

## مقاله پژوهشی: تحلیل خطرپذیری در تهدیدات امنیتی محتمل علیه زیرساخت های آب

### شهری آشامیدنی با رویکرد پدافند غیرعامل

[20.1001.1.24234621.1401.12.49.3.9](https://doi.org/10.1001.1.24234621.1401.12.49.3.9)

عبداله مرادی<sup>۱</sup>، مرتضی بیگلری<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۶

### چکیده

زیرساخت‌های صنعتی-اقتصادی، از جمله مهمترین اهداف در جنگ‌های هیبریدی و نیز حملات تروریستی است، که با هدف تضعیف اراده مقاومت در جامعه و ناتوان‌سازی دولت‌ها در ارائه خدمات و تداوم فعالیت‌های ضروری صورت می‌پذیرد. از این رو اجرای طرح‌های پدافند غیرعامل و حفاظت از این مراکز جهت کاهش آسیب‌پذیری و افزایش بازدارندگی، ارتقاء پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران بسیار ضروری است. هدف این پژوهش، با توجه به اهمیت زیرساخت‌های آب شهری آشامیدنی در انتظام عمومی جامعه، «تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های آب شهری آشامیدنی در مقابل تهدیدات زیستی، سایبری، نظامی و امنیتی با رویکرد پدافند غیرعامل» می‌باشد. بر این اساس پرسش اصلی اینگونه طرح گردیده که؛ «تحلیل خطرپذیری حمله به زیرساخت‌های آب آشامیدنی با تهدیدات زیستی، سایبری، نظامی و امنیتی در شرکت های آب‌وفاضلاب چگونه است؟» پژوهش از منظر هدف کاربردی-توسعه‌ای و در نوع تحلیلی-زمینه‌ای می‌باشد. برای پاسخ به پرسش اصلی به شکل تلفیقی از روش‌های کتابخانه‌ای جهت شناسایی و دسته‌بندی دارائی‌ها، تهدیدها و آسیب‌پذیری‌ها در حوزه تأمین و توزیع آب آشامیدنی استفاده شده و نیز از روش جلسه خبرگی با حضور ۱۵ نفر از کارشناسان و مدیران جهت نمره دهی به تهدیدات، آسیب‌پذیری و تکمیل جداول ارزیابی و تحلیل خطرپذیری بهره‌گیری شده است. نتایج به طور خلاصه نشان می‌دهد؛ بالاترین نمره خطرپذیری زیرساخت‌های اصلی، در حمله بیولوژیکی به چاهها و منابع تولید آب با نمره خطرپذیری ۶۳۰ بوده و همچنین بالاترین نمره خطرپذیری در کاربری‌های اصلی آبرسانی نیز حمله بیولوژیکی به کاربری خدمات آبرسانی با نمره خطرپذیری ۸۰۰ تشخیص داده شده است.

**کلیدواژه‌ها:** پدافند غیرعامل، مدیریت بحران، آسیب‌پذیری، حفاظت از زیرساخت، تأسیسات آب

### مقدمه

<sup>۱</sup>: استادیار پژوهشکده امنیت ملی، دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی moradi.abdolah@gmail.com  
<sup>۲</sup>: دانشجوی دکتری مدیریت راهبردی پدافند غیرعامل دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی.

«زیرساخت‌ها» شبکه‌ای هستند شامل سرویس‌های حیاتی، اطلاعاتی و فیزیکی که وظیفه آنها مشارکت و همکاری در تولید و توزیع پیوسته خدمات و کالاهای اساسی است، به گونه‌ای که اگر منقطع یا تخریب گردند، بر روی ایمنی، امنیت و اقتصاد جامعه تأثیر جدی خواهند گذاشت (PSEPC، ۲۰۰۸). هرچند زیرساخت می‌تواند اشاره به زیرساخت نرم یا سخت باشد، اما واژه زیرساخت بیشتر جهت اشاره به مواردی مانند؛ جاده‌ها، پل‌ها، شبکه آب و فاضلاب که زیرساخت عمومی نامیده می‌شوند، بکار می‌رود. هر کدام از این شبکه‌ها ساختارهای مختص به خود داشته و برای انتقال و توزیع خدماتشان از روشهای مختلفی استفاده می‌کنند (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۰). با توجه به اهمیت اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی زیرساخت‌ها، از منظر دفاعی-امنیتی، زیرساخت‌های را به اهدافی راهبردی در جنگ و نیز حملات تروریستی تبدیل می‌کند (بخشی شادمهر، ۱۳۹۵). به ویژه اینکه در قالب «جنگ هیبریدی» به مثابه ترکیبی از ابزارهای متعارف، نامنظم و نامتقارن توسط هر بازیگر دولتی یا غیردولتی با استفاده از همه ابزارهای در دسترس اطلاعاتی، نظامی، اقتصادی با هدف ایجاد بی‌ثباتی (قاسمی و اسماعیلی، ۱۳۹۶: ۵۲) بخش مهمی از تهدیدات امنیتی نوین متوجه زیرساخت‌های اقتصادی-صنعتی می‌گردد. مطالعات نیز نشان می‌دهد که؛ امروزه بیش از دوسوم تهدیدات، معطوف به زیرساخت‌ها و شریان‌های حیاتی است (Lee، ۲۰۰۷: ۲۹).

«حفاظت از زیرساخت‌ها»، از جمله مهمترین تدابیر امنیتی در مدیریت بحران است که منوط به شناسایی دارایی‌ها، آسیب‌پذیری‌های آنان و ارائه «ارزیابی خطرپذیری» است. چه اینکه مدیریت بحران بر ضرورت پیش‌بینی منظم و کسب آمادگی برای رویارویی با آن دسته از مسائل داخلی و خارجی تأکید دارد که به طور جدی سودرسانی، بقاء، امنیت زیرساخت را تهدید می‌کنند، تا در زمان بحران بهترین تصمیم‌گیری ممکن صورت پذیرد (Rodriguez & Others، ۲۰۱۲). چه اینکه هنگام وقوع جنگ و یا تهدید تروریستی، تاسیسات زیربنایی که با هزینه بسیار بالا ایجاد و مورد بهره‌برداری قرار گرفته، در مدت زمان بسیار کم آسیب دیده که باعث توقف تولید و خدمات رسانی به شهروندان و زیان‌های اقتصادی و اجتماعی می‌شود. در این میان شرکت‌های آب و فاضلاب که مأموریت دارند امکان بهره‌برداری مستمر و پایدار از آب آشامیدنی برای همه مردم را فراهم نمایند، در مقابل هرگونه تهدید نظامی، سایبری، و زیستی آسیب‌پذیر هستند. لذا اهمیت این پژوهش در این است که بررسی دارائی‌ها و سرمایه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب، شناسایی

تهدیدات، آسیب‌پذیری‌ها، و تحلیل خطرپذیری در آنها می‌تواند با کمک به افزایش تاب‌آوری علاوه بر کاهش خسارات و آسیب‌ها، مدیریت بحران در شرایط اضطراری را هم تسهیل نماید. بر همین اساس هدف اصلی این پژوهش «تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های آب شهری آشامیدنی در مقابل تهدیدات زیستی، سایبری، نظامی و امنیتی با رویکرد پدافند غیرعامل در شرکت‌های آب-فاضلاب به منظور کاهش آسیب‌پذیری، مدیریت و مقابله با تهدیدات متصور و ارتقاء امنیت و تاب‌آوری» می‌باشد. لذا سوال اصلی این پژوهش این است که؛ «تحلیل خطرپذیری حمله به زیرساخت‌های آب شهری آشامیدنی با تهدیدات زیستی، سایبری، نظامی و امنیتی در شرکت‌های آب و فاضلاب چگونه است؟» برای پاسخ به این پرسش اصلی لازم است به سوالات فرعی زیر نیز پاسخ داد: ۱- ارزش دارائی‌ها و سرمایه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب تا چه میزان است؟ ۲- تهدیدات متصور انسان‌ساخت پیش روی زیرساخت‌های آب آشامیدنی کدامند؟ ۳- میزان آسیب ناشی از رخداد تهدیدات عمدی در زیرساخت‌های آب چقدر است؟

این پژوهش با توجه به ارائه تحلیل خطرپذیری از منظر هدف کاربردی-توسعه‌ای و با توجه به بررسی مولفه‌های تهدید، آسیب‌پذیری و ... زیرساخت‌های آب با مطالعه موردی یکی از تاسیسات اطراف شهر تهران در نوع تحلیلی-زمینه‌ای می‌باشد. برای پاسخ به پرسش اصلی به شکل تلفیقی از روش‌های کتابخانه‌ای جهت شناسایی، دسته‌بندی دارائی‌های، تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های متناظر با آنها در حوزه تأمین و توزیع آب شهری آشامیدنی استفاده شده است و نیز از روش جلسه خبرگی با حضور ۱۵ نفر از کارشناسان و مدیران صنعت آب و فاضلاب و کارشناسان امنیتی حوزه پدافند غیرعامل، جهت تکمیل جداول تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری بهره‌گیری شده است.

### پیشینه شناسی

ناظر بر موضوع بررسی خطرپذیری در مدیریت بحران و پدافند غیرعامل نسبت به زیرساخت‌های صنعتی-اقتصادی می‌توان به پژوهش‌هایی اشاره نمود که در قالب جدول شماره ۱ ارائه شده است.

پدیدآور	عنوان	یافته‌های پژوهش
حسن مشهدی و سعید امینی ورکی	تدوین و ارائه الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و آنالیز ریسک زیرساخت‌های حیاتی و حساس با تأکید بر پدافند غیرعامل	این مقاله به دنبال ارائه چارچوبی جهت ارزیابی صحیح و دقیق تهدیدات، آسیب‌پذیری و خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی کشور با ملاحظات پدافند غیرعامل می‌باشد. بر همین اساس ضمن ارائه الگوهای ارزیابی خطرپذیری در منابع و ماخذ غربی، یک الگوی بومی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری مطابق با شرایط و وضعیت تهدید در ایران ارائه می‌شود.
محمد اسکندری و همکاران	تحلیل خسارت شریانهای حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی بر اثر حملات هدفمند	این پژوهش ضمن معرفی شریانهای آب و برق، با ارزیابی آسیب-پذیری و ریسک این شریانها، نتیجه می‌گیرد که در بین سناریوهای تک متغیره سناریو انفجار در تصفیه خانه و در بین سناریوهای ترکیبی انفجار دو تصفیه خانه و یک پست برق بیشترین احتمال وقوع را دارد.
فاطمه بخشی شادمهری و همکاران	تحلیل ملاحظات پدافند غیرعامل با تاکید بر زیرساخت آب	این مقاله با اشاره به پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های آب، به تهدیدات طبیعت محور و انسان محور اشاره و آنها را مورد ارزیابی کلی قرار داده است.
الهام ترکمان پیرمیشانی	ارزیابی آسیب‌پذیری تاسیسات آبرسانی با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی، شهرپرد)	این پایان نامه به بررسی مکان‌گزینی و سازگاری تاسیسات آبرسانی این شهر با اصول پدافند غیرعامل پرداخته است. با تعیین معیارهای مکان‌گزینی تاسیسات آبرسانی از دید پدافند غیرعامل، فضاهای مطلوب ایجاد تاسیسات آبرسانی را شناسایی و پیشنهاد نموده است.
جلال نخعی و همکاران	ارزیابی ریسک سامانه آبرسانی شهری کشور در برابر تهدیدات به روش RAMCAP	این مقاله علمی پژوهشی با ارزیابی دارایی‌ها و تهدیدات و ارزیابی شدت آسیب‌پذیری هریک از تهدیدات بر دارایی‌ها، در سامانه آبرسانی در نهایت با استفاده از روش RAMCAP عدد ریسک هر یک از داراییها را محاسبه نموده است.
شهرام علمداری و همکاران	روشهای ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و مدیریت بحران	این کتاب تلاش نموده است با استفاده از روش هفت مرحله‌ای معروف به RAMCAP مدلی برای ارزیابی تهدید و ریسک در زیرساخت‌ها ارائه نماید
علی رمضان‌فرانی	شناسایی آسیب‌پذیری های منابع آب و روشهای مدیریت آنها	این پایان نامه کارشناسی ارشد با اشاره به سوابق حمله به سیستم‌های آب به شناسایی مهمترین آسیب‌ها و خطرات پیش روی سیستم‌های مدرن آب پرداخته و راهکارهایی برای کاهش این خطرات بر اساس اصول پدافند غیرعامل پیشنهاد داده است.

<p>این استاندارد فرآیند کاملی را شامل شناسایی آسیب‌پذیری‌های در برابر تهدیدات انسان ساخت یا طبیعی، و با در نظر گرفتن شاخص‌های وابستگی و همجواری به مراکز خطرناک ارائه داده است و روشهای ارزیابی گزینه‌ها و سناریوهای مختلف به منظور برطرف نمودن نقاط ضعف سیستم‌های آب و فاضلاب را پیش رو می‌گذارد.</p>	<p><b>Risk and Resilience Management of Water and Wastewater Systems (AWWA J100-10)</b></p>	<p>AWWA (انجمن کارهای آبی امریکا)</p>
<p>کتابچه مدیریت ریسک مرحله به مرحله برای تامین کنندگان آب آشامیدنی. تمرکز اصلی این سند بر بخش خروجی تصفیه خانه تا محل مصرف آب منعطف شده است و بیان میکند که نفوذ آلودگی یا هرگونه ضعف عملکردی سیستم آبرسانی، در این بخش از سیستم میتواند خطرناک تلقی شود و سلامت جامعه را به خطر بیندازد.</p>	<p><b>Water safety plan manual (WSP)</b></p>	<p>WHO (سازمان جهانی بهداشت)</p>

در جمع‌بندی پیشینه تحقیق باید گفت اگرچه در خصوص موضوع پدافند غیرعامل در تاسیسات آبرسانی و همچنین تحلیل خطرپذیری در زیرساختهای حیاتی کشور بصورت جداگانه مقالات یا پایان‌نامه‌هایی یافت می‌شود، اما این پژوهش‌ها غالباً بر تحلیل آسیب‌پذیری و یا بر عموم زیرساخت‌ها تاکید دارند. اما در خصوص تحلیل خطرپذیری در تهدیدات امنیتی علیه زیرساخت‌های آب شهری آشامیدنی با این روش مطالعه‌ای یافت نشد. همچنین بیشتر مطالعات اشاره شده بیش از چهار سال قبل انجام شده است که با رشد روزافزون علم و فناوری، احتمال تغییر ارزش تهدیدات و نتایج آنها بسیار است. نوآوری این پژوهش این است که تحلیل خطرپذیری تهدیدات امنیتی زیرساخت‌های آبرسانی را با ارزیابی دارائی‌ها و شناسایی تهدیدات حوزه آبرسانی و آسیب‌پذیری‌ها براساس چارچوب ارزیابی آسیب‌پذیری بهینه شده «فما» ارائه می‌نماید.

## مبانی نظری

### الف: مدیریت بحران و پدافند غیرعامل

عدم انطباق بین نیازها و منابع، به هر علت از جمله، حوادث غیرمترقبه یا پدیده‌های اجتماعی را بحران می‌گویند (الوانی، ۱۳۷۵). که می‌تواند به دو گروه بحران‌های طبیعی و بحران‌های انسان ساخت (عمدی و غیرعمدی) تقسیم شود. در مقابل «مدیریت بحران» فرابند برنامه‌ریزی و عملکرد می‌باشد، که با مشاهده نظام‌مند بحران، تجزیه و تحلیل آنها، می‌کوشد تا از بروز بحران پیشگیری نموده و یا در صورت بروز در خصوص کاهش اثرات، آمادگی لازم، امدادرسانی سریع و بهبودی اوضاع سازمان اقدام نماید (جدیدی، ۱۳۹۵: ۱۸۷). با توجه به اینکه همواره باید تعادلی در میان کوشش‌های امنیتی پیش‌گیرنده و میزان کفایت امکانات و آمادگی فوریتی وجود داشته

باشد (Vinnem, ۲۰۱۱: ۱۷۹)، چرخه مدیریت بحران از پیشگیری و کاهش مخاطرات شروع می‌شود. آمادگی، مقابله و بازسازی مراحل بعدی چرخه مدیریت بحران هستند. مساله اصلی در مدیریت بحران به ویژه در مرحله قبل از بحران، تحلیل خطرپذیری (سنجش فوریت و اولویت تهدیدات)، پیش‌بینی و هشدار، آمادگی و پیشگیری است.

«پدافند غیرعامل» به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌گردد که مستلزم بکارگیری جنگ افزار نبوده و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارات مالی به تجهیزات و تأسیسات حیاتی (نظامی و غیرنظامی) و تلفات انسانی جلوگیری یا به حداقل ممکن کاهش داد (کالینز، ۱۳۷۷: ۱۹۷). در صورت بکارگیری اصول می‌توان به اهداف پدافند غیرعامل از؛ تقلیل خسارات و صدمات، کاهش قابلیت و توانایی سامانه‌های شناسایی دشمن، تحمیل هزینه بیشتر به دشمن و... نائل گردید (اسکندری، ۱۳۹۰). لذا به نظر می‌رسد پدافند غیرعامل، کاربست مدیریت بحران به ویژه با تمرکز بر مرحله قبل از بحران با تمرکز بر تهدیدات حوزه دفاعی و نظامی است. بر همین اساس نیز «سیاست‌های کلی جمهوری اسلامی ایران در پدافند غیرعامل»، پدافند غیرعامل را مجموعه‌ای از اقدامات غیرمسلحانه می‌داند که موجب «افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقا پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات و اقدامات نظامی دشمن می‌شود» (سیاست‌های کلی نظام در امور پدافند غیرعامل، ۱۳۸۸). بر این اساس مأموریت‌های اصلی پدافند غیرعامل در حوزه آبرسانی عبارتند از؛ ۱- استمرار آبرسانی در هر شرایط، ۲- اطمینان از آبرسانی سالم و ۳- تسهیل مدیریت بحران.

### ب: ارزیابی خطرپذیری

ارزیابی خطرپذیری (ریسک)، از جمله مهمترین اقدامات در مدیریت بحران و پدافند غیرعامل می‌باشد که تصویری شفاف از زیرساخت‌ها، تهدیدات محتمل و میزان آسیب‌پذیری در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد. از سوی دیگر تحلیل خطرپذیری کمک می‌کند تا پیامدهای بحران‌ها در قالب سناریوهای محتمل، از پیش ترسیم گردد که این نیز باعث می‌گردد تا آمادگی، پیشگیری و پیش‌بینی به عنوان برنامه‌های مدیریت بحران تدوین گردد. چه اینکه ارزیابی خطرپذیری در زیرساخت‌های ملی شامل؛ روش‌های تعیین، تحلیل، کمی‌سازی و کشف ارتباطات میان ویژگی‌هایی است که دشمن را به سمت هدف خاصی سوق می‌دهد و باعث تشخیص نقاط آسیب‌پذیر برای ارائه راهکارهای پدافندی خواهد بود (عبداله‌خانی، ۱۳۸۸: ۳۰۴). خطرپذیری را احتمال اینکه دشمن با یک تهدید خاص از آسیب‌پذیری امنیتی موجود در یک هدف یا مجموعه‌ای از اهداف در

جهت یک حمله موفقیت‌آمیز استفاده کند و پیامدهایی را به مجموعه تحمیل نماید، تعریف می‌کنند (Norman, 2010). وزارت «امنیت داخلی» در ایالات متحده آمریکا که متولی حوزه مدیریت بحران است، خطرپذیری را در قالب معادله زیر تعریف می‌کند (DHS Lexicon, 2017): خطرپذیری = تهدید \* آسیب‌پذیری \* ارزش دارایی

جهت استخراج اصول و مبانی پدافند غیرعامل و ارزیابی خطرپذیری زیرساخت‌ها، بایستی چهار گام را صورت داد (مشهدی و امینی، ۱۳۹۴) و (بیات آقبلاقی، ۱۳۹۰):

- گام اول: شناسایی تهدید و نمره‌دهی؛
- گام دوم: ارزیابی ارزش دارایی‌ها؛
- گام سوم: ارزیابی آسیب‌پذیری؛
- گام چهارم: ارزیابی خطرپذیری؛

گام اول: تهدید را هر پدیده، رویداد یا اتفاقی که پتانسیل اعمال تخریب یا از بین رفتن کامل دارایی‌ها را داشته باشد تعریف می‌کنند. شدت خسارت، توانایی دشمن، جذابیت هدف برای دشمن (هزینه-فایده)، از جمله شاخصه‌های ارزیابی تهدید به شمار می‌روند (جلالی، ۱۳۹۴: ۱۲۷).

گام دوم: منظور از دارایی یک منبع با ارزش که نیازمند حفاظت بوده، لذا شناسایی و اولویت‌بندی دارایی‌های مهم، گام حیاتی در پدافند غیرعامل می‌باشد. شاخص‌های ارزیابی دارایی را؛ ارزش اقتصادی، ارزش عملکردی (تأثیرات و نقش آن دارایی در سیستم کلان)، امکان جایگزینی و ترمیم می‌دانند. همچنین برای شناسایی مراکز ثقل عموماً به الگوی «پنج حلقه واردن» اشاره می‌شود که مراکز ثقل یک کشور، به صورت سیستمی همانند اعضای یک بدن قلمداد گردیده و در صورت انهدام هر یک از مراکز ثقل، سیستم، پیکره و کالبد کشور مورد تهاجم، فلج گردیده و قادر به ادامه فعالیت و حیات نخواهد بود (برنافر و افرادی، ۱۳۹۳: ۱۶۵).

گام سوم: پس از شناسایی تهدیدات باید دارایی‌های خودی را مورد بررسی آسیب‌پذیری قرار داد؛ به‌گونه‌ای که بتوان میزان خسارت و صدمات ناشی از عوامل خسارت‌زا نسبت به نیروی انسانی، تجهیزات و تأسیسات را تخمین (آسیب‌پذیری) زد (اسکندری، ۱۳۹۰). معیارها و شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری شامل؛ ضعف رویارویی، ضعف حفاظتی و ابزارهای دفاعی، امکان دسترسی برای دشمن و امکان کشف و شناسایی می‌باشد (جلالی، ۱۳۹۴: ۱۳۱).

گام چهارم: خطرپذیری را در «معرض نابودی احتمالی بودن» تعریف می‌کنند در حالیکه قابلیت‌ها

و توانمندی‌ها برای ایجاد موازنه با تهدید کافی نیست (مشهدی و امینی، ۱۳۹۴: ۷۴). خطر را می‌توان در سه درجه یا وضعیت؛ هشدار، مخاطره و بحرانی دسته‌بندی کرد. معیارهای تشخیص خطر را می‌توان در؛ شدت تهدید، گستره تهدید و عمق تهدید ارائه نمود. به لحاظ محاسباتی خطرپذیری، حاصل ضرب نمره تهدید در نمره آسیب‌پذیری در نمره ارزش‌داری است.

### ج: جنگ هیبریدی و اشکال آن

«جنگ هیبریدی»<sup>۱</sup> یک مفهوم جدید است که در راستای درک ماهیت منازعات قرن بیستم توسط نظریه‌پردازان نظامی غرب خلق شد. این مفهوم تاچندی پیش، تنها نزد راهبردهانشان نظامی مطرح بود، اما با شروع جنگ‌های اوکراین، سوریه، عراق و هشدار کشورها در مورد تهدیدات پیش‌رو، به یک اصطلاح عمومی در جهت توضیح و درک پیچیدگی‌های منازعات قرن بیستم تبدیل شده است. «فرانک هافمن» در توضیح جنگ‌های جدید از مفهوم جنگ هیبریدی استفاده می‌کند که شامل؛ ترکیب نیروهای نظامی و غیرنظامی، دولت با گروه‌های غیردولتی و توانایی‌های آنها، همگرایی روش‌های مختلف جنگ از متعارف تا غیرمتعارف، چریکی و منظم، تروریستی و ... با هم در یک میدان رزم است (صبوری‌نژاد و جمشیدی، ۱۳۹۷: ۱۴۴). جنگ ترکیبی از آن جهت مقوله‌ای جدید به نظر می‌رسد که در آن به جای موفقیت مرحله به مرحله که در جنگ کلاسیک مورد نظر است، بیشتر به موفقیت همزمان در آورده‌گاه‌های گوناگون ولی مرتبط به هم نیاز دارد. در این نبردها، مردم هستند که میدان و هدف اصلی نبرد را تشکیل می‌دهند. لذا برای این جنگ‌ها که هدف آن مردم هستند، زمان و پایانی متصور نیست (قاسمی و اسماعیلی، ۱۳۹۶: ۷۱).

### د: زیرساخت‌های آب شهری آشامیدنی و تهدیدات آن

زیرساخت‌آدر هر کشوری در واقع بنیان اساسی جامعه آن کشور محسوب می‌شود و آسیب به آنها می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری را در کشورها ایجاد نماید و آسیب در یک بخش می‌تواند بخش‌های دیگر را نیز تحت تاثیر جدی قرار دهد. برای واژه زیرساخت تعاریف متعددی بیان شده است. «وزارت امنیت داخلی» آمریکا این واژه را اینگونه تعریف می‌کند: «زیرساخت عبارت است از شبکه‌ای از سیستم‌ها و عوامل وابسته به هم شامل صنایع و موسسات قابل شناسایی و دارای قابلیت توزیع (از جمله افراد و فرآیندها)، که یک جریان قابل اطمینان از محصولات و خدمات ضروری را برای دفاع و ایجاد امنیت اقتصادی و عملکرد روان دولت در همه سطوح، و جامعه را به‌طورکلی فراهم می‌کند.» مطابق این تعریف، زیرساخت‌ها شامل عناصر فیزیکی، سایبری و یا

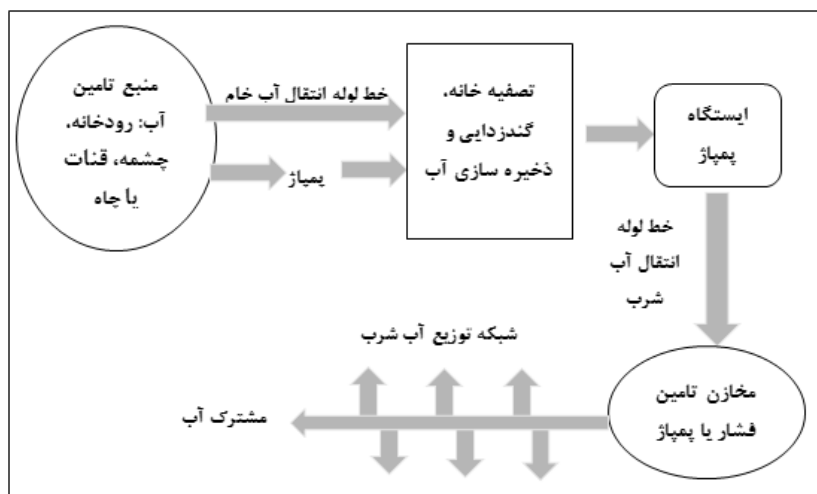
<sup>۱</sup>:Hybrid War

<sup>۲</sup>: Infrastructure



انسانی است (DHS، ۲۰۱۷).

از آنجا که تامین آب آشامیدنی سالم و پایدار مأموریت اصلی شرکت‌های آب و فاضلاب می‌باشد، لذا لازم است پیش از ورود به شناسایی دارایی‌ها، تهدیدات و آسیب‌پذیری، ابتدا تصویری از زیرساخت آب ارائه گردد. مراحل تولید آب و انتقال آن به دست مشترک را می‌توان به دو قسمت عمده تولید و توزیع آب تقسیم کرد: ۱- مرحله تولید آب شامل؛ استحصال آب خام از چاه توسط پمپ، یا آبیگری از چشمه، و یا آب‌های سطحی، انتقال آب به سدها و سپس تصفیه و گندزدایی و در نهایت انتقال آب توسط ایستگاههای پمپاژ به مخازن ذخیره. که در این میان از شیرآلات متعدد، سازه‌های فلزی یا بتنی، خطوط انتقال لوله، تاسیسات برقی و سیستم‌های کنترل از راه دور رادیویی و ... نیز استفاده می‌شود. ۲- مرحله توزیع آب که توسط خطوط لوله آبرسانی به صورت شاخه‌ای یا حلقه‌ای در معابر و کوچه‌ها تا درب منزل شهروندان انجام می‌شود.



شکل شماره ۱: زیرساخت آب شهری آشامیدنی؛ مراحل تامین و توزیع آب

برخی از انواع تهدیدات، جنس، شیوه و ابزار تهدیدهای احتمالی زیرساخت آب شهری آشامیدنی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲: انواع تهدیدهای تاسیسات آبرسانی (منبع: ترکمان پیرمیشانی، ۱۳۹۵، با اندکی تغییر)

هدف تهدید	نوع تهدید	جنس تهدید	شیوه تهدید	ابزار تهدید
اختلال	امنیتی	نرم	شایعه آلودگی آب	نیروی انسانی، رسانه، مطبوعات

در تامین آب	سایبری	نفوذ، هک، دستکاری، ازکاراندازی و...
	عملیات روانی و فرار پرسنل	نیروی انسانی، رسانه، مطبوعات، تهدید یا تطمیع
	خرابکاری فرایند	پرسنل همراه با دشمن یا فریب خورده
سخت	بمب گذاری خودرویی	خودرو، مواد منفجره، تروریست
	بمب گذاری ثابت	مواد منفجره، تروریست
	بمب گذاری متحرک (کمربند انفجاری)	مواد منفجره، عامل انتحاری (از جمله انفجار دو مرحله ای انفجار اول جهت انهدام حفاظت بیرونی و انفجار دوم جهت تخریب در عمق مراکز)
	نارنجک دستی	مواد منفجره، تروریست
	نارنجک تفنگی	مواد منفجره، تروریست
	شایعه آلودگی اب	نیروی انسانی، رسانه، مطبوعات
	سایبری	نفوذ، هک، دستکاری، ازکاراندازی و...
	الکترومغناطیسی	
نرم	عملیات روانی و فرار پرسنل	نیروی انسانی، رسانه، مطبوعات، تهدید یا تطمیع
	خرابکاری فرایند	پرسنل همراه با دشمن و یا فریب خورده
ویژه	آلودگی بیولوژیکی	عوامل بیولوژیک و تروریست
	آلودگی شیمیایی	عوامل شیمیائی و تروریست
	آلودگی هسته ای	عوامل هسته ای و تروریست
امنیتی	بمب گذاری خودرویی	خودرو، مواد منفجره، تروریست
	بمب گذاری ثابت	مواد منفجره، تروریست
	بمب گذاری متحرک (کمربند انفجاری)	مواد منفجره، عامل انتحاری (از جمله انفجار دو مرحله ای انفجار اول جهت انهدام حفاظت بیرونی و انفجار دوم جهت تخریب در عمق مراکز)
	نارنجک دستی	مواد منفجره، تروریست
	نارنجک تفنگی	مواد منفجره، تروریست
	خمپاره های سنگین و نیمه سنگین	خمپاره انداز، گلوله خمپاره و عوامل تروریست
	دوش پرتاب ها	سلاح های دوش پرتاب و عوامل تروریست
	نیمه سخت	سلاح های الکترومغناطیسی کوچک
	نیمه سخت	سلاح های الکترو مغناطیسی
	نظامی	سلاح های الکترو مغناطیسی
حذف کارکرد و دارائی		

انواع موشک	موشک باران	سخت		
بمباران، بالگردهای بدون سرنشین، جنگنده ها	بمباران			

## روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر با رویکردی آینده‌نگر، به واسطه ارائه تحلیل خطرپذیری از منظر هدف کاربردی-توسعه‌ای و با توجه به بررسی مولفه‌های تهدید، آسیب‌پذیری و ... زیرساخت‌های آب شهری آشامیدنی با مطالعه موردی یکی از تاسیسات شهر تهران در نوع تحلیلی-زمینه‌ای می‌باشد. همچنین از لحاظ تحلیل داده‌ها از نوع آمیخته (کمی-کیفی) می‌باشد. چرا که در ابتدا جهت شناسایی، دسته‌بندی دارائی‌ها، تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های متناظر با آنها در حوزه تأمین و توزیع آب شهری آشامیدنی از روش توصیفی با مراجعه به منابع کتابخانه‌ای استفاده شده است. جهت ارائه تحلیل خطرپذیری، از الگوی بومی «ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل» (مشهدی و امینی، ۱۳۹۴) به عنوان بهینه شده الگوی ارزیابی آسیب‌پذیری «آژانس مدیریت اضطراری فدرال» آمریکا موسوم به دستورالعمل‌های فم‌ا (FEMA ۴۵۲، ۲۰۰۵) استفاده شده است. در این الگو شاخص‌هایی برای سه مؤلفه کلیدی در معادله خطرپذیری (یعنی دارایی، تهدید و آسیب‌پذیری) منطبق با فضای تهدید در کشور استخراج شده و هر یک از شاخص‌ها با استفاده از منطق فازی وزن‌دهی می‌شوند. معیارهای انتخاب تهدید اولیه مطابق جدول شماره ۳ صورت می‌گیرد. سپس نمره‌دهی به تهدید، که به احتمال وقوع تهدید و پیامدهای ناشی از آن بستگی دارد. مطابق با جدول شماره ۴ انجام می‌شود. در این جدول تهدیدات در ۷ درجه توصیف شده و ۱۰ نمره عددی دریافت می‌کنند که نمره ۱۰ به بالاترین تهدید نسبت داده می‌شود (بیات آقبلاغی، ۱۳۹۰: ۳۳). دومین گام در فرآیند ارزیابی خطرپذیری شناسایی ارزش دارایی‌های موجود است که ممکن است تهدید بر آنها موثر باشد، برای درجه‌بندی ارزش زیرساخت‌ها نیز از جدول شماره ۵ استفاده می‌شود که شامل یک مقیاس ۷ درجه‌ای شامل ۱۰ نمره است. سومین گام در فرآیند ارزیابی خطرپذیری، ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌هایی است که تحت تاثیر یک تهدید قرار دارند. جدول شماره ۶ حاوی مقیاسی برای انتخاب درجه آسیب‌پذیری است. این مقیاس نیز ۷ درجه فرض می‌شود که شامل ۱۰ نمره است.

جهت استخراج داده‌ها، به عنوان مورد پژوهش یکی از تاسیسات آبرسانی شهید در کلان شهر

تهران انتخاب گردید.<sup>۱</sup> اطلاعات کاربرگ‌ها توسط ۱۵ نفر از مدیران و کارشناسان آب و فاضلاب به ویژه با گرایش مدیریت بحران و پدافند غیرعامل با تشکیل جلسه خبرگی تکمیل شده است. جدول شماره ۳: معیارهای انتخاب تهدید اولیه (بیات آقبلاغی، ۱۳۹۰: ۳۰).

سناریو / نمره	دسترسی به عامل تهدید	پیشینه تهدید	قابلیت دید دارایی	دسترسی به دارایی	جمعیت	تهدیدات موازی
۹-۱۰	دسترسی آسان	حادثه محلی، باعث اختلال شدید در ارائه خدمات و تلفات انسانی در اولویت بوده	همه می‌دانند	دسترسی آزاد و بدون مانع برای همه	بیش از ۵۰۰۰ نفر	اختلال یا تخریب تاسیسات می‌تواند تلفات انسانی داشته باشد
۶-۸	تولید آسان	حادثه منطقه‌ای، چند سال پیش اتفاق افتاده، اختلال اساسی در خدمات و تلفات انسانی یکی از اهداف اولیه بوده	یک منطقه می‌دانند	دسترسی آزاد بدون امکان توقف طولانی	بین ۱۰۰۱ تا ۵۰۰۰ نفر	اختلال یا تخریب تاسیسات می‌تواند صدمات جانی داشته باشد
۳-۵	دسترسی یا تولید به سختی	حادثه ملی، سالهای قبل اتفاق افتاده، ایجاد اختلال در خدمات و انسانها یکی از اهداف اولیه بوده است.	در نشریه‌ها به آن اشاره شده / معروف است	دسترسی کنترل شده و ورود با مجوز	بین ۲۵۱ تا ۱۰۰۰ نفر	اختلال یا تخریب تاسیسات
۱-۲	دسترسی یا تولید خیلی سخت	حادثه بین‌المللی بوده، سالهای خیلی قبل اتفاق افتاده، باعث اختلال در خدمات منطقه‌ای، وانسانها جزء اهداف اولیه نبوده است.	معروف نیست	کنترل محل، امنیت محله، نیروی انتظامی، سخت‌گیری برای دستیابی	از ۱ تا ۲۵۰ نفر	تخریب تاسیسات تهدیدی ایجاد نمی‌کند

<sup>۱</sup>: اطلاعات این مجتمع مانند؛ حوزه جغرافیایی، زیرساخت‌ها و دارایی‌های آن نزد فصلنامه موجود است.

جدول شماره ۴: جدول مقیاس نمره‌دهی به تهدید(بیات آقبلاغی، ۱۳۹۰: ۳۳).

توصیف تهدید	نمره	مشخصات تهدید
خیلی بالا	۱۰	احتمال تهدید خیلی بالا، سلاح و تاکتیک مورد استفاده به طور قطعی مشخص شده، مراجع قانونی و سازمانهای اطلاعاتی وجود تهدید را تأیید می کنند.
بالا	۸-۹	احتمال تهدید بالا، سلاح و تاکتیک مورد استفاده مورد انتظار است، مراجع قانونی و سازمانهای اطلاعاتی وجود تهدید را تأیید می کنند.
متوسط رو به بالا	۷	احتمال تهدید متوسط رو به بالا، سلاح و تاکتیک مورد استفاده محتمل است، مراجع قانونی و سازمانهای اطلاعاتی وجود تهدید را تأیید می کنند.
متوسط	۵-۶	احتمال تهدید متوسط، سلاح و تاکتیک مورد استفاده ممکن است روی دهد، مراجع قانونی و سازمانهای اطلاعاتی تهدید را مشخص کرده اند ولی قطعی نیست.
متوسط رو به پایین	۴	احتمال تهدید متوسط رو به پایین، سلاح و تاکتیک مورد استفاده وجود دارد، تهدید توسط مدیران و مراجع قانونی و سازمانهای اطلاعاتی روشن شده است ولی محتمل نیست.
پائین	۲-۳	احتمال تهدید پائین، سلاح و تاکتیک مورد استفاده وجود دارد، وجود تهدید توسط مراجع قانونی و سازمانهای اطلاعاتی روشن شده است ولی محتمل نیست.
خیلی پائین	۱	احتمال تهدید خیلی پائین، سلاح و تاکتیک مورد استفاده ناچیز است، وجود تهدید توسط مراجع قانونی و سازمانهای اطلاعاتی روشن نشده است یا احتمال آن بسیار ناچیز است.

جدول شماره ۵: جدول مقیاس نمره‌دهی به ارزش دارایی (بیات آقبلاغی، ۱۳۹۰: ۶۴).

توصیف	نمره	ارزش دارایی
خیلی بالا	۱۰	از بین رفتن یا خرابی دارایی های تاسیسات عواقب فوق العاده وخیمی را در پی خواهد داشت. مانند کشته شدن تعداد زیادی از انسانها، جراحات سخت بسیارزیاد، از بین رفتن تمام خدمات اولیه تاسیسات، فرایندهای اصلی و کاربریها.
بالا	۸-۹	از بین رفتن یا خرابی دارایی های تاسیسات عواقب وخیمی در پی خواهد داشت. مانند کشته شدن تعدادی از انسانها، جراحات سخت فراوان، از بین رفتن تمام خدمات اولیه تاسیسات، فرایندهای اصلی و کاربری ها برای طولانی مدت.
متوسط رو به بالا	۷	از بین رفتن یا خرابی دارایی های تاسیسات عواقب خیلی بدی در پی خواهد داشت. مانند جراحات جدی و اختلال در کاربری های اصلی تاسیسات برای طولانی مدت.
متوسط	۵-۶	از بین رفتن یا خرابی دارایی های تاسیسات عواقب بدی در پی خواهد داشت. مانند جراحات و اختلال در کاربری های اصلی تاسیسات و فرایندها.

متوسط رو به پائین	۴	از بین رفتن یا خرابی دارایی های تاسیسات عواقب نسبتا بدی در پی خواهد داشت. مانند جراحات خفیف و اختلال در کاربری های اصلی و فرایندها.
پائین	۲-۳	از بین رفتن یا خرابی دارایی های تاسیسات عواقب بد خفیفی در پی خواهد داشت. مانند اختلالات ملایم در کاربری های اصلی و فرایندها برای کوتاه مدت.
خیلی پائین	۱	از بین رفتن یا خرابی دارایی های تاسیسات عواقب بدی را در پی خواهد داشت که قابل صرف نظر کردن است

جدول شماره ۶: جدول مقیاس نمره‌دهی به آسیب‌پذیری (بیات‌آقبلاغی، ۱۳۹۰: ۸۶).

توصیف آسیب‌پذیری	نمره	مشخصات آسیب‌پذیری
خیلی بالا	۱۰	یک یا چند نقطه ضعف اصلی شناسایی شده اند که داراییها را به شدت مستعد تهاجم یا خطر میکنند. در تاسیسات عدم افزونگی و حفاظت فیزیکی وجود دارد. کل کاربری ها بعد از مدت بسیار طولانی پس از حمله دوباره به کار خواهند افتاد.
بالا	۸-۹	یک یا چند نقطه ضعف اصلی شناسایی شده اند که داراییها را خیلی زیاد مستعد تهاجم یا خطر میکنند. در تاسیسات عدم افزونگی و حفاظت فیزیکی وجود دارد. کل کاربری ها بعد از مدت بسیار طولانی پس از حمله دوباره به کار خواهند افتاد.
متوسط رو به بالا	۷	یک نقطه ضعف مهم شناسایی شده است که داراییها را خیلی مستعد تهاجم یا خطر میکند. در تاسیسات افزونگی و حفاظت فیزیکی ناکافی وجود دارد. اکثر کاربری ها بعد از مدت بسیار طولانی پس از حمله دوباره به کار خواهند افتاد.
متوسط	۵-۶	یک نقطه ضعف اصلی شناسایی شده است که داراییها را نسبتا مستعد تهاجم یا خطر میکند. در تاسیسات افزونگی و حفاظت فیزیکی نا کارآمد وجود دارد. اکثر کاربری ها بعد از مدت قابل ملاحظه ای پس از حمله دوباره به کار خواهند افتاد.
متوسط رو به پائین	۴	یک نقطه ضعف اصلی شناسایی شده است که داراییها را تا اندازه ای مستعد تهاجم یا خطر میکند. در تاسیسات افزونگی و حفاظت فیزیکی نا مناسب وجود دارد. اکثر کاربری ها بعد از مدت قابل ملاحظه ای پس از حمله دوباره به کار خواهند افتاد.
پائین	۲-۳	یک نقطه ضعف اصلی شناسایی شده است که داراییها را تا احتمالا مستعد تهاجم یا خطر میکنند. در تاسیسات افزونگی و حفاظت فیزیکی مناسبی وجود دارد. اکثر کاربری ها بعد از مدت کوتاهی پس از حمله دوباره به کار خواهند افتاد.
خیلی پائین	۱	نقطه وضعی وجود ندارد. تاسیسات دارای درجه مناسبی از افزونگی و حفاظت فیزیکی است. کل کاربری ها بلافاصله پس از حمله دوباره به کار بیافتند.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

### الف: کام اول، انتخاب تهدید اولیه و نمره دهی

برای انتخاب تهدید اولیه معیارهای مندرج در جدول شماره ۳ انتخاب و نمرات از ۱ تا ۱۰ توزیع گردیدند.

کاربرگ شماره ۱: انتخاب تهدید اولیه تاسیسات مجتمع آبرسانی مورد مطالعه

سناریو	عامل تهدید	دسترسی به	پیشینه تهدید	دارایی	قابلیت دید	دارایی	دسترسی به	جمعیت	موازی	تهدیدات	نمره
بمب دستی	۱۰	۵	۷	۷	۸	۹	۲	۴۱			
خودرو بمب گذاری شده	۶	۲	۷	۷	۶	۹	۲	۳۲			
انفجار گاز طبیعی	۲	۲	۷	۷	۵	۹	۳	۲۸			
هوایمای کوچک *	۹	۶	۷	۷	۹	۹	۲	۴۲			
هوایمای بزرگ	۲	۵	۵	۵	۸	۹	۱	۳۰			
عامل بیولوژیکی (سیاه زخم)	۴	۲	۴	۴	۴	۹	۹	۳۲			
عامل بیولوژیکی (کلیفرم)	۹	۶	۶	۴	۴	۹	۹	۴۱			
عامل بیولوژیکی (آبله)	۲	۲	۴	۴	۴	۹	۹	۳۰			
مسمومیت غذایی با توکسین	۶	۳	۴	۴	۴	۹	۹	۳۵			
مواد رادیواکتیو	۵	۱	۱	۱	۱	۹	۵	۲۲			
حمله نظامی با آر.پی.جی	۴	۵	۹	۹	۹	۹	۳	۳۹			
حمله با بمب	۱۰	۲	۷	۷	۷	۹	۵	۴۰			
سایبری ( ویروس و تروجان)	۹	۷	۵	۵	۹	۹	۵	۴۴			
سایبری (خارج کردن سرویس از خدمات)	۹	۶	۵	۵	۵	۹	۶	۴۰			

\*\*منظور از هوایمهای کوچک در این مقاله انواع پرنده های کوچک قابل برنامه ریزی و یا کنترل از راه دور، اعم از پهپادهای کوچک، کوادکوپتر، ریزپرنده ها و... می باشد.

با استفاده از کاربرگ فوق مشخص می شود چهار تهدید اولیه که بیشترین نمره تهدید را دریافت نموده اند به شرح زیر باید مورد بررسی قرار گیرند:

- تهدیدات سایبری و ضربه به سیستم های کنترل از راه دور، امنیتی و ارتباطات تلفنی؛
- حمله با هوایمهای کوچک و انفجار و صدمه به تاسیسات؛
- حملات بیولوژیکی با کلیفرم جهت آلوده کردن آب؛
- حمله با بمب دستی و انفجار و صدمه به تاسیسات؛

پس از انتخاب تهدیدهای اولیه، قدم بعدی محاسبه و بررسی چگونگی اثرگذاری این تهدید بر زیرساخت‌ها و کاربری‌های مهم تاسیسات است. همانگونه که قبلا گفته شد، زیرساخت‌های اصلی داخل تاسیسات عبارتند از: «چاه»، «مخزن زمینی»، «تاسیسات برقی»، «خطوط انتقال آب»، «دستگاههای گندزدایی» و «ایستگاههای پمپاژ». همچنین کاربری‌های اصلی تاسیسات عبارتند از: «خدماتی آبرسانی»، «انبار تجهیزات»، «حفاظت از تاسیسات» و «مسکونی» (محل سکونت نگهبان و سرایدار). همانگونه که گفته شد نمره‌دهی به تهدید، به احتمال وقوع تهدید و پیامدهای ناشی از آن بستگی دارد. کاربرد ۲، نیز جهت محاسبه نمره‌دهی به تهدیدات پایه علیه زیرساخت‌های مهم و تاسیسات مجتمع آبرسانی براساس معیارهای جدول شماره ۴ تکمیل گردید.

کاربرد شماره ۲: نمره‌دهی به تهدید برای تجهیزات مختلف (زیرساخت‌ها) در یک تاسیسات

زیرساخت‌های موجود در تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم
چاه	۲	۴	۵	۷
مخزن زمینی	۱	۴	۵	۷
تاسیسات برقی	۹	۴	۵	۱
خطوط لوله	۳	۴	۵	۵
دستگاههای گندزدایی	۷	۴	۴	۵
ایستگاه‌های پمپاژ	۲	۴	۲	۳

همچنین کاربرد شماره ۳، براساس اطلاعات موجود جهت محاسبه نمره‌دهی به تهدیدات پایه علیه کاربری‌های مختلف تاسیسات مجتمع آبرسانی و بر اساس جدول شماره ۴ تکمیل گردید.

کاربرد شماره ۳: نمره‌دهی به تهدید برای کاربری‌های مختلف در یک تاسیسات

کاربری‌های مختلف در تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم
خدمات آبرسانی	۵	۵	۵	۸
انبار	۱	۴	۵	۱
حفاظتی	۶	۶	۷	۱



در این بخش همانگونه که مشاهده گردید ۱۵ تهدید محتمل در تاسیسات آبرسانی بر اساس شش شاخص؛ دسترسی به عامل تهدید، پیشینه تهدید، قابلیت دید دارایی، دسترسی به دارایی، جمعیت و تهدیدات موازی، ارزیابی و ۴ تهدید سایبری، حمله با هواپیمای کوچک، حمله با بمب دستی و حملات بیولوژیکی که حائز بالاترین نمره بودند، به عنوان تهدیدات پایه انتخاب گردیدند. سپس احتمال اثر این تهدیدات بر زیرساخت‌های تاسیسات و کاربری‌های مختلف تاسیسات به صورت جداگانه بررسی و احتمال وقوع تهدید سایبری بر تاسیسات برقی و احتمال وقوع تهدیدات بیولوژیکی بر چاهها و احتمال وقوع تهدیدات بیولوژیکی بر مخازن به ترتیب با ۹، ۷ و ۷ امتیاز حایز بالاترین نمره تهدید بر تاسیسات گردید. همچنین احتمال وقوع تهدید بیولوژیکی بر کاربری خدمات آبرسانی با ۸ امتیاز و حمله با بمب دستی بر کاربری حفاظتی تاسیسات آبرسانی بالاترین نمره احتمال وقوع تهدید بر کاربری را به خود اختصاص دادند.

### ب: گام دوم، ارزیابی ارزش دارائی‌ها

دومین گام در فرآیند ارزیابی خطرپذیری شناسایی ارزش دارایی‌های موجود است که ممکن است تهدید بر آنها موثر باشد، دارایی به منابع با ارزشی گفته می‌شود که نیاز به حفاظت دارد. همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد در مجتمع‌های آبرسانی خدمات اصلی یا خروجی تاسیسات عبارت است از؛ آب شرب سالم و پایدار. فعالیت‌های اصلی داخل تاسیسات عبارتند از: استحصال آب از چاه، ذخیره آب در مخزن زمینی، تصفیه و گندزدایی آب و پمپاژ آب با خط انتقال آب به مخزن هوایی و در نهایت توزیع آب در شبکه آبرسانی. ضمن اینکه ساختمان‌های اداری (مدیریت، حفاظت، انبار) و مسکونی نیز وجود دارند. با توجه به جدول شماره ۵، کاربرگ شماره ۴ و ۵ نیز به نمره-دهی به ارزش کاربری‌های اصلی مجتمع آبرسانی و نمره‌دهی به ارزش زیرساخت‌های اصلی تاسیسات این مجتمع اشاره دارد.

کاربرگ شماره ۴: نمره‌دهی به ارزش کاربری‌های اصلی تاسیسات آبرسانی مجتمع مورد مطالعه

کاربری تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم
خدمات آبرسانی	۵	۸	۸	۱۰
انبار	۱	۴	۴	۱
حفاظتی	۴	۷	۷	۱

مسکونی	۱	۴	۵	۴
--------	---	---	---	---

کاربرگ شماره ۵: نمره‌دهی به ارزش زیرساخت‌های اصلی تاسیسات آبرسانی مجتمع مورد مطالعه

زیرساخت اصلی تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم
چاه	۵	۷	۷	۱۰
مخزن زمینی	۱	۴	۵	۸
تاسیسات برقی	۴	۷	۸	۱
خطوط لوله	۱	۳	۵	۸
دستگاه های گندزدایی	۴	۵	۵	۱۰
ایستگاه های پمپاژ	۲	۴	۵	۴

همانگونه که آمد ارزش زیرساخت‌ها و کاربری های مختلف تاسیسات آبرسانی به عنوان دارایی- های تاسیسات آبرسانی که ممکن است هدف تهدیدات پایه قرار گیرند و میزان خسارات و تلفات احتمالی ناشی از اثر تهدید بر آن مورد ارزیابی قرار گرفت. اثر تهدیدات بیولوژیکی بر کاربری خدمات آبرسانی با نمره ۱۰ و اثر تهدیدات بیولوژیکی بر تاسیسات چاه و گندزداها با کسب نمره ۱۰ بیشترین نمره را در ارزش زیرساخت‌ها و کاربری‌های تحت تاثیر به خود اختصاص داد.

### ج: گام سوم، ارزیابی آسیب‌پذیری

سومین گام در فرآیند ارزیابی خطرپذیری، ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌هایی است که تحت تاثیر یک تهدید قرار دارند. آسیب‌پذیری یعنی؛ شناسایی هر نقطه ضعفی از دارایی که باعث بهره‌گیری مهاجمین برای حساس کردن آن دارایی در برابر ایجاد صدمات می‌شود. کاربرگ شماره ۶ و کاربرگ شماره ۷ نیز براساس جدول شماره ۶ که حاوی مقیاسی برای انتخاب درجه آسیب‌پذیری است تکمیل گردید. این مقیاس نیز ۷ درجه فرض می‌شود که شامل ۱۰ نمره است.

کاربرگ شماره ۶: نمره دهی به آسیب‌پذیری زیرساخت‌های اصلی تاسیسات آبرسانی مجتمع مورد مطالعه

زیرساخت تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم
چاه	۴	۳	۳	۹
مخزن زمینی	۱	۴	۵	۹
تاسیسات برقی	۱	۶	۵	۱

خطوط لوله	۱	۲	۳	۲
دستگاه های گندزدایی	۳	۵	۴	۶
ایستگاه های پمپاژ لوله	۲	۶	۵	۴

کاربرگ شماره ۷: نمره دهی به آسیب پذیری کاربری های اصلی تاسیسات آبرسانی مجتمع مورد مطالعه

کاربری تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم
خدمات آبرسانی	۴	۳	۴	۱۰
انبار	۱	۴	۵	۱
حفاظتی	۸	۶	۶	۱
مسکونی	۱	۴	۵	۳

در گام سوم این نتیجه حاصل شد که؛ در مجتمع آبرسانی مورد مطالعه تاسیسات آبرسانی چاه‌ها و مخازن با کسب نمره ۹ آسیب‌پذیرترین زیرساخت در مقابل تهدید بیولوژیکی و همچنین خدمات آبرسانی در مقابل تهدیدات بیولوژیکی با کسب نمره ۱۰ آسیب‌پذیرترین کاربری به شمار می‌رود.

### تجزیه و تحلیل یافته‌ها: ارزیابی خطرپذیری

چهارمین گام در فرایند ارزیابی، ارزیابی خطرپذیری برای زیرساخت‌ها است. همچنانکه پیشتر آمد ارزیابی خطرپذیری شامل تحلیل تهدید، ارزش دارایی و آسیب‌پذیری است که مقدار عددی آن از حاصل ضرب نمره تهدید، نمره ارزش دارایی و نمره آسیب‌پذیری به دست می‌آید. لذا برای تهیه ماتریس ارزیابی خطرپذیری باید برای هر زیرساخت یا کاربری سه مولفه فوق را در تهدیدهای احتمالی در نظر گرفت. ماتریس ارزیابی اولیه کاربری‌ها و زیرساخت‌ها به ترتیب در کاربرگ‌های ۸ و ۹ نمایش داده شده‌اند که بر اساس جدول شماره ۷، میزان ریسک آنها تعریف می‌شود.

جدول شماره ۷: نماد رنگی برای مقایسه مقادیر نهایی خطرپذیری

ریسک پایین (سبز)	ریسک متوسط (زرد)	ریسک بالا (قرمز)	
۱ - ۶۰	۶۱ - ۱۷۵	بیشتر از ۱۷۵	نمره نهایی ریسک

کاربرگ شماره ۸: ماتریس نمایشی ارزیابی اولیه خطرپذیری زیرساخت‌های اصلی آب

زیرساخت تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم

۶۳۰	۱۰۵	۸۴	۴۰	چاه
۱۰	۷	۷	۵	نمره ارزش دارایی
۷	۵	۴	۲	نمره تهدید
۹	۳	۳	۴	نمره آسیب پذیری
۵۰۴	۱۲۵	۶۴	۱	مخزن زمینی
۸	۵	۴	۱	نمره ارزش دارایی
۷	۵	۴	۱	نمره تهدید
۹	۵	۴	۱	نمره آسیب پذیری
۱	۲۰۰	۱۶۸	۳۶	تاسیسات برقی
۱	۸	۷	۴	نمره ارزش دارایی
۱	۵	۴	۹	نمره تهدید
۱	۵	۶	۱	نمره آسیب پذیری
۸۰	۷۵	۲۴	۳	خطوط لوله
۸	۵	۳	۱	نمره ارزش دارایی
۵	۵	۴	۳	نمره تهدید
۲	۳	۲	۱	نمره آسیب پذیری
۳۰۰	۸۰	۱۰۰	۸۴	دستگاه های گندزدایی
۱۰	۵	۵	۴	نمره ارزش دارایی
۵	۴	۴	۷	نمره تهدید
۶	۴	۵	۳	نمره آسیب پذیری
۴۸	۵۰	۹۶	۸	ایستگاه های پمپاژ
۴	۵	۴	۲	نمره ارزش دارایی
۳	۲	۴	۲	نمره تهدید
۴	۵	۶	۲	نمره آسیب پذیری

کاربرگ شماره ۹: ماتریس نمایشی ارزیابی اولیه خطرپذیری کاربری های اصلی تاسیسات آب

کاربری تاسیسات	حمله سایبری	حمله با هواپیمای کوچک	حمله با بمب دستی	حمله بیولوژیکی با کلیفرم
خدمات آبرسانی	۱۰۰	۱۲۰	۱۶۰	۸۰۰
نمره ارزش دارایی	۵	۸	۸	۱۰
نمره تهدید	۵	۵	۵	۸
نمره آسیب پذیری	۴	۳	۴	۱۰
<b>انبار</b>	<b>۱</b>	<b>۶۴</b>	<b>۱۰۰</b>	<b>۱</b>
نمره ارزش دارایی	۱	۴	۴	۱
نمره تهدید	۱	۴	۵	۱
نمره آسیب‌پذیری	۱	۴	۵	۱
<b>حفاظتی</b>	<b>۱۹۲</b>	<b>۲۵۲</b>	<b>۲۹۴</b>	<b>۱</b>
نمره ارزش دارایی	۴	۷	۷	۱
نمره تهدید	۶	۶	۷	۱
نمره آسیب‌پذیری	۸	۶	۶	۱
<b>مسکونی</b>	<b>۱</b>	<b>۳۲</b>	<b>۵۰</b>	<b>۲۴</b>
نمره ارزش دارایی	۱	۴	۵	۴
نمره تهدید	۱	۲	۲	۲
نمره آسیب‌پذیری	۱	۴	۵	۳

## نتیجه گیری و پیشنهاد

**الف - نتیجه‌گیری:** «حفاظت از زیرساخت‌ها»، از جمله مهم‌ترین تدابیر امنیتی در مدیریت بحران است که منوط به شناسایی تهدیدات، دارایی‌ها، آسیب‌پذیری‌های آنان و ارائه «ارزیابی خطرپذیری» از زیرساخت است. در این میان شرکت‌های آب و فاضلاب که مأموریت دارند امکان بهره‌برداری مستمر و پایدار از آب آشامیدنی برای همه مردم را فراهم نمایند، در مقابل هرگونه تهدید نظامی، سایبری، و زیستی آسیب‌پذیر همراه با پیامدهای متعددی هستند. بر همین اساس هدف اصلی این پژوهش «تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های آب در مقابل تهدیدات زیستی، سایبری، نظامی و امنیتی با رویکرد پدافند غیرعامل در شرکت‌های آب و فاضلاب به منظور کاهش آسیب‌پذیری، مدیریت و مقابله با تهدیدات متصور و ارتقاء امنیت و تاب‌آوری» می‌باشد. برای پاسخ به پرسش اصلی به شکل تلفیقی از روش‌های کتابخانه‌ای جهت شناسایی، دسته‌بندی

دارائی‌های، تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های متناظر با آنها در حوزه تأمین و توزیع آب استفاده گردید و نیز از روش جلسات خبرگی با حضور کارشناسان صنعت آب و نیز پدافند غیرعامل، جهت تکمیل جداول تهدیدات، آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری از طریق نمره‌دهی بهره‌گیری شده است. بدین منظور در ۴ گام، فرایند پژوهش به‌پیش رفت. ابتدا تهدیدات محتمل براساس شاخص-های ارائه شده ارزیابی و چهار تهدید؛ «سایبری»، «حمله با هواپیمای کوچک»، «حملات بیولوژیکی» و «حمله با بمب دستی» به عنوان تهدیدات پایه با بیشترین میزان نمرات انتخاب گردیدند. سپس احتمال اثر این تهدیدات بر زیرساخت‌های تاسیسات و کاربری‌های مختلف تاسیسات ارزیابی شد. در گام دوم میزان تاثیر تهدیدات پایه بر ارزش زیرساخت‌ها و کاربری‌های مختلف تاسیسات آبرسانی مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخص شد اثر تهدیدات بیولوژیکی بر کاربری خدمات آبرسانی و اثر تهدیدات بیولوژیکی بر تاسیسات چاه و گندزداها بیشترین نمره را در ارزش زیرساخت‌ها و کاربری‌های تحت تاثیر به خود اختصاص داد. در گام سوم میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و کاربری‌ها در مقابل تهدیدات پایه ارزیابی و مشخص شد؛ تاسیسات آبرسانی چاه‌ها و مخازن آسیب‌پذیرترین زیرساخت در مقابل تهدید بیولوژیکی می‌باشند. همچنین خدمات آبرسانی در مقابل تهدیدات بیولوژیکی آسیب‌پذیرترین کاربری به شمار می‌رود.

در نهایت در گام چهارم و در پاسخ به پرسش اصلی پژوهش، با استفاده از ماتریس ارزیابی خطر، مقدار عددی خطرپذیری، استخراج گردید. با عنایت به مقادیر عددی بدست آمده، بالاترین خطرپذیری در زیرساخت‌های اصلی به ترتیب تعلق دارد به: ۱-حمله بیولوژیکی به چاهها و منابع تولید آب با نمره ۶۳۰، ۲-حمله بیولوژیکی به مخازن زمینی ذخیره آب با نمره ۵۰۴، ۳-حمله بیولوژیکی به دستگاههای گندزدایی با نمره ۲۰۰، ۴-حمله با بمب دستی به تاسیسات برقی با کسب نمره ۲۰۰. همچنین بالاترین خطرپذیری در کاربری‌های اصلی آبرسانی به ترتیب تعلق گرفت به: ۱-حمله بیولوژیکی به کاربری خدمات آبرسانی با نمره ۸۰۰، ۲-حمله با بمب دستی به کاربری حفاظتی با نمره ۲۹۴، ۳-حمله با هواپیمای کوچک به کاربری حفاظتی تاسیسات با نمره ۲۵۲ و ۴-حمله سایبری به سیستمهای حفاظتی تاسیسات با نمره ۱۹۲. بدین ترتیب مشخص می‌گردد ۸ مورد خطرپذیری فوق و طبق اولویت در محدوده ریسک بالا قرار دارند.

لذا از مجموع موارد فوق نتیجه‌گیری می‌شود که تهدیدات بیولوژیکی، حمله با بمب دستی و تهدیدات سایبری در اولویت خطرپذیری زیرساخت‌های آب قرار دارند.

**ب- پیشنهاد:** با عنایت به اینکه هدف اصلی این پژوهش «تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های آب در مقابل تهدیدات زیستی، سایبری، نظامی و امنیتی با رویکرد پدافند غیرعامل در شرکت‌های آب و فاضلاب به منظور کاهش آسیب‌پذیری، مدیریت و مقابله با تهدیدات متصور و ارتقاء امنیت و تاب‌آوری» می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد اقدامات زیر جهت کاهش خطرپذیری تاسیسات آب در دستور کار قرار گیرد:

الف: تهیه طرح جامع دفاع بیولوژیک آب شرب با در نظر داشتن موارد زیر:

- ایجاد یا تقویت سامانه‌های هوشمند رصد، پایش و ارزیابی تهدیدات بیولوژیکی؛
- ایجاد سامانه امن و منسجم فرماندهی و مدیریت بحران بیولوژیکی؛
- توسعه، تعمیق و ساماندهی آموزش‌های عمومی و تخصصی پدافند بیولوژیکی آب شرب در کلیه سطوح مدیریتی، کارشناسی و بهره‌برداری؛
- ایجاد صنعت خود اتکا در حوزه آب شرب؛

ب: تهیه طرح جامع پدافند سایبری آب شرب در بردارنده موارد زیر:

- طرح‌های مقابله با حملات سایبری (راه‌اندازی تیم امداد و نجات رایانه‌ای، مدیریت بحران و ...)
- طرح تداوم خدمات و فعالیت‌های ضروری در صورت بروز بحران سایبری (به منظور حفظ کارکرد و تداوم فعالیت‌های ضروری)؛
- برگزاری آموزش‌های ارتقاء توانمندی‌ها و رزمایش‌های مختلف سایبری؛
- پایش تهدیدات و آسیب‌پذیری‌های سایبری و استخراج تهدیدات و آسیب‌پذیری‌های جدید؛

- مصون‌سازی زیرساخت‌های آبرسانی، تامین امنیت و پایداری زیرساخت‌های آبرسانی؛

ج: تهیه طرح جامع پدافند کالبدی برای مصون‌سازی در برابر تهدیدات تروریستی در بر دارنده موارد زیر:

- فرماندهی واحد در حوادث تروریستی آب شرب؛
- آمادگی در پاسخ به تهدیدات کالبدی آب شرب؛
- آمایش و مکان‌گزینی مناسب تاسیسات آبرسانی؛
- اقدامات حفاظتی سد نفوذ در مقابل تهدیدات آبرسانی؛
- اقدامات لازم جهت تداوم سلامت آب شرب؛

- د: اجرای اصول عمده پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های آبرسانی، از جمله:
- انتخاب عرصه‌های ایمن جهت تاسیسات آبرسانی؛
  - پراکندگی در توزیع محل تاسیسات آبرسانی؛
  - مکان یابی استقرار مناسب تاسیسات آبرسانی؛
  - کوچک‌سازی و ارزان‌سازی در پروژه‌های آبرسانی؛
  - موازی‌سازی سیستم‌های آبرسانی و خطوط انتقال؛
  - مقاوم‌سازی استحکامات و ایمن‌سازی سازه‌ها و تاسیسات آبرسانی؛
  - استتار و نامرئی‌سازی و اختفاء تاسیسات با استفاده از عوارض طبیعی؛



## فهرست منابع

### الف-فارسی

- اسکندری، حمید (۱۳۹۰)، *آشنایی مقدماتی با پدافند غیرعامل*، تهران: انتشارات بوستان حمید.
- اسکندری، محمد، امیدوار، بابک و توکلی، محمدصادق (۱۳۹۳)، «تحلیل خسارت شریانهای حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی بر اثر حملات هدفمند»، *دوفصلنامه مدیریت بحران*، دوره ۳، صص ۱۹-۳۰.
- الوانی، سید مهدی (۱۳۷۵)، «مدیر بحران آفرین»، *مجله کنترلر*، سال اول، شماره های ۷.
- بخشی شادمهری، فاطمه و زرقانی، سیدهادی و خوارزمی، امیدعلی (۱۳۹۵)، «تحلیل ملاحظات پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های با تاکید بر زیرساخت آب»، *تحقیقات جغرافیایی*، سال ۳۱، شماره سوم، صص ۱۰۴-۱۱۹.
- برنافر، مهدی و افرادی، کاظم (۱۳۹۳)، «اولویت‌بندی مراکز حیاتی، حساس و مهم شهر بندر انزلی و ارائه راهکارهای دفاعی از دید پدافند غیرعامل»، *تحقیقات کاربردی جغرافیا*، سال چهاردهم، شماره ۳۲.
- بیات‌آقلاقی، محسن (۱۳۹۰)، *ارزیابی ریسک: ارزیابی ریسک و راهنمای گام به گام برای کاهش پتانسیل حملات تروریستی علیه ساختمان‌ها*، تهران: شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران.
- ترکمان‌پیرمیشانی، الهام (۱۳۹۵)، «ارزیابی آسیب‌پذیری تأسیسات آبرسانی با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی شهر پرند)»، پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه پیام نور مرکز پاکدشت*.
- جدیدی، احمد (۱۳۹۵)، «پدافند غیرعامل؛ مدیریت بحران در عرصه تهدیدات دفاعی-امنیتی»، *فصلنامه مدیریت بحران*، سال هشتم، شماره ۲۸.
- جلالی، غلامرضا (۱۳۹۴)، *مقدمه‌ای بر الگوها و روش‌های تخمین خطر در پدافند غیرعامل*، تهران: دانشگاه امام حسین (ع).
- رضائی‌فرانی، علی (۱۳۹۵)، «شناسایی آسیب‌پذیری‌های منابع آب و روشهای مدیریت آنها»، پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه صنعتی اصفهان*، دانشکده کشاورزی.
- علمداری، شهرام و مشهدی، حسن (۱۳۹۱)، *روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و مدیریت بحران*، تهران: انتشارات بوستان حمید.
- صبوری‌نژاد، احمد و جمشیدی، محمد (۱۳۹۷)، «ظهور جنگ‌های هیبریدی و تأثیر آن بر راهبرد دفاعی آمریکا علیه ایران»، *آفاق امنیت*، سال یازدهم، شماره ۳۸، صص ۱۴۴-۱۶۵.

- صیادی، مصطفی (۱۳۹۶). «مدل‌سازی رفتار مخازن سطحی در صورت تزریق ناگهانی آلاینده بیولوژیکی با رویکرد پدافند غیرعامل (مطالعه موردی مخازن چاه نیمه سیستان)»، پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه زابل*، دانشکده فنی و مهندسی.
- قاسمی، فرهاد و اسماعیلی‌فرزین، ایرج (۱۳۹۶). «جنگ هیبریدی در سیستم بین‌المللی پیچیده-آشوبی»، *فصلنامه مدیریت نظامی*، سال هفدهم، شماره ۲، صص ۹۲-۵۲.
- عبدالله‌خانی، علی (۱۳۸۸). *تهدیدات امنیت ملی*، تهران: ابرار معاصر.
- کالینز، جان ام (۱۳۷۷). *استراتژی بزرگ (اصول و رویه‌ها)*، ترجمه: کورش بایندر، تهران: وزارت امور خارجه.
- مشهدی، حسن و امینی‌ورکی، سعید (۱۳۹۴). «تدوین و ارائه الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری و آنالیز ریسک زیرساخت‌های حیاتی و حساس با تأکید بر پدافند غیرعامل»، *دوفصلنامه مدیریت بحران*، شماره ۷، صص ۶۹-۸۵.
- نقیعی، مرضیه (۱۳۹۳). «برنامه‌ریزی راهبردی پدافند غیرعامل کالبد تاسیسات آبرسانی منطقه ۳ شهر یزد در حملات موشکی»، پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه یزد*.
- نخعی، جلال و بیطرفان، مهدی و جنیدی، محمد و ستاری، فرشته (۱۳۹۶). «ارزیابی ریسک سامانه های آبرسانی شهری کشور در برابر تهدیدات به روش RAMCAP»، *فصلنامه آب و فاضلاب*، دوره ۲۸، شماره ۴، صص ۱۰-۲۰.

### ب- انگلیسی

- DHS (2017). *DHS Risk Lexicon 2017 Edition*, USA Gov: Department of Homeland Security.
- FEMA 452 (2005). *Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*, Department of Homeland Security.
- Norman, T. (2010). *Risk Analysis and Security Countermeasure selection*, CRC press.
- Lee, EE & Mitchell, JE & Wallace, WA (2007). "Restoration of Services in Interdependent Infrastructure Systems: A Network Flow Approach", *IEEE Transaction on Systems Magazine*, vol. 37, pp ۱۳۰۳-۱۳۱۸.
- PSEPC (2008). *Modernization of the Emergency Preparedness Act*, Public Safety and Emergency Preparedness Canada (PSEPC)
- Rodriguez J. T, Vitoriano B, Montero J.(2011)." A general methodology for databased rule building and its application to natural disaster management", *Computers & Operations Research*, Vol 39, No ۴.

- Vinnem J. E (2011). "Evaluation of offshore emergency preparedness in view of rare accidents", *Safety Science*, Vol 49, pp 178–191.
- WHO (2009) ."Water safety plan manual (WSP manual)", Editors: **World Health Organization**; International Water Association, Available at:  
[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/publication\\_9789241562638/en](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/publication_9789241562638/en) /
- AWWA J100 (2010). "Risk and Resilience Management of Water and Wastewater Systems", *American Water Works*, Available at:  
<https://www.awwa.org/Store/Product-Details/productId/21625>