوان کاکامیگاهارا در رده‌بندی آسیب‌پذیری بالا و بخش شرقی در رده‌بندی آسیب‌پذیری متوسط قرار می‌گیرند. Gleick در مطالعه خود به بررسی سابقه حملات گذشته به سیستم‌های آب و مهم‌ترین آسیب‌پذیری‌ها و خطرات پیش‌روی سیستم‌های مدرن آب پرداخته، همچنین راه‌هایی برای کاهش این خطرات نیز معرفی کرده است (Gleick، ۲۰۰۶).

نصری و همکاران (۱۳۸۷) به منظور بررسی امکان آلودگی آب رودخانه زاینده‌رود و برخی از چاه‌های فلمن به سم دیازینون، به انجام نمونه‌برداری آب از محل سد زاینده‌رود تا سد نکوآباد در ده مقطع شامل سد زاینده‌رود، پل زمانخان، روستای چم طاق، سد چم آسمان، پل کله، سد نکوآباد، سه مقطع به صورت انتخابی از محل‌های ورود فاضلاب‌ها یا پس‌آب زمین‌های کشاورزی به داخل رودخانه زاینده‌رود و یکی از چاه‌های فلمن پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده عدم آلودگی آب رودخانه زاینده‌رود و نیز پس‌آب‌ها به این آفت‌کش بود.

صراف‌پور و فرج‌زاده (۱۳۸۸) به صورت توصیفی به مطالعه پتانسیل‌های تهدید بیولوژیکی، عوامل بیولوژیک، نقاط آسیب‌پذیر منابع و شبکه‌های آبرسانی، راه‌های احتمالی آلوده‌سازی آن‌ها، تشخیص و آشکارسازی عوامل، روش گندزدایی مؤثر و راه‌های پیشگیری و مقابله پرداخته و به این نتیجه رسیدند که برنامه‌های در نظر گرفته شده برای جلوگیری از خرابکاری در شبکه‌های آب شرب و مواد غذایی و یا سایر محصولات مورد مصرف عام، باید بر اساس پیشگیری، آشکارسازی و مقابله باشد.

پیری و بامری (۱۳۹۰) به بررسی ملاحظات پدافند غیرعامل در منابع و تأسیسات آبی سیستان پرداخته و راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری ارائه نموده‌اند و به این نتیجه رسیدند که توسعه و برنامه‌ریزی به منظور حفظ منابع آب، به‌ویژه در منطقه خشک و بیابانی سیستان و بلوچستان از واجبات و الزاماتی است که باید توسط مدیران در نظر گرفته شود. همچنین توسعه منابع آب منطقه از طریق احداث سدها، جلوگیری از کاهش تلفات آب به‌خصوص تبخیر و تعرق و برنامه‌ریزی برای حفظ منابع طبیعی استان از مسائلی است که حتماً باید مورد توجه قرار گیرد.

شریفی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به کمک چند دستگاه لرزه‌نگار به بررسی اثر انفجار در نزدیکی سد مخزنی سرابی توپسرکان پرداخت. نتایج این پژوهش و استانداردهای موجود در معادن روباز نشان داد که از دیدگاه لرزه‌ای، آب‌بند در منطقه‌ای کاملاً امن از انفجارهای حاصل در معادن سد سرابی توپسرکان قرار دارد.

رمضانی و موثقی صداقت (۱۳۹۱) ضمن مطالعه و پژوهش در مورد آسیب‌پذیری‌ها و شناسایی تهدیدات بالقوه و بالفعل از نظر شیمیایی و بیولوژیک در منابع و تأسیسات آبی، به ارائه راهکارهایی مقرون به صرفه برای مقابله با این تهدیدات از منظر مهندسی پدافند غیرعامل در مقیاس شهری پرداخته است.

حسین‌زاده (۱۳۹۲) بر روی تأثیر انفجار روی سدهای خاکی، طی مدل‌سازی این سدها در نرم افزار ANSYS Autodyn دریافت که در نقاط نزدیک انفجار، شدت و میزان بزرگی تنش‌ها نسبت به مقاومت آن ماده به حدی زیاد می‌باشد که منجر به تخریب در ناحیه مذکور، آن هم به صورت شدید می‌شود.

حسینی‌نژاد و صمدی (۱۳۹۲) گسترش و کاربرد حسگرهای زیستی در شناسایی و تعیین میزان آلاینده‌های محیطی حاصل از صنایع کشاورزی را موردبررسی قرار دادند و دریافتند که بدون شک حسگرهای زیستی یکی از فناوری‌های مؤثر و کاربردی در تشخیص سریع و کارآمد این آلاینده‌ها در نمونه‌های آب، خاک و منابع غذایی می‌باشد. بدین لحاظ توسعه فناوری این حسگرها می‌تواند فصل مفیدی در شناسایی، پالایش و حذف آلاینده‌های محیط‌زیستی به‌ویژه انواع ناشی از صنایع کشاورزی فراهم آورد.

توکلی امینیان و امینیان (۱۳۹۳) به بررسی اهمیت پدافند غیرعامل در امنیت آبرسانی در شهر مشهد پرداختند. آن‌ها مطالعاتی با توجه به اصول و مبانی پدافند غیر عامل و وضعیت تأمین آب ساکنین منطقه مورد نظر صورت دادند و راهکارهای توانمندسازی پدافند غیر عامل برای افزایش امنیت آبرسانی به ساکنین را با مطالعه موردی بر روی مخزن ذخیره آب شهری محدوده مورد مطالعه، مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در بررسی این‌که آیا اصول پدافند غیر عامل در مخزن واقع در پهنه آبرسانی محدوده مورد مطالعه به طور کامل اجرا شده است یا خیر، به این نتیجه رسیدند که اصول امنیتی به طور کامل و جامع رعایت نگردیده است و با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه معین شد که می‌توان میزان امنیت شبکه آبرسانی را با انجام تمهیدات و راهکارهای اشاره شده در آن پژوهش افزایش داد (توکلی امینیان و امینیان، ۱۳۹۳).

کاظمی و گلستانه (۱۳۹۳) به شناسایی و نمره‌دهی تهدیدات مخازن ذخیره آب در شرایط مختلف پرداختند. همچنین با تقسیم کشور به دو منطقه مرکزی و مرزی و شهرها به دو دسته شهرهای بزرگ و کوچک و پس از تهیه پرسشنامه بر اساس تهدیدات و تکمیل آن توسط کارشناسان و اساتید این حوزه به این نتیجه رسیدند که تمهیدات لازم با این تهدیدات در هر منطقه با مناطق دیگر متفاوت است. به عنوان مثال، در شهرهای مرزی به هیچ عنوان نباید زیرساخت‌های آبرسانی به‌صورت سطحی و قابل مشاهده باشند و در صورت اجرا باید بطور کامل استتار یابند ولی در

شهرهای کوچک مرکزی می‌توان از این زیرساخت‌ها استفاده نمود (کاظمی و گلستانه، ۱۳۹۳).

در تحقیق میمندی پاریزی و کاظمی‌نیا (۱۳۹۴) آسیب‌پذیری شهر کرمان از نظر پدافند غیرعامل مورد بررسی قرار داده شد و براساس آن جانمایی‌هایی برای تأسیسات اصلی و کاربری‌های حیاتی (شامل تأسیسات آبی) و سایر بناها مشخص گردید. با توجه به ارزیابی انجام گرفته همه قسمت‌های داخلی و مرکزی شهر کرمان، ظرفیت آسیب‌پذیری و تخریب زیادی دارند و می‌بایست راهکاری برای خروج تأسیسات اصلی و کاربری‌های حیاتی، پیشنهاد و اجرا گردد.

حیدری و غفاری (۱۳۹۴) در یک مطالعه به بررسی آسیب‌پذیری دانشگاه شهرکرد براساس پدافند غیرعامل در مواقع بارش پرداخته و ضمن بررسی خاک دانشگاه و عوامل بازدارنده در جاری شدن روان‌آب در جوی‌ها و مشکلات ناشی از آن مانند خارج شدن آب حاصل از بارش از جوی‌های دانشگاه و ورود آب و رسوبات به داخل دانشکده‌های قرار گرفته در پایین‌دست، به پیشنهادهایی در رابطه با کاشت گیاهان و ایجاد سایر سازه‌های حفاظتی مانند سد در محیط دانشگاه پرداخته‌اند.

شهریاری و حدادی (۱۳۹۴) به تعیین نقاط آسیب‌پذیر تأسیسات آب و فاضلاب و روشهای پیشگیری و مقابله با خطرات احتمالی پرداخته، همچنین راهکارهایی برای انعطاف‌پذیر نمودن مجموعه در مواقع بحران بیان نموده‌اند. برای تحقق این هدف، تأسیسات آبرسانی پایلوت شهر بروجرد مورد مطالعه قرار گرفته و نقاط ضعف مجموعه در هنگام بروز خطر و راهکارهای عملی و اجرایی برای پایداری در برابر خطرات احتمالی را موردبررسی قرار دادند.

زرقانی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی میزان آسیب‌پذیری عناصر و بخش‌های مختلف زیر ساخت آب در برابر حملات نظامی و تروریستی می‌پردازد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد، با وجود اهمیت بسیار زیاد آب در تداوم زندگی عادی در شهر و نیاز شدید و روزانه شهروندان و بخش‌های مختلف شهری به آن، مولفه‌های بخش‌های مختلف این زیرساخت شامل تأمین، حمل، ذخیره، پالایش و تصفیه و توزیع در برابر حملات نظامی و تروریستی به شدت آسیب‌پذیر هستند.

نیک‌پیمان و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود سعی نمودند با بررسی سوابق و پیشینه حکمرانان بالارتنه و میان‌رتبه مرتبط با حکمرانی منابع آب در ایران و استان کرمانشاه در بازه زمانی هشت سال جنگ و مقایسه آن با هشت سال پس از جنگ، به بررسی آثار جنگ تحمیلی ایران و عراق بر مدیریت منابع آب در استان کرمانشاه بپردازند. این مطالعه نشان داد که وقوع جنگ علاوه بر داشتن خسارات فوری و مستقیم، پیامدهای غیرمستقیم و بلندمدتی نیز

دارد. از جمله این اثرات می‌توان به اختلال در سازوکار مدیریت و حکمرانی منابع آب و محیط‌زیست اشاره کرد. معصوم‌بیگی و همکاران (۱۴۰۰) با مطالعه شهر هشتگرد استان البرز به بررسی میزان رعایت اصول پدافندی در سیستم آب شرب شهری پرداخت که نتایج مطالعات نشان داد وضعیت کلی میزان رعایت اصول پدافند غیرعامل در تأسیسات آبی شهر هشتگرد در سطح متوسط بوده است. چاه آب شماره سه با کمترین امتیاز در سطح ضعیف و چاه شماره یک با بیشترین امتیاز در سطح متوسط برآورد شد. در اصول پدافند غیرعامل؛ اصل مکان‌یابی، ایمنی در برابر آتش‌سوزی و اعلام خبر با بیشترین امتیاز در سطح متوسط و اصول پراکندگی و استتار با کمترین امتیاز در سطح ضعیف ارزیابی گردیدند.

پژوهش‌های بین‌المللی متعددی طی سال‌های اخیر به بررسی تهدیدات امنیتی زیرساخت‌های آبی و راهبردهای تاب‌آوری و پدافند غیرعامل پرداخته‌اند. در یک مطالعه موردی مرتبط با منطقه خاورمیانه، Hindiye و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تهدیدات تروریستی در شبکه آب شهری اربد اردن، ارزیابی ریسک عملیاتی انجام داده و پیشنهاد استقرار سیستم‌های سنجش آلاینده در لحظه و مکانیزم‌های توقف اضطراری را ارائه داده‌اند. در نمونه دیگر، محققان با بهره‌گیری از نظریه بازی‌ها، به بهینه‌سازی تخصیص منابع امنیتی در تصفیه‌خانه‌های آب شهری در برابر حملات فیزیکی پرداخته و نشان داده‌اند که مدل‌های راهبردی نسبت به تخصیص مبتنی بر ریسک صرف، عملکرد دفاعی بهتری دارند (Chen و همکاران، ۲۰۲۲).

در همین راستا، Patriarca و همکاران (۲۰۲۲) با شبیه‌سازی دوقلو دیجیتال برای یک سامانه آب‌شیرین‌کن و شبکه توزیع، نشان داده‌اند که تحلیل سایبری- فیزیکی می‌تواند نقاط ضعف بحرانی را شناسایی و شاخص‌های مقاومت سایبری سامانه را ارائه دهد. این رویکرد به مدیران زیرساختی امکان برنامه‌ریزی برای سخت‌سازی سنسورها و تخصیص منابع حفاظتی را می‌دهد.

در حوزه تحلیل ریسک و ارزیابی ایمنی، محققان از مدل تحلیل ایمنی با در نظر گرفتن تاب‌آوری سیستم استفاده کرده‌اند و بر اساس داده‌های ۱۰ ساله یک شبکه توزیع آب در لهستان، میزان ریسک قابل‌قبول برای زیرساخت را برآورد کرده‌اند (Tchórzewska-Cieślak و همکاران، ۲۰۲۳).

مقالات مروری نیز نقش کلیدی در ترسیم چشم‌انداز تاب‌آوری زیرساخت آب ایفا کرده‌اند. برای مثال، Asghari و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای جامع، راهبردهای مختلف تاب‌آوری مانند زیرساخت سبز، مانیتورینگ دیجیتال و تمرکززدایی را مرور و تأکید می‌کنند که رویکردهای فنی صرف نمی‌توانند به تنهایی تاب‌آوری را تضمین کنند.

از سوی دیگر، در زمینه تهدیدات سایبری، Moazeni و Raza (۲۰۲۴) با استفاده از مدل بهینه‌سازی محدودیتی، آسیب‌پذیری شبکه‌های توزیع هوشمند را در برابر حملات

تزیق داده‌های جعلی بررسی کرده‌اند. یافته‌های آنان نشان می‌دهد که برخی گره‌های شبکه به شدت حساس بوده و نیازمند تقویت چندلایه حفاظتی هستند.

همچنین Ancheta و همکاران (۲۰۲۵) با بررسی چارچوب‌های ارزیابی تاب‌آوری، بر تلفیق روش‌های زیرساخت‌محور با شاخص‌های چندبخشی مدیریتی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأکید کرده‌اند. این دیدگاه ترکیبی می‌تواند چارچوب مناسبی برای ارزیابی تاب‌آوری تأسیسات آب در کشورها در حال توسعه فراهم کند.

این مطالعات، در مجموع نشان می‌دهند که امنیت تأسیسات آب شهری نه تنها وابسته به زیرساخت‌های فیزیکی، بلکه به رویکردهای مدیریتی، راهبردهای سایبری و مدل‌های تحلیلی چندلایه وابسته است که در برنامه‌ریزی پدافند غیرعامل باید به صورت یکپارچه در نظر گرفته شوند. مروری بر ادبیات و پیشینه پژوهش‌های مرتبط با امنیت زیرساخت‌های آبی و پدافند غیرعامل نشان می‌دهد که اکثر مطالعات پیشین عمدتاً به صورت کلی و در سطح کلان به بررسی مفاهیم و تهدیدات عمومی در حوزه آب پرداخته‌اند، بدون آنکه به ارزیابی عمیق و میدانی در سطح تأسیسات شهری خاصی ورود نمایند. همچنین، بسیاری از تحقیقات، یا به بررسی سازوکارهای فنی پدافند غیرعامل در سایر حوزه‌ها (نظیر انرژی، حمل‌ونقل، یا مراکز حیاتی نظامی) پرداخته‌اند یا فاقد رویکرد تحلیلی بر اساس داده‌های میدانی بوده‌اند.

نوآوری اصلی این تحقیق در ترکیب چارچوب نظری پدافند غیرعامل با ارزیابی میدانی تأسیسات آب شرب شهر است. این پژوهش با بهره‌گیری از شاخص‌های امنیتی عینی و تحلیل‌های آماری، به سنجش وضعیت آسیب‌پذیری واقعی تأسیسات آب‌رسانی در یک شهر مرزی پرداخته است. تمرکز بر تهدیدات بیوتروریسم، دسترسی غیرمجاز، ضعف در پایش و ایمنی محیطی و تحلیل آن‌ها در بستر شهری خاص، از دیگر وجوه تمایز این تحقیق نسبت به مطالعات پیشین محسوب می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی و با رویکرد توصیفی-تحلیلی انجام شده است. برای دستیابی به اهداف تحقیق، ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی منابع علمی مرتبط با پدافند غیرعامل و امنیت تأسیسات آبی انجام شد. در ادامه، مطالعه میدانی در ایستگاه برداشت و پمپاژ آب صورت گرفت تا وضعیت فیزیکی، موقعیت جغرافیایی، سطح دسترسی و تدابیر امنیتی موجود مورد ارزیابی قرار گیرد.

مورد مطالعه

مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان با جمعیت متوسط می‌باشد. شهری که در منطقه کویری و حاشیه کویر

می‌باشد. تأسیسات آب و فاضلاب شهر به شرح ذیل می‌باشد: ایستگاه تصفیه آب، ایستگاه تصفیه فاضلاب، شبکه آبرسانی، ایستگاه‌های برداشت آب. به‌منظور امنیت سیستم آب و فاضلاب و جلوگیری از عملیات خرابکاری، نام شهر در مقاله قید نشده است.

بدیهی است که تمرکز مطالعه میدانی بر تنها یک ایستگاه می‌تواند محدودیت‌هایی در تعمیم کامل یافته‌ها به کل شبکه آبرسانی شهر ایجاد کند. این محدودیت عمدتاً ناشی از ماهیت مطالعه موردی است که بر اساس تئوری تعمیم‌پذیری، یافته‌ها را به شرایط خاص مورد مطالعه (مانند تنظیمات جغرافیایی، زمانی و عملیاتی ایستگاه) محدود می‌کند و امکان حسابداری برای تغییرات در جنبه‌های دیگر مانند ایستگاه‌های متفاوت، شرایط زمانی متنوع یا عوامل محیطی را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، تفاوت‌های احتمالی در دسترسی امنیتی، ساختار فیزیکی یا تهدیدات محلی بین ایستگاه و سایر تأسیسات ممکن است باعث شود یافته‌ها در این ایستگاه خاص معتبر باشند، اما نتوانند به طور مستقیم به کل شبکه تعمیم یابند، که این امر اعتبار خارجی پژوهش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دلیل تمرکز بر این ایستگاه نیز محدودیت‌های اداری و امنیتی بود، زیرا مجوز بازدید تنها برای این سایت صادر شد و دسترسی به سایر نقاط به دلیل محرمانگی مرتبط با پدافند غیرعامل، ممکن نبود. لذا نتایج حاصل از این مطالعه بیشتر ناظر بر بررسی نمونه‌ای از وضعیت امنیتی تأسیسات آبی در شرایط موجود بوده و نه لزوماً تعمیم کلی به همه نقاط. برای غلبه بر این محدودیت، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با دسترسی به چندین ایستگاه و استفاده از روش‌های چندموردی یا شبیه‌سازی تصمیم‌گیری بر اساس تئوری تعمیم‌پذیری، دامنه تعمیم‌پذیری یافته‌ها را افزایش دهند و واریانس ناشی از جنبه‌های مختلف را بهتر ارزیابی کنند.

چاهک‌های مطالعاتی در این پژوهش که یک چاه در این منطقه مورد بررسی قرار گرفت. سپس حجم آب این چاه به سمت تصفیه‌خانه و منبع اولیه رفته و از آن‌جا به سمت تصفیه‌خانه داخل شهر روانه می‌شود.

جامعه آماری این پژوهش، ۳۱ نفر از متخصصان و اندیشمندان حوزه آب در سازمان آب و فاضلاب می‌باشند. انتخاب این جامعه آماری به دلیل تمرکز پژوهش بر جنبه‌های فنی و عملیاتی تأسیسات آب شرب و زیرساخت‌های آن بوده است، زیرا این کارشناسان دارای دانش تخصصی مستقیم و تجربه عملی در مدیریت و امنیت این تأسیسات هستند. همچنین، با توجه به حساسیت موضوع پدافند غیرعامل و مسائل امنیتی و محرمانگی مرتبط با آن، دسترسی به نظرات سایر ذی‌نفعان مانند نیروهای نظامی یا جامعه محلی محدود بود و امکان جمع‌آوری داده از آن‌ها فراهم نشد. در این پژوهش از روش

سرشماری استفاده شده و تمامی ۳۱ نفر به عنوان جامعه آماری، مورد پرسش قرار گرفتند.

ابزار گردآوری اطلاعات

ابزارها و وسایل گردآوری اطلاعات که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته با استفاده از یک پرسشنامه استاندارد تطبیق داده شده که با نیاز پروژه تنظیم گردیده است. پرسش‌نامه به‌صورت محقق‌ساخته تهیه شده است. فرآیند طراحی آن شامل مرور منابع علمی داخلی و خارجی مرتبط با پدافند غیرعامل در حوزه آبرسانی، مطالعه اسناد راهبردی ملی، و انجام مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با سه نفر از کارشناسان ارشد بوده است. بر پایه این اطلاعات، گویه‌های اولیه تدوین شد و سپس نسخه نهایی پرسش‌نامه با دریافت بازخورد از همان خبرگان اصلاح و نهایی گردید. این پرسشنامه دارای ۲۱ سوال است و به شرح ذیل می‌باشد:

سه سوال اول مربوط به مشخصات پرسش‌شونده می‌باشد تا سطح علمی و سن و جنسیت پرسش‌شونده مورد مطالعه سنجیده شود. در ادامه سوالاتی در خصوص امنیت حوزه آب تأسیسات آبرسانی آمده که از منظر (۱) پایش (۲) آلوده‌سازی (۳) خرابکاری توسط افراد غیر (۴) پدافند غیر عامل، مورد مطالعه و ارزیابی واقع شده است. در جدول (۱) گویه‌های استفاده شده در پرسش‌نامه پژوهش نشان داده شده است.

بررسی اعتبار سازه‌ای پرسشنامه

مفهوم آسیب‌پذیری تأسیسات زیرساختی آب شرب از منظر بیوتروریسم و عملیات خرابکاری از سه عامل پایش، دسترسی افراد غیر و ایمنی تشکیل شده است:

پایش: این معیار به نظارت مداوم و تشخیص تهدیدات در شبکه‌های زیرساختی آب اشاره دارد، شامل نظارت بر سیستم‌ها برای شناسایی ناهنجاری‌ها، حملات سایبری یا فیزیکی. پایش شامل نظارت بر اجزای سیستم‌های کنترل و خودکار سازی صنعتی برای حفظ امنیت مداوم و همچنین استفاده از ابزارهای تشخیص تهدید مانند حسگرهای محیطی و سیستم‌های هشدار زودهنگام است. شاخص‌های کلیدی شامل پوشش دوربین‌های مدار بسته، حسگرهای آلودگی، و نظارت بلادرنگ است.

دسترسی غیرمجاز: این عامل بر جلوگیری از ورود افراد غیرمجاز به تأسیسات تمرکز دارد، شامل موانع فیزیکی و دیجیتالی. این معیار شامل اجرای سیاست‌های کنترل دسترسی، رمزنگاری و موانع فیزیکی مانند حصارکشی، دروازه‌ها، نگهبانان و درهای قفل‌دار است. شاخص‌های کلیدی عبارتند از سطح محدودیت دسترسی، سیستم‌های شناسایی نفوذ و ارزیابی ریسک دسترسی غیرمجاز.

ایمنی: این معیار به اقدامات پیشگیرانه و غیرفعال برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر تهدیدات فیزیکی، سایبری و

بیولوژیکی اشاره دارد، بدون نیاز به دخالت انسانی مستقیم. ایمنی شامل لایه‌های دفاعی غیرفعال مانند ساختارهای مقاوم، استتار و سیستم‌های پشتیبان است. همچنین، بر موانع فیزیکی مانند نرده‌ها و روشنایی برای

بازدارندگی تأکید دارند. شاخص‌های کلیدی شامل تطابق با استانداردهای جهانی، کیفیت اجرا، و ایمنی محیطی در برابر نفوذ دشمن است.

جدول ۱- گویه‌های استفاده شده در پرسش‌نامه پژوهش

شماره	پرسش (گویه)	شماره	پرسش (گویه)
۱	ارزیابی مطلوبیت مخازن و محل‌های نگهداری آب در شهر از منظر پدافند غیر عامل (آلوده‌سازی) در زمینه پایش چگونه است؟	۹	ارزیابی مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه در شهر از منظر دسترسی در پدافند غیر عامل چگونه است؟
۲	ارزیابی مطلوبیت مخازن و محل‌های نگهداری آب در شهر از منظر پدافند غیر عامل (آلوده‌سازی) در زمینه دسترسی چگونه است؟	۱۰	ارزیابی مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه در شهر از منظر مدیریت بحران در پدافند غیر عامل چگونه است؟
۳	ارزیابی مطلوبیت چاه‌های برداشت آب در شهر از منظر پدافند غیر عامل از جهت آلوده‌سازی چاه‌ها و دسترسی غیر، چگونه است؟	۱۱	به صورت کلی نحوه دسترسی، نفوذ و تخریب توسط دشمن به تأسیسات آبرسانی از منظر پدافند غیر عامل چگونه است؟
۴	ارزیابی مطلوبیت چاه‌های برداشت آب در شهر از منظر پدافند غیر عامل از جهت پایش چگونه است؟	۱۲	ایمنی تأسیسات آبرسانی در شهر تا چه میزان همخوانی با استانداردهای جهانی برای استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل بحران از قبیل پایش، استفاده از حسگر و دوربین‌های امنیتی، کنترل و مدیریت بحران از طریق هوش مصنوعی و ... دارد؟
۵	ارزیابی مطلوبیت تأسیسات آبرسانی و توزیع در شهر از منظر پدافند غیر عامل از جهت پایش چگونه است؟	۱۳	کاربری‌های شهری از قبیل مدارس، خیابان، فضاهای عمومی و ... پیرامون تأسیسات آبی از منظر پدافند غیر عامل (زمینه برای دسترسی افراد غیر به تأسیسات) چگونه است؟
۶	ارزیابی مطلوبیت تأسیسات آبرسانی و توزیع در شهر از منظر پدافند غیر عامل از جهت دسترسی چگونه است؟	۱۴	ایمنی و امنیت بافت شهری پیرامون تأسیسات آبی شهر از منظر پدافند غیر عامل چگونه است؟
۷	ارزیابی مطلوبیت ایستگاه‌های پمپاژ آب در شهر از منظر پدافند غیر عامل برای دسترسی غیر و خرابکاری چگونه است؟	۱۵	ایمنی محیط‌های تأسیسات آبی شهر و محوطه آن (از قبیل حصارکشی، دیوار، دیده بانی و ...) از نظر تطابق با استانداردهای بین المللی چگونه است؟
۸	ارزیابی مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه در شهر از منظر پایش در پدافند غیر عامل چگونه است؟	۱۶	ایمنی محیط‌های تأسیسات آبی شهر و محوطه آن (از قبیل حصارکشی، دیوار، دیده بانی و ...) از نظر کیفیت اجرا چگونه است؟

نتایج مندرج در جدول (۲) نشان می‌دهد که بارهای عاملی مربوط به تمام گویه‌ها بیشتر از ۰/۳ بوده و مورد تأیید قرار می‌گیرند. همچنین مقدار ضریب آلفای کرونباخ هر یک از این عوامل زیادتر از ۰/۷ قرار گرفته است که نشان از همسانی درونی مطلوب برای آنها دارد.

قدرت رابطه بین عامل (متغیر پنهان) و متغیر قابل مشاهده، به وسیله بار عاملی نشان داده می‌شود. بار عاملی مقداری بین صفر و یک است. اگر بار عاملی کمتر از ۰/۳ باشد، رابطه ضعیف در نظر گرفته شده و از آن صرف نظر می‌شود. بار عاملی بین ۰/۳ تا ۰/۶ قابل قبول است و اگر بزرگتر از ۰/۶ باشد، خیلی مطلوب است.

برخی گویه‌ها نظیر گویه ۳ (بار عاملی ۰/۳۴) و گویه ۹ (بار عاملی ۰/۴۳) دارای بار عاملی نسبتاً کمتری نسبت به سایر گویه‌ها بودند. با این حال، از آنجا که بار عاملی زیادتر از

۰/۳، از نظر ادبیات تحلیل عاملی قابل قبول تلقی می‌شود، و همچنین این گویه‌ها از نظر مفهومی (دسترسی غیرمجاز و انتقال آب پس از تصفیه)، نقش مهمی در ارزیابی امنیت تأسیسات آبی دارند، تصمیم بر آن شد که در مدل باقی بمانند. در عین حال، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی، این گویه‌ها با دقت و بازنگری بیشتری طراحی و آزمون شوند.

در شکل (۱) علاوه بر بارهای عاملی، خطاهای اندازه‌گیری و شاخص‌های RMSEA و p-value آمده است که از جمله شاخص‌های نیکویی برازش مدل هستند. ملاحظه می‌شود که شاخص RMSEA برابر با ۰/۰۳۹ گزارش شده که کمتر از ۰/۱ و مقدار P-value برابر با ۰/۳۴۵۹۳ درج شده که بیشتر از ۰/۰۵ است و این دو شاخص، نیکویی برازش مدل اندازه‌گیری را تأیید می‌کنند.

جدول ۲- بارهای عاملی و آلفای کرونباخ مربوط به مدل اندازه‌گیری آسیب‌پذیری تأسیسات زیرساختی آب شرب از منظر بیوتروریسم

سازه	گویه	بار عاملی	آلفای کرونباخ
پایش	۱	۰/۶۸	۰/۸۳۱
	۵	۰/۸۹	
	۶	۰/۸۷	
	۹	۰/۴۳	
دسترسی افراد غیر	۳	۰/۳۴	۰/۷۱۱
	۴	۰/۶۲	
	۷	۰/۶۶	
	۸	۰/۵۳	
	۱۰	۰/۵۰	
	۱۲	۰/۶۴	
ایمنی	۱۱	۰/۷۶	۰/۸۶۸
	۱۳	۰/۷۸	
	۱۴	۰/۶۹	
	۱۵	۰/۷۰	
	۱۶	۰/۵۵	
	۱۷	۰/۵۳	
	۱۸	۰/۴۹	
	۲۳	۰/۶۶	

ایستگاه‌های برداشت و پمپاژ آب از نظر پدافند غیرعامل می‌پردازد. در ادامه نیز مطالعات آماری حول موضوع امنیت تأسیسات آبرسانی ارائه می‌گردد و در انتها تفسیر یافته‌ها و تحلیل نتایج ارائه می‌شود.

پدافند غیرعامل چاه برداشت آب

طی بازدید از این پروژه که با همراهی ناظر سازمان آب منطقه‌ای صورت پذیرفت، مشخص شد که این چاه با عمق بیش از ۱۰۰ متر جزو چاه‌های اصلی برداشت آب شهر می‌باشد. آب این چاه به همراه ۶ چاه دیگر جمع‌آوری و به ایستگاه تصفیه آب منتقل می‌شود.

پدافند غیرعامل در این چاه را می‌توان از چند جهت به شرح ذیل مورد بررسی قرار داد:

راه دسترسی: راه دسترسی این پروژه خاکی بود. دوری آن از مسیر جاده و دور افتاده بودنش از دید می‌تواند یک نقطه ضعف برای این پروژه باشد. البته طی مصاحبه مشخص شد این چاه به همراه ۶ چاه دیگر، یک نگهبان شیفتی دارند که به صورت متوالی از این سازه‌ها سرکشی می‌کند، اما از آن‌جا که عملیات تخریب همیشه با زیرکی صورت می‌گیرد، لذا نبود نگهبان به صورت دائمی در سر پروژه، خود می‌تواند مشکل‌ساز شود. لذا می‌بایست راه دسترسی، یک مسیر استاندارد باشد تا بتوان یک کشیک به صورت دائمی در این مسیرها مستقر کرد.

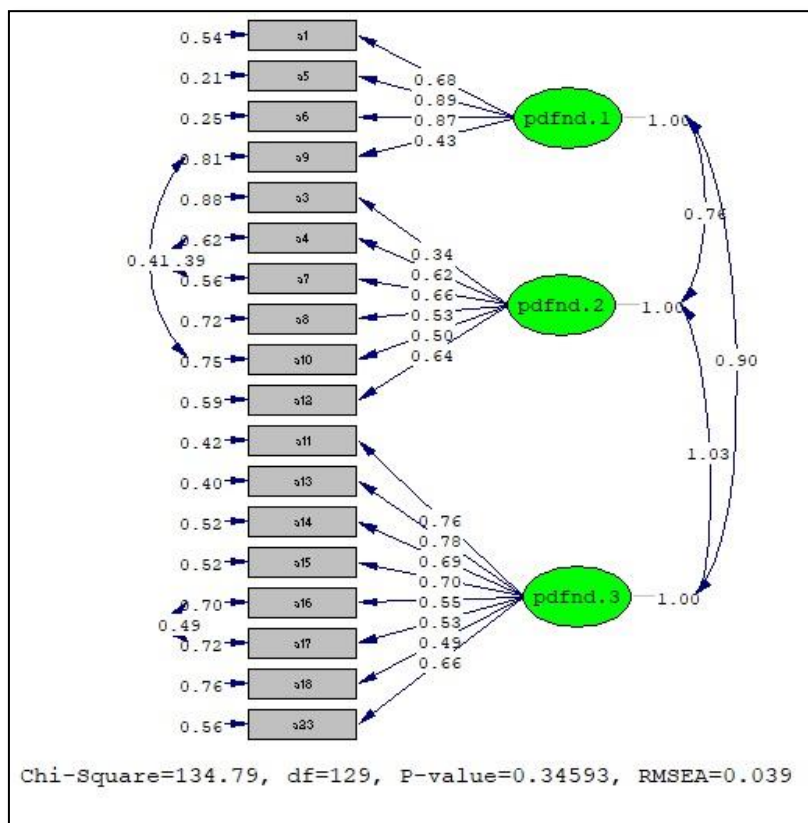
سایر شاخص‌های نیکویی برازش مدل اندازه‌گیری مفهوم آسیب‌پذیری تأسیسات زیرساختی آب شرب از منظر بیوتروریسم در جدول (۳) آمده است. مندرجات این جدول نشان می‌دهد که نسبت کای دو به درجه آزادی ۱/۰۴ شده است که کمتر از ۳ بوده و مطلوب ارزیابی می‌شود. لذا در نهایت می‌توان گفت مدل اندازه‌گیری مربوط به مفهوم آسیب‌پذیری تأسیسات زیرساختی آب شرب از منظر بیوتروریسم از برازش مناسب و قابل قبولی برخوردار می‌باشد.

آزمون‌ها و روش تحلیل آماری

در این تحقیق نتایج آماری در دو بخش آمار توصیفی و آمار استنباطی ارائه خواهند شد. در بخش آمار توصیفی از شاخص‌هایی مانند میانگین، میانه، مد، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی برای ارائه توصیفی از وضعیت متغیرهای اصلی و فرعی تحقیق استفاده شد و در بخش آمار استنباطی از آزمون‌هایی نظیر آزمون میانگین یک جامعه آماری، آزمون t دو نمونه‌ای مستقل، آزمون تحلیل واریانس و مدل‌یابی معادلات ساختاری بهره‌برده شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و گردآوری نمرات خام، داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها و بحث

در این بخش ابتدا به بیان یافته‌های بازدید میدانی از پروژه‌های آب پرداخته می‌شود که شامل بررسی وضعیت



شکل ۱- مدل اندازه‌گیری مفهوم آسیب‌پذیری تأسیسات زیرساختی آب شرب از منظر بیوتوریزم

جدول ۳- شاخص‌های نیکویی برازش مدل اندازه‌گیری مفهوم آسیب‌پذیری تأسیسات زیرساختی آب شرب از منظر بیوتوریزم

NFI	CFI	GFI	χ^2/df	الگوی پیشنهادی
۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۹۷	۱/۰۴	

کنترل از راه دور (پایش): طی بازدید مشخص شد که هنوز سیستم نظارت و کنترل از راه دور برای این ایستگاه فعال نشده، اما ایستگاه مشغول خدمت‌رسانی می‌باشد که خود می‌تواند جای سوال ایجاد نماید. طی مصاحبه با ناظر مربوطه مشخص شد هنوز تشکیلات پایش در پروژه مستقر نشده و به زودی این کار صورت خواهد گرفت.

امنیت تابلو برق: در مقابل تابلو برق، هیچگونه حصارکشی مناسبی صورت نگرفته بود. در واقع عامل خرابکار پس از عبور از فنس و همچنین بازکردن درب اتاقک سرچاه، به راحتی می‌تواند به تابلو برق و سیستم فرمان و همچنین لوله‌های انتقال آب دسترسی پیدا کند. لذا ضروریست تا با اندیشیدن تمهیدات کافی برای جلوگیری از دسترسی عوامل غیر به سیستم آبرسانی و تابلو برق از قبیل ایجاد یک فنس با قوطی‌های مناسب و همچنین استفاده از قفل‌های کتابی و استفاده از آژیر و اعلان خطر، جلوی این دسترسی‌ها گرفته شود تا احتمال وقوع حادثه تا حد ممکن کاهش یابد.

نزدیکی به زیرساخت‌های شهری: با بررسی این پروژه مشخص شد این پروژه نزدیک به یک پست برقی می‌باشد که در فاصله چند متری قرار گرفته است. این نزدیکی می‌تواند در گام اول موجبات خطرآفرین بودن و انفجار را در این چاه افزایش دهد و در گام بعد می‌توان گفت این پست برقی به عنوان یک نردبان عمل می‌کند. علت موضوع فوق نیز اجرای تیرهای برق پس از سازه چاه بوده است، لذا پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از مشکلات بعدی، تیرهای برق به فاصله‌ای ایمن منتقل شوند.

حصارکشی: حصارکشی و دیوارکشی در این پروژه نسبت به اهمیت آن، ضعیف می‌باشد.

امنیت لوله‌های اصلی: شریان‌های اصلی و شاه لوله‌ها هیچگونه حفاظ مناسبی ندارد و هر فرد می‌تواند به راحتی به این لوله‌ها آسیب برساند، تخریب کند یا حتی از این طریق مواد بیولوژیکی خطرناک را وارد چرخه تصفیه‌خانه نماید.

پدافند غیرعامل ایستگاه پمپاژ

کمی بالاتر از پروژه ایستگاه سرچاه، ایستگاه پمپخانه وجود دارد که به علت مسائل امنیتی امکان بازدید از داخل این پروژه فراهم نشد. لذا مسائل و نقاط ضعف و قوتی که از پیرامون پروژه قابل رویت و استنباط بود به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

راه دسترسی: راه دسترسی این پروژه همچون پروژه اتاقک سرچاه خاکی و به دور از جاده و تأسیسات شهری بود. خاکریزهای بلند و تپه‌های اطراف آن مانع از دیدن این پروژه از راه دور می‌شود که در روز حادثه این قاعده خطرساز می‌باشد.

حصارکشی: حصارکشی و دیوارکشی در این پروژه با توجه به میزان اهمیت آن، کم بوده است. ارتفاع کم دیوارها، قابل رویت بودن پشت شبکه حفاظ، دسترسی آسان و ... از معایب این سیستم می‌باشد که می‌بایست نسبت به رفع آن اقدام نمود.

کنترل از راه دور (پایش): پایش در این پروژه به میزان کافی صورت نگرفته است. دوربین‌های مداربسته بر روی دیوار پیرامونی مستقر نشده‌اند. همچنین در فضای داخلی نیز سیستم صاعقه‌گیر، دوربین‌های مداربسته، سیستم اعلان خطر و سیستم‌های اعلان حریق، رویت نشد. همچنین روی لوله‌های ورودی به مخازن آب نیز باز بود که خود می‌تواند در وقت خطر مشکل‌ساز باشد.

آمار توصیفی

در این بخش ابتدا اطلاعات جمعیت‌شناختی نمونه مانند جنسیت، تحصیلات و غیره گزارش می‌شوند و در ادامه شاخص‌های توصیفی هر یک از متغیرها، مرور خواهند شد. برحسب جنسیت، ۷ نفر (۲۲/۶ درصد) از افراد نمونه زن و ۲۴ نفر (۷۷/۴۰ درصد) از آنها مرد هستند. بر اساس

تحصیلات، ۴ نفر (۱۲/۹ درصد) از افراد حاضر در نمونه دارای تحصیلات لیسانس، ۱۹ نفر (۶۱/۳ درصد) دارای تحصیلات فوق‌لیسانس و ۸ نفر (۲۵/۸ درصد) نیز دارای تحصیلات دکتری هستند. برحسب سن، تعداد افراد دارای سن کمتر از ۳۰ سال، ۸ نفر (۲۵/۸ درصد)، دارای سن ۳۰ تا ۴۰ سال، ۱۳ نفر (۴۱/۹ درصد) و با سن بیشتر از ۴۰ سال، ۱۰ نفر (۳۲/۳ درصد) هستند.

آمار استنباطی

به منظور شناسایی رخنه‌های تأسیسات آبی شهر و بررسی آسیب‌پذیری تأسیسات زیرساختی آب شرب از منظر بیوتروریسم و عملیات خرابکاری و اینکه چگونه می‌توان با در نظر گرفتن پدافند غیر عامل در تقویت زیرساخت‌های آب عمل نمود و اینکه آیا زیرساخت‌های آب شرب شهر از نظر پدافند غیر عامل در مقابل عملیات خرابکارانه مورد تأیید می‌باشد یا خیر، نظرات کارشناسان در قالب طیف لیکرت مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت که این نظرات در سه دسته پایش، دسترسی افراد غیر و ایمنی تقسیم‌بندی شدند.

نظرات کارشناسان در خصوص مسئله پایش (که شامل ۴ مورد است) بر اساس طیف لیکرت به شرح جدول (۴) می‌باشد. بر اساس مندرجات این جدول ملاحظه می‌شود که برای سه مورد «مطلوبیت مخازن و محل‌های نگهداری آب (۵۸/۱ درصد)»، «مطلوبیت تأسیسات آب‌رسانی و توزیع (۳۵/۵ درصد)» و «مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه (۵۱/۶ درصد)» گزینه «مناسب» موفق به کسب اکثریت آراء شده است، اما برای «مطلوبیت چاه‌های برداشت آب (۴۵/۲ درصد)» گزینه «معمولی» توانسته است بیشتر آراء را کسب نماید.

جدول ۴- توزیع فراوانی (درصد) هر یک از گویه‌های پایش

گویه	بسیار نامناسب	نامناسب	معمولی	مناسب	بسیار مناسب
۱	۰	۱ (۳/۲)	۹ (۲۹)	۱۸ (۵۸/۱)	۳ (۹/۷)
۴	۱ (۳/۲)	۲ (۶/۵)	۱۴ (۴۵/۲)	۱۳ (۴۱/۹)	۱ (۳/۲)
۵	۰	۷ (۲۲/۶)	۱۰ (۳۲/۳)	۱۱ (۳۵/۵)	۳ (۹/۷)
۸	۰	۲ (۶/۵)	۹ (۲۹)	۱۶ (۵۱/۶)	۴ (۱۲/۹)

تصفیه‌خانه (۰/۲۱۱)، «مطلوبیت چاه‌های برداشت آب» (۰/۲۳۸) و «مطلوبیت تأسیسات آب‌رسانی و توزیع» (۰/۲۸۴) می‌باشند. همچنین دو شاخص چولگی و کشیدگی برای همه موارد در محدوده ۲- تا ۲+ قرار دارد که نرمال بودن هر یک از گویه‌ها را تأیید می‌کند.

در ادامه شاخص‌های توصیفی از جمله میانگین، انحراف معیار و غیره در جدول (۵) گزارش شده است. ملاحظه می‌شود که کمترین مقدار ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به «مطلوبیت مخازن و محل‌های نگهداری آب» (۰/۱۸۲)، «مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از

جدول ۵- شاخص‌های توصیفی هریک از گویه‌های پایش

گویه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
۱	۳/۷۴۲	۰/۶۸۱	۰/۱۸۲	-۰/۳۰۱	۰/۳۶۱
۴	۳/۳۵۵	۰/۷۹۸	۰/۲۳۸	-۰/۷۵۲	۱/۴۲۷
۵	۳/۳۲۳	۰/۹۴۵	۰/۲۸۴	۰/۰۴۴	-۰/۸۹۲
۸	۳/۷۱۰	۰/۷۸۲	۰/۲۱۱	-۰/۳۱۴	-۰/۰۱۱

با توجه به نرمال بودن گویه‌های مربوط به پایش در ادامه به کمک آزمون t تک نمونه‌ای به مقایسه میانگین این گویه‌ها با حد متوسط (یعنی عدد ۳ به عنوان حد متوسط ۱ تا ۵) پرداخته می‌شود. همانطور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود برای سه گویه «مطلوبیت مخازن و محل‌های نگهداری آب»، «مطلوبیت چاه‌های برداشت آب» و «مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه» با بررسی آماره t، سطح معنی‌داری، کمتر از ۰/۰۵ شده است که این امر نشان می‌دهد که بر اساس

نظرات کارشناسان مطلوبیت همه این موارد از منظر پدافند غیر عامل از جهت پایش به طور معنی‌داری از حد متوسط (عدد ۳) بیشتر است. اما برای «مطلوبیت تأسیسات آبرسانی و توزیع» سطح معنی‌داری بر اساس جدول ۶، ۰/۰۶۷ گزارش شده که بیشتر از ۰/۰۵ است. لذا می‌توان گفت مطلوبیت تأسیسات آبرسانی و توزیع در شهر از منظر پدافند غیر عامل از جهت پایش و تشخیص خرابکاری در حد متوسطی قرار دارد.

جدول ۶- آزمون t یک نمونه‌ای برای هریک از گویه‌های پایش

گویه	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
۱	۳/۷۴۲	۰/۶۸۱	۶/۰۶۱	۳۰	۰/۰۰۰
۴	۳/۳۵۵	۰/۷۹۸	۲/۴۷۶	۳۰	۰/۰۱۹
۵	۳/۳۲۳	۰/۹۴۵	۱/۹۰۱	۳۰	۰/۰۶۷
۸	۳/۷۱۰	۰/۷۸۲	۵/۰۴۷	۳۰	۰/۰۰۰

نظرات کارشناسان در خصوص مسئله دسترسی افراد غیر بر اساس طیف لیکرت به شرح جدول (۷) می‌باشد. بر اساس مندرجات این جدول ملاحظه می‌شود که برای گویه‌های «مطلوبیت مخازن و محل‌های نگهداری آب (۵۴/۸ درصد)»، «مطلوبیت چاه‌های برداشت آب (۳۸/۷ درصد)»، «مطلوبیت تأسیسات آبرسانی و توزیع (۳۸/۷ درصد)»، «مطلوبیت ایستگاه‌های پمپاژ آب (۴۱/۹ درصد)» و «مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه (۶۱/۳ درصد)» گزینه «مناسب» موفق به کسب اکثریت آراء شده است، اما برای «نحوه دسترسی، نفوذ و تخریب توسط دشمن به صورت کلی (۴۸/۴ درصد)» گزینه «معمولی» توانسته است بیشتر آراء را کسب نماید. در ادامه شاخص‌های توصیفی از جمله میانگین، انحراف معیار و غیره در جدول ۸ گزارش شده است که نرمال بودن هر یک از گویه‌ها را تأیید می‌کند.

موارد از منظر پدافند غیر عامل از جهت دسترسی افراد غیر به طور معنی‌داری از حد متوسط (عدد ۳) بیشتر است. نظرات کارشناسان در خصوص مسئله ایمنی بر اساس طیف لیکرت به شرح جدول (۱) می‌باشد. در ادامه شاخص‌های توصیفی از جمله میانگین، انحراف معیار و غیره در جدول (۱۱) گزارش شده است که نرمال بودن هر یک از گویه‌ها را تأیید می‌کند. با توجه به نرمال بودن گویه‌های مربوط به ایمنی در ادامه به کمک آزمون t تک نمونه‌ای به مقایسه میانگین این گویه‌ها با حد متوسط (عدد ۳) پرداخته شد. همانطور که در جدول (۱۲) مشاهده می‌شود برای گویه‌های «مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه»، «تطابق ایمنی محیط‌های تأسیسات آبی با استانداردهای بین المللی»، «کیفیت اجرای محیط‌های تأسیسات آبی»، «محیط‌های تأسیسات آبی از جهت نفوذ و دسترسی دشمن» و «ایمنی و امنیت تأسیسات آبی به طور کلی» آماره t مثبت و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ شده است که این امر نشان می‌دهد که بر اساس نظرات کارشناسان مطلوبیت همه این موارد از منظر پدافند غیر عامل از جهت ایمنی به طور معنی‌داری از حد متوسط (عدد ۳) بیشتر است. اما برای سه مورد «همخوانی تأسیسات آبرسانی در شهر با استانداردهای جهانی از جهت استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل بحران»، «چینش کاربری‌های شهری» و

با توجه به نرمال بودن گویه‌های مربوط به دسترسی افراد غیر، در ادامه به کمک آزمون t تک نمونه‌ای به مقایسه میانگین این گویه‌ها با حد متوسط (عدد ۳) پرداخته شد. همانطور که در جدول (۹) مشاهده می‌شود، برای تمام گویه‌های دسترسی افراد غیر آماره t مثبت و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ شده است که این امر نشان می‌دهد که بر اساس نظرات کارشناسان، مطلوبیت همه این

«ایمنی و امنیت بافت شهری پیرامون تأسیسات آبی»
سطح معنی‌داری به ترتیب ۰/۵۷۲، ۰/۵۴۰ و ۰/۸۱۳ شده
است که از ۰/۰۵ بیشتر بوده و نشان می‌دهد که بر اساس
نظرات کارشناسان مطلوبیت این موارد از منظر پدافند غیر
عامل از جهت ایمنی در حد متوسط (عدد ۳) است.

تحلیل تفاوت‌های گروهی براساس ویژگی‌های جمعیت‌شناختی

به‌منظور بررسی تأثیر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی
پاسخ‌دهندگان بر نظرات آن‌ها در خصوص مؤلفه‌های
امنیتی مورد مطالعه، از آزمون t مستقل برای متغیر
جنسیت، و از تحلیل واریانس (ANOVA) برای متغیرهای
سطح تحصیلات و سن استفاده شد.

- نتایج تحلیل‌ها نشان داد که:
- هیچ‌کدام از مؤلفه‌ها بین مردان و زنان تفاوت معناداری نداشتند. ($p > 0.05$)
 - سطح تحصیلات بر مؤلفه ایمنی تأثیر معناداری داشت ($p < 0.05$) به‌گونه‌ای که کارشناسان دارای تحصیلات دکتری، نسبت به سایرین، دیدگاه‌های محافظه‌کارانه‌تری در مورد ایمنی زیرساخت‌ها داشتند. سایر مؤلفه‌ها نیز در آستانه معناداری بودند که نیاز به بررسی بیشتر در مطالعات آتی دارد.
 - در متغیر سن، هیچ‌کدام از مؤلفه‌ها تفاوت معناداری بین گروه‌های سنی وجود نداشت.

جدول ۷- توزیع فراوانی (درصد) هر یک از گویه‌های دسترسی افراد غیر

گویه	بسیار نامناسب	نامناسب	معمولی	مناسب	بسیار مناسب
۲	۰	۱	۹	۱۷	۴
		(۳/۲)	(۲۹)	(۵۴/۸)	(۱۲/۹)
۳	۰	۶	۹	۱۲	۴
		(۱۹/۴)	(۲۹)	(۳۸/۷)	(۱۲/۹)
۶	۰	۶	۱۰	۱۲	۳
		(۱۹/۴)	(۳۲/۳)	(۳۸/۷)	(۹/۷)
۷	۰	۳	۸	۱۳	۷
		(۹/۷)	(۲۵/۸)	(۴۱/۹)	(۲۲/۶)
۹	۰	۲	۸	۱۹	۲
		(۶/۵)	(۲۵/۸)	(۶۱/۳)	(۶/۵)
۱۱	۰	۴	۱۵	۱۲	۰
		(۱۲/۹)	(۴۸/۴)	(۳۸/۷)	

جدول ۸- شاخص‌های توصیفی هر یک از گویه‌های دسترسی افراد غیر

گویه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشدگی
۲	۳/۷۷۴	۰/۷۱۷	۰/۱۹۰	-۰/۲۱۳	۰/۱۰۰
۳	۳/۴۵۲	۰/۹۶۰	۰/۲۷۸	-۰/۰۹۵	-۰/۸۸۱
۶	۳/۳۸۷	۰/۹۱۹	۰/۲۷۱	-۰/۰۵۷	-۰/۷۹۲
۷	۳/۷۷۴	۰/۹۲۰	۰/۲۴۴	-۰/۳۳۹	-۰/۵۷۸
۹	۳/۶۷۷	۰/۷۰۲	۰/۱۹۱	-۰/۶۸۷	۰/۶۷۸
۱۱	۳/۲۵۸	۰/۶۸۱	۰/۲۰۹	-۰/۳۷۴	-۰/۷۳۵

جدول ۹- آزمون t یک نمونه ای برای هر یک از گویه‌های دسترسی افراد غیر

گویه	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
۲	۳/۷۷۴	۰/۷۱۷	۶/۰۱۳	۳۰	۰/۰۰۰
۳	۳/۴۵۲	۰/۹۶۰	۲/۶۱۸	۳۰	۰/۰۱۴
۶	۳/۳۸۷	۰/۹۱۹	۲/۳۴۴	۳۰	۰/۰۲۶
۷	۳/۷۷۴	۰/۹۲۰	۴/۶۸۳	۳۰	۰/۰۰۰
۹	۳/۶۷۷	۰/۷۰۲	۵/۳۷۵	۳۰	۰/۰۰۰
۱۱	۳/۲۵۸	۰/۶۸۱	۲/۱۰۸	۳۰	۰/۰۴۳

جدول ۱۰- توزیع فراوانی (درصد) هریک از گویه‌های ایمنی

گویه	بسیار نامناسب	نامناسب	معمولی	مناسب	بسیار مناسب
۱۰	۰	۶	۱۰	۱۵	۰
		(۱۹/۴)	(۳۲/۳)	(۴۸/۴)	
۱۲	۱	۷	۱۳	۸	۲
	(۳/۲)	(۲۲/۶)	(۴۱/۹)	(۲۵/۵)	(۶/۵)
۱۳	۰	۹	۱۱	۱۰	۱
		(۲۹)	(۳۵/۵)	(۳۲/۳)	(۳/۲)
۱۴	۰	۸	۱۴	۹	۰
		(۲۵/۸)	(۴۵/۲)	(۲۹)	
۱۵	۰	۴	۱۱	۱۲	۴
		(۱۲/۹)	(۳۵/۵)	(۳۸/۷)	(۱۲/۹)
۱۶	۰	۴	۱۴	۱۳	۰
		(۱۲/۹)	(۴۵/۲)	(۴۱/۹)	
۱۷	۰	۳	۱۶	۸	۴
		(۹/۷)	(۵۱/۶)	(۲۵/۸)	(۱۲/۹)
۱۸	۰	۲	۱۵	۱۴	۰
		(۶/۵)	(۴۸/۴)	(۴۵/۲)	

جدول ۱۱- شاخص‌های توصیفی هریک از گویه‌های ایمنی

گویه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشدگی
۱۰	۳/۲۹۰	۰/۷۸۲	۰/۲۳۸	-۰/۵۷۷	-۱/۱۰۲
۱۲	۳/۰۹۷	۰/۹۴۳	۰/۳۰۵	۰/۰۵۲	-۰/۱۹۰
۱۳	۳/۰۹۷	۰/۸۷۰	۰/۲۸۱	۰/۱۲۹	-۰/۹۹۴
۱۴	۳/۰۳۲	۰/۷۵۲	۰/۲۴۸	-۰/۰۵۴	-۱/۱۶۴
۱۵	۳/۵۱۶	۰/۸۹۰	۰/۲۵۳	-۰/۰۵۲	-۰/۵۹۶
۱۶	۳/۲۹۰	۰/۶۹۲	۰/۲۱۰	-۰/۴۶۰	-۰/۷۶۰
۱۷	۳/۴۱۹	۰/۸۴۷	۰/۲۴۸	۰/۴۴۵	-۰/۲۸۲
۱۸	۳/۳۸۷	۰/۶۱۵	۰/۱۸۲	-۰/۴۵۷	-۰/۵۶۳

جدول ۱۲- آزمون t یک نمونه‌ای برای هریک از گویه‌های ایمنی

گویه	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
۱۰	۳/۲۹۰	۰/۷۸۲	۲/۰۶۵	۳۰	۰/۰۴۸
۱۲	۳/۰۹۷	۰/۹۴۳	۰/۵۷۱	۳۰	۰/۵۷۲
۱۳	۳/۰۹۷	۰/۸۷۰	۰/۶۱۹	۳۰	۰/۵۴۰
۱۴	۳/۰۳۲	۰/۷۵۲	۰/۲۳۹	۳۰	۰/۸۱۳
۱۵	۳/۵۱۶	۰/۸۹۰	۳/۲۳۰	۳۰	۰/۰۰۳
۱۶	۳/۲۹۰	۰/۶۹۲	۲/۳۳۴	۳۰	۰/۰۲۶
۱۷	۳/۴۱۹	۰/۸۴۷	۲/۷۵۵	۳۰	۰/۰۱۰
۱۸	۳/۳۸۷	۰/۶۱۵	۳/۵۰۳	۳۰	۰/۰۰۱

این یافته‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای جمعیت‌شناختی می‌توانند تا حدی بر ادراک افراد از تهدیدات و سطح ایمنی تأثیرگذار باشند، اگرچه این تأثیر در همه مؤلفه‌ها یکسان نبوده است.

بحث و بررسی

با توجه به نتایج فوق که برای سه گویه «مطلوبیت مخازن و محل‌های نگهداری آب»، «مطلوبیت چاه‌های برداشت آب»

و «مطلوبیت خطوط انتقال آب تصفیه شده پس از تصفیه‌خانه» نمره قابل قبولی را کسب کرده و برای «مطلوبیت تأسیسات آبرسانی و توزیع» مطلوبیت ایمنی تأیید نشده، می‌توان گفت با توجه به مطالعات دیگر پژوهشگران همچون توکلی امینیان و امینیان، پوشش و اختفا و همچنین پایش جزو پارامترهای با اهمیت زیاد بوده که در تأسیسات آبرسانی شهرهای کشور به آن توجه ویژه‌ای نشده است (توکلی امینیان و امینیان، ۱۳۹۳). برای

مثال سیستم آبرسانی شهر از لوله‌های اصلی و چاه‌های برداشت گرفته تا زمانی که به دست مصرف‌کننده می‌رسد، می‌بایست به نحوی باشد که خارج از دسترس قرار گیرد و به صورت مستمر نظارت شود که این پایش توسط دوربین‌های مداربسته و همچنین حسگرهای حساس به آلودگی تأمین می‌شود.

می‌توان گفت یکی از موارد مهم در طراحی پدافند غیرعامل برای یک سازه یا تأسیسات حیاتی، دسترسی افراد مخرب، دشمن، عادی و غیره می‌باشد. چراکه اگر این دسترسی برای هر شخصی باز باشد، امکان آسیب رساندن عمدی یا غیر عمدی به تأسیسات فراهم می‌شود. با توجه به پاسخ‌های کارشناسان در خصوص این دسترسی، می‌توان گفت نمره قبولی برای تأسیسات آبرسانی شهر کسب شده است، اما کافی نبوده و نیاز به بررسی و برطرف‌سازی نقاط ضعف دارد. مواردی همچون اختفای مخازن آب و چاه‌های برداشت، از جمله موارد مهمی هستند که به آن توجه کافی نشده است. همچنین دسترسی افراد غیر به مخازن آب، چاه‌های برداشت، لوله‌های اصلی و سیستم توزیع و ... صرفاً توسط یک دیوار مهار شده که مشخصاً کافی نمی‌باشد و نیازمند سیستم‌های پایش و دوربین، نگهبان و گشت‌های دوره‌ای و ... می‌باشد. این نتایج در مقایسه با مطالعات توکلی امینیان و امینیان همخوانی دارد، چرا که در پژوهش وی نیز بیان شد که دوربین‌های مداربسته، روشنایی کافی، ایمن‌سازی مخازن، اعلان و اطفای حریق و ... جزو مواردی می‌باشد که در تأسیسات آبرسانی می‌بایست مورد توجه ویژه قرار گیرد (توکلی امینیان و امینیان، ۱۳۹۳).

با توجه به پاسخ‌های ارائه شده به پرسش‌نامه و نتایج حاصل از آن می‌توان نتیجه‌گرفت که پارامترهایی مانند «همخوانی تأسیسات آبرسانی در شهر با استانداردهای جهانی از جهت استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل بحران»، «چینش کاربری‌های شهری» و «ایمنی و امنیت بافت شهری پیرامون تأسیسات آبی» دارای نمره قابل قبولی نیست. علت این امر را می‌توان در نظر کارشناسان جست و جو کرد. چرا که سیستم توزیع آب سطح شاخه‌ای می‌باشد. این سیستم از نظر توجه اقتصادی مقرون به صرفه است، اما از نظر مسائل پدافند غیر عامل، یک سیستم آسیب‌پذیر می‌باشد و می‌بایست سیستم‌های مناسب‌تر همچون سیستم حلقه‌ای جایگزین شود. هرچند که سیستم حلقه‌ای از منظر اقتصادی نامناسب است، ولی با توجه به مرکزیت استانی شهر و اهمیت پدافندی آن، توجه‌پذیری اقتصادی آن تأمین می‌شود. همچنین تأسیسات مهم و حیاتی زیرساختی می‌بایست به نقاط امن‌تر و چینش پخش‌تر جاگذاری شوند. برای مثال تصفیه‌خانه آب از منظر مکان‌شناسی، نقطه‌ای آسیب‌پذیر می‌باشد. می‌توان در حاشیه این مراکز، فضای سبز و پارک‌هایی ایجاد کرد تا موقعیت پدافند غیرعامل آن تأمین گردد. پوشش و اختفا دو رکن اصلی پدافند غیر عامل است

که می‌بایست در ساخت تأسیسات به آن توجه ویژه نمود. نتایج آماری فوق با نتایج ارائه شده توسط اسماعیلی شاهرخت و تقوایی همخوانی مناسبی دارد، چرا که آن‌ها نیز تصریح نمودند چینش تأسیسات حیاتی زیرساختی نامناسب است (اسماعیلی شاهرخت و تقوایی، ۱۳۹۰). این نتایج در مقایسه با نتایج صمدزاده و همکاران تأیید می‌شود. چرا که آن‌ها در پژوهش خود بیان کردند که عواملی مانند اختفا، پراکندگی، پوشش و فریب و ... دارای «اهمیت خیلی زیاد» هستند، اما توجیه اقتصادی دارای «اهمیت کم» می‌باشد. به همین دلیل هزینه‌های زیاد که به علت ساخت تأسیسات زیربنایی و اختفا و ایمن‌سازی آن ایجاد می‌شود، کاملاً توجیه‌پذیر بوده و ضروری می‌باشد (صمدزاده و همکاران، ۱۴۰۰).

یافته‌های میدانی پژوهش حاضر، از جمله مشاهده ضعف در حصارکشی تأسیسات و نقص در سامانه‌های پایش نظارتی، هم‌راستا با نتایج پرسشنامه است. بسیاری از گویه‌های مرتبط با مؤلفه‌های «دسترسی غیرمجاز» و «ایمنی» وضعیت معمولی تا نامطلوب را نشان دادند که بیانگر ادراک کارشناسان از نقاط ضعف واقعی تأسیسات است. این نتایج با مطالعه انجام‌شده در شهر هشتگرد نیز مطابقت دارد که سطح احترام به اصول پدافند غیرعامل در مؤلفه‌هایی نظیر پراکندگی تجهیزات و استتار حفاظتی را در وضعیت ضعیف ارزیابی کرده بود (معصوم‌بیگی و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین، پژوهشی در ارزیابی پدافند غیرعامل تأسیسات آب در اربد اردن به ضرورت اجرای سیستم‌های کنترل دسترسی فیزیکی، حصارکشی مقاوم، حسگرهای حساس امنیتی و روشنایی محیطی تأکید دارد (Hindiyeه و همکاران، ۲۰۲۱). این مجموعه شواهد نشان می‌دهد که بدون بهبود فیزیکی تجهیزات حفاظتی، آموزش و ارتقای مداوم پایش، امکان توسعه تاب‌آوری و امنیت کامل فراهم نمی‌شود.

یافته‌های مشابه در مطالعات بین‌المللی نیز نشان داده‌اند که فقدان سیستم نظارت محیطی قوی (مانند دوربین، چراغ‌ها و حسگرهای بر خط) باعث کاهش قابلیت آشکارسازی نفوذها و افزایش احتمال حملات فیزیکی و سایبری می‌شود. برای نمونه، مقاله‌ای از Albustami و Taha تأکید دارد که حملات سایبری هوشمند با هدف تغییر داده‌های حسگر در شبکه‌های توزیع آب می‌توانند مدت‌زمان طولانی بدون آشکارسازی ادامه یابند، و نشان‌دهنده ضرورت تقویت لایه‌های امنیتی فیزیکی و نظارتی است (Albustami و Taha، ۲۰۲۵).

همچنین پژوهشی از Homaei و همکاران (۲۰۲۵) معماری هشداردهی مبتنی بر IoT و بلاک‌چین همراه با تشخیص نفوذ به‌وسیله یادگیری ماشین را معرفی کرده است که ضمن پوشش سایبری، نیاز به حسگرهای محیطی (فشار، لرزش، دوربین) را برای تفسیر دقیق رویدادها تأکید می‌کند. این رویکرد دقیقاً نشان می‌دهد که تنها نگرش پرسشنامه‌ای

نمی‌تواند شکاف‌های واقعی در ایمنی فیزیکی را توضیح دهد، بلکه تقویت هم‌زمان تجهیزات فیزیکی و تحلیل داده به‌روز، ضروری است (Homaei و همکاران، ۲۰۲۵). بررسی نتایج این پژوهش‌ها با یافته‌ها تأیید می‌کند که ادراک پاسخ‌دهندگان درباره ضعف در مؤلفه‌های دسترسی غیرمجاز و ایمنی، منعکس‌کننده واقعیت‌های ساختاری تأسیسات بوده و ضرورت اقدام فوری در تقویت حصارکشی، نصب حسگرهای محیطی و به‌روزرسانی سیستم‌های تشخیص نفوذ را نشان می‌دهد.

بررسی وضعیت نامطلوب برخی مؤلفه‌ها مانند ایمنی، دسترسی افراد غیرمجاز و ضعف پایش در یافته‌های این پژوهش را می‌توان با مجموعه‌ای از چالش‌های ساختاری و مدیریتی منطقه‌ای تحلیل کرد. از جمله مهم‌ترین دلایل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. چالش‌های مالی: بسیاری از شرکت‌های آب در مناطق کمتر برخوردار با محدودیت جدی در تأمین اعتبارات عمرانی و جاری مواجه‌اند. کمبود منابع مالی مانعی جدی برای نوسازی تجهیزات حفاظتی، ارتقاء سامانه‌های پایش و آموزش نیروهای انسانی است. این موضوع در مقایسه با شهرهای برخوردارتر، شکاف زیرساختی بیشتری را به‌وجود آورده است. این چالش‌ها اغلب ریشه در فساد و برنامه‌ریزی ضعیف سیاست‌های آب دارند که بر استان‌های محروم تأثیر بیشتری می‌گذارد.

۲. محدودیت‌های فنی و تکنولوژیکی: در بسیاری از مناطق، به‌ویژه در استان‌های مرزی، دسترسی به فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های هوشمند تشخیص نفوذ، حسگرهای محیطی و شبکه‌های SCADA محدود است. این مسئله علاوه بر وابستگی به تجهیزات وارداتی، به کمبود نیروی فنی متخصص نیز مربوط می‌شود. همچنین، عوامل اقلیمی مانند خشکسالی و توزیع نابرابر آب، آسیب‌پذیری فنی را تشدید می‌کنند.

۳. ساختار مدیریتی پراکنده و گاه ناکارآمد: نبود هماهنگی کافی بین نهادهای متولی آب، مدیریت بحران، و پدافند غیرعامل در سطح استان سبب شده است که تصمیم‌گیری‌ها درباره ارتقاء امنیت زیرساخت‌ها با تأخیر، عدم انسجام یا اولویت کم، همراه باشد. این مسئله با سیاست‌های ضعیف مدیریت آب در ایران همخوانی دارد که منجر به بهره‌برداری بیش از حد منابع و تهدید امنیت غذایی و آبی می‌شود.

۴. اولویت‌بندی‌های منطقه‌ای: تمرکز طرح‌های امنیتی و مقاوم‌سازی اغلب در کلان‌شهرها و مراکز صنعتی بوده و مناطق دیگر، به دلیل جمعیت کمتر و حاشیه‌بودن از نظر جغرافیایی، در اولویت طرح‌های ملی قرار نگرفته‌اند. این مسئله در تخصیص منابع ملی نیز منعکس شده و بر توسعه زیرساخت‌های حیاتی از جمله تأسیسات آب تأثیر گذاشته است. علاوه بر این، نابرابری در حقوق آب و بهره‌برداری کنترل‌نشده از آب‌های زیرزمینی در مناطق

مرزی، ایمنی محیطی را کاهش داده و زمینه را برای تهدیدات خارجی (مانند مسائل امنیتی با همسایگان) فراهم می‌کند.

بنابراین، وضعیت نامطلوب برخی شاخص‌های امنیتی در این پژوهش نه تنها ناشی از ضعف اجرایی در سطح محلی، بلکه حاصل برهم‌کنش پیچیده‌ای از عوامل مالی، فنی و سیاست‌گذاری کلان است. این یافته می‌تواند برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران محلی و ملی در جهت تدوین سیاست‌های اصلاحی مؤثر باشد.

مطالعات متعددی در ایران به بررسی آسیب‌پذیری و امنیت تأسیسات آب شرب با رویکرد پدافند غیرعامل پرداخته‌اند. برای مثال در مطالعه یاسوج، با استفاده از GIS و روش‌های AHP و دلفی، کل زنجیره تأمین تا توزیع آب «شدیداً آسیب‌پذیر» تشخیص داده شد (ریاحی‌پور و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین در مطالعه‌ای در شهر هشتگرد، پایبندی به اصول پدافند غیرعامل به‌طور کلی «در سطح متوسط» ارزیابی شد. در این مطالعه بیشترین امتیاز مربوط به اصول مکانیابی مناسب، حفاظت در برابر آتش و سیستم اعلام خبر زود هنگام و کمترین امتیاز مربوط به پراکندگی و استتار گزارش شد (معصوم‌بیگی و همکاران، ۱۴۰۰).

نقاط قوت این مطالعات شامل استفاده از روش‌های محاسباتی مانند GIS و AHP برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و تمرکز بر مکان‌یابی و اطلاع‌رسانی است. از سوی دیگر، ضعف‌های شناسایی‌شده نیز اغلب شامل آسیب‌پذیری زیاد در برابر حملات تروریستی یا حوادث طبیعی، نبود سازوکار پراکندگی تجهیزات و ضعف در پوشش نظارتی و سیستم‌های اعلام خطر و آموزش نیروی انسانی می‌باشد.

در سطح بین‌المللی، Maiolo و همکاران یک «شاخص آسیب‌پذیری زیرساخت» برای شبکه توزیع آب طراحی کرده‌اند که بر پایه معیارهای وزن‌دار مانند حساسیت فیزیکی شبکه، تمرکز منابع و قابلیت آلودگی عمده عمل می‌کند. این شاخص می‌تواند اولویت‌بندی امنیتی را برای تصمیم‌گیرندگان تسهیل کند (Maiolo و همکاران، ۲۰۱۸).

از سوی دیگر، در شرایط بحرانی و جنگی مانند یمن، اوکراین و سوریه، گزارش‌ها نشان می‌دهد که حملات هدفمند به تأسیسات آبی افزایش یافته و از سال ۲۰۲۰ تاکنون بیش از ۴۰ درصد حملات به زیرساخت‌های آب جهان ثبت شده است (Burns، ۲۰۲۴).

در مطالعات داخلی، اقدامات حفاظتی شامل جانمایی تأسیسات در مناطق مرتفع و دور از مراکز شلوغ، استقرار دوربین مداربسته و حصارهای فیزیکی، ساخت مخازن مسقف و مقاوم، و افزایش بازدیدهای میدانی و آموزش‌های امنیتی بوده است (معصوم‌بیگی و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین در مطالعات بین‌المللی، رویکردهای مشابهی مانند استتار تجهیزات، پشتیبانی چندمنظوره، و تدوین پروتکل‌های سایبری برای حفاظت از سیستم‌های کنترل از راه دور (SCADA) مورد تأکید قرار گرفته‌اند.

مقایسه نتایج این مطالعات با یافته‌های پژوهش حاضر در شهر موردنظر نشان می‌دهد که اشتراکات قابل توجهی میان تهدیدات شناسایی شده، راهکارهای پیشنهادی و نقاط آسیب‌پذیر وجود دارد. در همه مطالعات، خرابکاری فیزیکی، حملات عمدی و بلایای طبیعی به عنوان تهدیدات اصلی زیرساخت‌های آبی شناخته شده‌اند. از نظر تاب‌آوری زیرساخت، چه در منابع داخلی و چه خارجی، بر پراکندگی منابع تأمین، تعدد مسیرهای توزیع و برنامه‌ریزی جامع مبتنی بر تمامی مخاطرات تأکید شده است. همچنین، مؤلفه‌های پایش، اعلام خطر، آموزش نیروهای عملیاتی و کنترل دسترسی غیرمجاز، به عنوان حوزه‌های حیاتی و مشترک امنیتی در کلیه مطالعات مطرح بوده‌اند. بنابراین، می‌توان گفت یافته‌های پژوهش حاضر در شهر موردنظر، همسو با مطالعات ملی و بین‌المللی است و از نظر شناخت تهدیدات، راهکارهای ایمن‌سازی، و لزوم افزایش آموزش و پایش، در یک چهارچوب مشترک قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف ارزیابی امنیت تأسیسات آب شرب در شهری با جمعیت متوسط بر پایه اصول پدافند غیرعامل انجام شد. یافته‌ها حاصل از بررسی میدانی، تحلیل پرسشنامه‌های تخصصی و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نشان داد که زیرساخت‌های آبی در برابر تهدیداتی مانند خرابکاری، بیوتروریسم و دسترسی غیرمجاز، آسیب‌پذیری قابل توجهی دارند.

با توجه به نقش حیاتی منابع آبی در پایداری شهری، نتایج پژوهش ضرورت بازنگری در ساختار امنیتی این تأسیسات را نشان می‌دهد. شاخص‌هایی همچون کنترل دسترسی، پایش، ایمنی محیطی و تاب‌آوری در وضعیت نامطلوبی قرار داشته و از استانداردهای پدافند غیرعامل فاصله دارند. تحلیل این وضعیت نشان می‌دهد که دلایل احتمالی این شرایط، ناشی از چند عامل عمده است:

- محدودیت‌های مالی، که مانع اجرای کامل طرح‌های پدافند غیرعامل مانند به‌روزرسانی حصارکشی، خرید دوربین‌های مداربسته، یا سامانه‌های هشداردهنده می‌شود.
 - کمبود تجهیزات و دانش فنی، که امکان استفاده از سیستم‌های پایش هوشمند یا سیستم‌های یکپارچه امنیتی را کاهش داده است.
 - نبود هماهنگی نهادی و ضعف در اولویت‌بندی منطقه‌ای، که باعث شده است مناطق کم‌برخوردار از طرح‌های ملی مقاوم‌سازی کمتر بهره‌مند شوند.
- این نتایج نشان می‌دهد که تنها، اقدامات محدود عمرانی یا امنیتی کافی نیست، بلکه باید راهبردی چندبعدی در نظر گرفته شود که شامل: بازنگری در اولویت‌های تخصیص بودجه در استان‌های شرقی کشور، آموزش تخصصی برای نیروهای بهره‌بردار و نگهدار تأسیسات، تدوین نقشه راه

جامع پدافند غیرعامل بر اساس الگوهای موفق داخلی و بین‌المللی، و همچنین، ایجاد سامانه‌های هشدار زودهنگام، نظارت بلادرنگ، و ارزیابی ریسک مستمر می‌باشد.

پیشنهاد می‌شود مسئولان محلی و ملی با بهره‌گیری از این تحلیل‌ها، برنامه‌هایی برای تقویت تاب‌آوری تأسیسات آب شهری در برابر تهدیدات مختلف (از جمله خرابکاری انسانی و حوادث طبیعی) طراحی و اجرا نمایند. بر این اساس، پیشنهادهای اجرایی زیر ارائه می‌شود: تقویت سامانه‌های نظارتی و هشداردهنده مانند دوربین‌های مداربسته و حسگرهای هوشمند، ارتقای اقدامات حفاظتی فیزیکی شامل حصارکشی، روشنایی مناسب و کنترل تردد، ایجاد پوشش سبز حفاظتی و استتار تأسیسات، بازنگری در جانمایی برخی تأسیسات و رعایت اصول پراکندگی زیرساخت‌ها، آموزش تخصصی نیروهای عملیاتی و تدوین سناریوهای بحران و راه‌اندازی سامانه GIS و بانک اطلاعات آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها.

در نهایت، تبدیل اصول پدافند غیرعامل از توصیه‌ای به الزام حقوقی، می‌تواند نقشی مؤثر در افزایش تاب‌آوری و امنیت پایدار تأسیسات آب‌رسانی ایفا کند. همچنین لازم به ذکر است که این مطالعه به دلیل محدودیت‌های اداری و امنیتی، صرفاً بر پایه بررسی میدانی ایستگاه صورت گرفته است و تعمیم نتایج آن به کل سیستم آب‌رسانی شهر باید با احتیاط انجام شود. پژوهش‌های آتی می‌توانند با دسترسی به سایر ایستگاه‌ها و تأسیسات، تحلیل جامع‌تری ارائه دهند. از جمله دیگر محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به حجم نسبتاً کوچک نمونه (۳۱ نفر) اشاره کرد که گرچه تمام جامعه آماری موجود را دربرمی‌گیرد، اما برای تحلیل‌های پیچیده‌ای نظیر تحلیل عاملی تأییدی ممکن است کافی نباشد. لذا نتایج حاصل از مدل‌سازی ساختاری باید با احتیاط تفسیر شوند و در مطالعات آینده با حجم نمونه بیشتر می‌توان پایایی و برازش مدل را با دقت بیشتری مورد ارزیابی قرار داد.

منابع

- اسماعیلی شاهرخت، مسلم، و تقوایی، علی اکبر. (۱۳۹۰). ارزیابی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد پدافند غیرعامل با استفاده از روش دلفی؛ نمونه موردی: شهر بیرجند. نشریه مدیریت شهری و روستایی، ۹(۲۸)، ۹۳-۱۱۰. <https://www.magiran.com/p1053721>
- اسکندری، حمید. (۱۳۹۰). مباحث پدافند غیرعامل، جلد ۱: آشنایی مقدماتی با پدافند غیرعامل (ویژه مدیران، کارشناسان و دانشجویان). انتشارات بوستان حمید، چاپ دوم، تهران، ایران.
- پیری، حلیمه، و بامری، حیدر. (۱۳۹۰). پدافند غیرعامل در منابع و تأسیسات آبی سیستان. پنجمین کنفرانس سراسری آب‌خیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

و فاضلاب با رویکرد اثربخشی در مواقع بحران پایلوت شهر بروجرد. کنفرانس بین‌المللی علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

صراف‌پور، رضا، و فرج‌زاده، داوود. (۱۳۸۸). مروری بر جنگ‌افزارهای بیولوژیک به عنوان تهدیدی برای منابع آب شرب. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران، ۷(۴)، ۲۹۹-۳۰۷. <https://sid.ir/paper/468672/fa>

صمدزاده، سعید، کرمی‌نژاد، حمیدرضا، و فرخی‌زاده، سعید. (۱۴۰۰). ارزیابی و شناسایی وضعیت پدافند غیر عامل در ساختمان‌های اداری؛ مطالعه موردی ساختمان مجلس شورای اسلامی ایران، دومین همایش سراسری سازه‌های مقاوم در برابر ضربه و انفجار، دانشگاه جامع امام حسین، بناب، ایران.

کاظمی، محمدجواد، و گلستانه، محمد. (۱۳۹۳). مطالعه پدافند غیرعامل در مخازن ذخیره آب و خط انتقال آن. فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل، ۴(۵)، ۴۱-۵۰. <https://www.magiran.com/p1372761>

معصوم‌بیگی، حسین، سادات رسول، مهدی، و غنی‌زاده، قادر. (۱۴۰۰). ارزیابی امنیت تأسیسات آب شرب شهر هشتگرد با رویکرد پدافند غیرعامل. نشریه طب انتظامی، ۱۰(۳)، ۱۶۷-۱۷۶. doi: 10.30505/10.3.167

میمندی پاریزی، صدیقه، و کاظمی‌نیا، عبدالرضا. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر کرمان بر اساس اصول پدافند غیرعامل. مجله علمی آمایش سرزمین، ۷(۱)، ۱۱۹-۱۴۴. doi: 10.22059/jtcp.2015.54784

نصری، زهره، عابدی‌کوپایی، جهانگیر و طالبی‌جهرمی، خلیل. (۱۳۸۷). بررسی امکان آلودگی آب رودخانه زاینده‌رود و برخی ازچاه‌های فلمن به دیازینون. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

نیک‌پیمان، یاسر، قلی‌زاده خاصوانی، شراره، حاجی‌زاده، میثم، و سعیدی رشک علیا، علی. (۱۳۹۹). اثر جنگ احتمالی ایران و عراق بر مدیریت و حکمرانی منابع آب در استان کرمانشاه. پژوهش‌های دانش زمین، ۱۱(۴)، ۳۷-۴۶. doi: 10.52547/esrj.11.4.37

Albustami, A. A., and Taha, A. F. (2025). Breaking the flow and the bank: Stealthy cyberattacks on water network hydraulics. *Water Research*, 283(1), 123719. doi:10.1016/j.watres.2025.123719.

Ancheta, M. A., Shrestha, S., Koottatep, T., & Shanmugam, M. (2025). *Resilience assessment of urban water supply and sanitation systems: A critical review*. *AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 74(5), 388. doi: 10.2166/aqua.2025.266.

Annunziato, A., Andredakis, I., and Probst, P. (2016). Impact of flood by a possible failure of the Mosul dam. Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2788/689469.

Asghari, F., Piadeh, F., Egyir, D., Yousefi, H., Rizzuto, J. P., Campos, L. C., & Behzadian, K. (2023).

توکلی امینیان، ثمانه، و امینیان، امیراحمد. (۱۳۹۳). توانمندسازی پدافند غیرعامل در افزایش امنیت آبرسانی به ساکنین منطقه ۹ شهر مشهد. ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران، مشهد، ایران.

حسین‌زاده، عیسی. (۱۳۹۲). اثر انفجار بر سد خاکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

حسینی‌امینی، حسن، و موغلی، مرضیه. (۱۳۹۵). پدافند غیر عامل، امنیت ملی و شهر. نشر انتخاب، چاپ اول، تهران، ایران.

حسینی‌نژاد، مرضیه، و صمدی، سعید. (۱۳۹۲). کاربرد حسگرهای زیستی در شناسایی آلاینده‌های محیط‌زیستی ناشی از صنایع کشاورزی. فصلنامه انسان و محیط زیست، ۳(۱)، ۲۳-۳۰. http://he.srbiau.ac.ir/article_3278.html

حیدری، علی، و غفاری، فاطمه. (۱۳۹۴). بررسی سامانه‌های انتقال آب باران با رویکرد پدافند غیرعامل، مطالعه موردی: دانشگاه شهرکرد. نشریه منابع آب و توسعه، ۷(۱)، ۱۱۹-۱۴۴. <https://civilica.com/doc/255370>

رنجبر، علی. (۱۳۸۳). ارزیابی استعداد بالقوه آب زیرزمینی دشت شیراز با استفاده از مدل DRASTIC در محیط GIS سیستان و بلوچستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

رمضانی، مجید، و موثقی صداقت، مسعود. (۱۳۹۱). شناسایی تهدیدات شیمیایی و بیولوژیک در منابع و تأسیسات آبی و بررسی آسیب‌پذیری و ارائه راهکارهای مقابله با آن از منظر مهندسی پدافند غیر عامل. همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای (چالش‌ها و فرصت‌ها)، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.

ریاحی‌پور، مجید، کلانتری، محسن، و پرهیز، پریا. (۱۴۰۰). بررسی سیستم تأسیسات آب شرب از دیدگاه پدافند غیرعامل در شهر یاسوج، مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۱(۳۹)، ۱۸۳-۱۹۸. doi: 10.30488/gps.2020.209510.3139

زرقانی، سیده‌ادی، خوارزمی، امیدعلی، و بخشی شادمهری، فاطمه. (۱۳۹۵). جایگاه پدافند غیرعامل در امنیت زیرساخت‌های شهری با تأکید بر زیرساخت آب. کنفرانس ملی پدافند غیر عامل و توسعه پایدار، وزارت کشور، تهران، ایران.

شریفی، علی حسن، سدیدخوی، احمد، و رضایی، فریدون. (۱۳۹۱). بررسی اثرات انفجار بر پرده آب‌بند سد مخزنی سرابی توپسرکان. فصلنامه علمی علوم زمین، ۸۵(۲۲)، ۱۸۷-۱۹۸. doi: 10.22071/gsj.2012.54041

شهریاری، مهرداد، و حدادی، حبیب‌اله. (۱۳۹۴). اثرات استقرار سامانه‌های پدافند غیرعامل در تأسیسات آب

- AI and Blockchain-Enhanced Digital Twins. arXiv preprint arXiv:2504.20275.
- Maiolo, M., Pantusa, D., Carini, M., Capano, G., Chiaravalloti, F., and Procopio, A. (2018). A New Vulnerability Measure for Water Distribution Network. *Water*, 10(8), 1005. doi:10.3390/w10081005.
- Patriarca, R., Simone, F., and Di Gravio, G. (2022). *Modelling cyber resilience in a water treatment and distribution system. Reliability Engineering & System Safety*, 226(1), 108653. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108653>.
- Raza, N., and Moazeni, F. (2024). *Chance-constrained vulnerability assessment of smart water distribution systems against stealthy false data injection attacks. International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 44(1), 100645. doi:10.1016/j.ijcip.2023.100645.
- Rezaie Narimisa, M., Ahmad Basri, N. E., Elahi, M., Hasannezhad, M., & Alipanahi, E. (2019). Passive defense: Measuring and evaluating urban vulnerability with resilience approach. *Religación. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(13), 153-162. <https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/202>
- Tchórzewska-Cieślak, B., Rak, J., Pietrucha-Urbanik, K., Piegdoń, I., Boryczko, K., Szpak, D., & Żywiec, J. (2023). *Water supply safety assessment considering the water supply system resilience. Desalination and Water Treatment*, 288(1), 26–36. doi:10.5004/dwt.2023.29201.
- Resilience assessment in urban water infrastructure: A critical review of approaches, strategies and applications. Sustainability*, 15(14), 11151. doi:10.3390/su151411151.
- Babiker I.S., Mohamed, M. A., Hiyama T., and Kato K. (2005). A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan. *Science of the Total Environment*, 345(1-3), 127-140. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.11.005.
- Burns, C. (2024). Protecting Water Infrastructure During War. <https://www.usip.org/publications/2024/12/7/23/2025>.
- Chen, S., Zhao, X., Chen, Z., Hou, B., and Wu, Y. (2022). *A game-theoretic method to optimize allocation of defensive resource to protect urban water treatment plants against physical attacks. International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 36(1), 100494. doi:10.1016/j.ijcip.2021.100494.
- Ghazizadeh, A. R., Jalili Ghazizadeh, M. R., and Ghaneh, A. A. (2008). Evaluation of water supply system components from the perspective of passive defense. *The Second National Conference on Water and Wastewater with an operation approach*, Power and Water University of Technology, Tehran, Iran.
- Gleick, P. H. (2006). Water and terrorism. *Water policy*, 8(6), 481-503, doi: 10.2166/wp.2006.035.
- Hindiyyeh, M., Albatayneh, A., Tarawneh, R., Suleiman, S., Juaidi, A., Abdallah, R., Jellali, S., & Jeguirim, M. (2021). Preparedness Plan for the Water Supply Infrastructure during Water Terrorism, A Case Study from Irbid, Jordan. *Water*, 13(20), 2887. doi:10.3390/w13202887.
- Homaei, M., Morales, V. G., Gutierrez, O. M., Gomez, R. M., and Caro, A. (2025). Smart Water Security with