ISSN: 2645-5145; Political Spatial Planning. 2019;1(1):49-58

Components of the Contingency and Impact Severity of Human-oriented and Natural-based Threats in Urban Water Infrastructure

ARTICLE INFO

Article Type
Descriptive Study

Authors
Bakhshi Shadmehry F.[1] *MA*,
Zarghani S.H.* *PhD*,
Kharazmi O.A.[1] *PhD*

How to cite this article
Bakhshi Shadmehry F, Zarghani S H, Kharazmi O A. Components of the Contingency and Impact Severity of Human-oriented and Natural-based Threats in Urban Water Infrastructure. Political Spatial Planning. 2019;1(1):49-58.

*Geography Department, Letters & Humanities Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[1]Geography Department, Letters & Humanities Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Correspondence
Address: Geography Department, Letters & Humanities Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad, Iran
Phone: +98 (51) 38805282
Fax: +98 (51) 38807060
h-zarghani@um.ac.ir

Article History
Received: November 01, 2017
Accepted: December 06, 2017
ePublished: March 3, 2019

ABSTRACT

Aims The assessment of threats and vulnerabilities of critical infrastructure such as urban water infrastructure can, in many cases, significantly reduce vulnerabilities or minimize the consequences of a threat. The aim of this research was to evaluate the components of the contingency and impact severity of human-oriented and natural-based threats in urban water infrastructure.

Instrument & Methods In this analytical-descriptive study, a library collection method, including the study of books, research, and domestic and International articles of researchers as well as Internet search was used. The data were collected by questionnaire and analyzed by Hazop model and Friedman test, using SPSS 21 software.

Findings According to the experts, the highest scores were assigned to terrorism acts and suppression, and, ultimately, human error. The most critical type of threat was recognized as chemical attack, military attack, and drought by the Hazop model. The second threat was rocket attacks, earthquakes, and terrorism. The human error ranked next in critical threats. The military attack and drought were recognized as an unacceptable crisis and the probability of a flood, a military attack (ground) and human error were ranked one to three. The impact severity (damage) of the military attack (ground), earthquake, and chemical pollution were ranked one to three, respectively.

Conclusion The most critical types of threats are chemical pollution in urban water infrastructure, military attack, and drought and are recognized as unacceptable crisis. The probability of flood, military attack (ground), and human error are ranked one to three, and the impact severity (damage) of the military attack (ground), earthquake, and chemical pollution are ranked one to three, respectively.

Keywords Contingency; Impact Severity; Threats; Urban Water Infrastructure

CITATION LINKS

[1] State and the economical development ... [2] Tourism disaster planning and management: Response and recovery ... [3] Risk classification and uncertainty propagation for virtual water distribution ... [4] Water quantity and quality risk assessment of urban water supply systems with consideration of ... [5] A new approach to assess risk in water treatment using the belief function ... [6] Risk assessment for water infrastructure safety ... [7] Environmental justice a way to achieve national sustainable development ... [8] From civil defence to civil protection-and ... [9] Crisis management in urban ... [10] Planning for human hazards ... [11] Developing a comprehensive crisis management model with a discipline and ... [12] Crisis management: Concepts, patterns and planning methods ... [13] Executive Board of the United Nations Development ... [14] Iso 31000 risk management ... [15] Quantitative risk assessment: The scientific ... [16] Managing risk in ... [17] Providing a framework for risk ... [18] Introduction to risk management ... [19] Environmental Security and ... [20] The Law of the Fourth Development Plan of the Country ... [21] Multi-hazards risk analysis of damage in urban ... [22] Risk assessment modeling for urban water ... [23] What is the risk ... [24] Security and solutions for its supply ... [25] National security threats: A theoretical ... [26] Providing a method to assess and ... [27] National security threats ... [28] Global Risks 2012; Initiative ... [29] Analysis of vulnerability of urban water supply facilities against enemy ... [30] Preparedness of the supply system and urban water distribution networks against threats from the ... [31] Non-operating defense engineering in downstream ... [32] HAZOP hazard and operability study, department of production and quality engineering Norwegian University of ... [33] A Fuzzy model of ranking risks at petropars company's excavation of oil ... [34] GIS application in crisis management, case study ... [35] Application Guide in Survey ...

Copyright© 2019, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

مولفه‌های احتمال وقوع و شدت اثر تهدیدات انسان‌محور و طبیعت‌پایه در زیرساخت آب شهری

فاطمه بخشی شادمهری MA
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
سیدهادی زرقانی* PhD
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
امیدعلی خوارزمی PhD
گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده
اهداف: ارزیابی تهدیدات و آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی مانند زیرساخت آب شهری در بسیاری موارد می‌تواند موجب کاهش چشمگیر آسیب‌پذیری‌ها شود یا پیامدهای یک تهدید را به حداقل برساند. هدف پژوهش حاضر بررسی مولفه‌های احتمال وقوع و شدت اثر تهدیدات انسان‌محور و طبیعت‌پایه در زیرساخت آب شهری بود.
ابزار و روش‌ها: در این پژوهش تحلیلی- توصیفی، از روش جمع‌آوری اطلاعات کتابخانه‌ای شامل مطالعه کتب، تحقیقات و مقاله‌های داخلی و خارجی پژوهشگران و همچنین جست‌وجوی اینترنتی استفاده شد. جمع‌آوری داده‌ها با پرسش‌نامه، تحلیل آنها با مدل هازوپ، سپس آزمون فریدمن و نرم‌افزار SPSS 21 صورت پذیرفت.
یافته‌ها: طبق نظر کارشناسان به‌ترتیب بیشترین امتیاز مربوط به اقدامات تروریسم و فرونشست بود و در نهایت خطای انسانی قرار داشت. با مدل هازوپ بحرانی‌ترین نوع تهدید آلودگی‌های شیمیایی، حمله نظامی و خشکسالی شناخته شد. تهدید نوع دوم، حملات موشکی، زلزله و تروریسم بود. خطای انسانی هم به‌ترتیب در ردیف بعدی تهدیدات بحران‌ساز قرار داشت. حمله نظامی و خشکسالی به‌عنوان بحران غیرقابل قبول شناخته شدند و احتمال وقوع سیل، حمله نظامی (زمینی) و خطای انسانی در رتبه یک تا سه قرار گرفتند. شدت اثر (زیان وارده) حمله نظامی، زلزله و آلودگی شیمیایی به‌ترتیب در اولویت اول تا سوم بودند.
نتیجه‌گیری: بحرانی‌ترین نوع تهدیدها آلودگی‌های شیمیایی در زیرساخت آب شهری، حمله نظامی و خشکسالی هستند و به‌عنوان بحران غیرقابل قبول شناخته می‌شوند. احتمال وقوع سیل، حمله نظامی (زمینی) و خطای انسانی در رتبه یک تا سه قرار دارد و شدت اثر (زیان وارده) حمله نظامی (زمینی)، زلزله و آلودگی شیمیایی به‌ترتیب در اولویت اول تا سوم هستند.
کلیدواژه‌ها: احتمال وقوع، شدت اثر، تهدیدات، زیرساخت آب شهری

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۱۵
*نویسنده مسئول: h-zarghani@um.ac.ir

مقدمه

بحران‌شناسی بخش مهمی از فرآیند مدیریت بحران و پدافند غیرعامل را تشکیل می‌دهد، بنابراین شناخت هر چه دقیق‌تر بحران و ابعاد همه‌جانبه آن به کنترل بحران کمک شایانی می‌نماید [1].هنگام وقوع بحران معمولاً ارزش‌های اساسی یک منطقه، شهر یا کشور تهدید می‌شود که این ارزش‌های اساسی می‌تواند امنیت عمومی، رفاه شهری، جان و مال شهروندان، اموال سازمانی و مشروعیت حکومت را شامل شود[2]. همچنین بروز بحرانی با شدت بالا در شهرها منجر به ازبین‌رفتن کارآیی شبکه‌های ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارت‌های مالی خواهد شد، زیرا در حوادث طبیعت‌پایه و انسان‌ساخت معمولاً مراکز خدمات‌رسانی شهری (زیرساخت‌های حیاتی) به میزان زیادی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. با توجه به ارتباط متقابل و وابستگی عناصر و اجزای شهری به یکدیگر، آسیب‌پذیری شهری نیز دربرگیرنده تمامی عوامل موجود در یک شهر می‌شود. از کلیه دارایی‌های مهم ملی، تاسیسات زیربنایی آبی کاملاً برای انسان‌ها و موجودات حیاتی بوده و ثابت می‌کند که یکی از چالش‌برانگیزترین موارد برای افراد حرفه‌ای در بخش امنیت است. تجهیزات آب آشامیدنی شهری و منابع آبی علاوه بر آسیب از سوی مخاطرات طبیعی به‌عنوان هدف سیاسی برای تروریست‌ها و دولت‌ها از زمان‌های قبل به شمار می‌رفتند. تاسیسات و زیربناهای مرتبط با آب، از اجزای بسیاری تشکیل‌شده‌اند که باید به‌صورت جمعی کار کنند تا بتوانند به نحو مطلوبی عمل کنند. بنابراین ساختار عمومی و پیکربندی یک سیستم تامین آب معمولی، آسیب‌پذیری‌هایی به صورت پیش‌فرض نسبت به حمله دارد که لازم است مشخص شوند.

اهمیت آب و از سوی دیگر ویژگی‌هایی مانند وسعت زیرساخت و در ارتباط‌بودن کل جامعه به آن موجب می‌شود تا در برابر تهدیدات طبیعی آسیب‌پذیرتر و در تهدیدات انسانی به یک هدف عالی برای عوامل مخرب تبدیل شود. بر این اساس استفاده از مدیریت ریسک و مدیریت بحران هر یک از دارایی‌های این زیرساخت از ضرورت‌های هر کشور است. بنابراین به‌منظور برنامه‌ریزی برای مدیریت عملکرد زیرساخت آب در شرایط بحرانی مانند بروز خطرات طبیعی و انسان‌ساز لازم به بررسی پارامترهای ریسک است. *توریس* در پژوهشی میزان ریسک را متشکل از سه پارامتر احتمال وقوع بحران، شدت وقوع حادثه و آسیب‌پذیری سیستم تعریف کرده است[3]. در رابطه با ارزیابی ریسک در زیرساخت‌ها به‌خصوص زیرساخت آب پژوهش‌هایی صورت گرفته است که هر کدام با رویکردی به تحلیل ریسک پرداخته‌اند که در زیر به چند مورد مختصراً اشاره می‌شود:

در پژوهشی مدل ارزیابی ریسک سلسله‌مراتبی فازی برای آب سیستم‌های تامین (IFHRA-WSS) با رویکردی فازی برای تحلیل ریسک سیستم‌های آب شهری شامل بخش تامین، تصفیه و توزیع به‌صورت یکپارچه ارایه شده و کارآیی آن برای تحلیل ریسک سیستم‌های آب شهری شامل بخش تامین، تصفیه و توزیع به‌طور یکپارچه و کارآیی آن روی سیستم آب شرب شهر ارومیه در ایران بررسی شده است[4]. در پژوهشی دیگر میزان ریسک در تولید آب بهداشتی و تصفیه‌خانه‌ها با توجه به خصوصیات آب ورودی، مشخصات سیستم و حالات شکست آن ارزیابی شده است[5]. همچنین برای تحلیل آسیب‌پذیری‌ها، کارشناسان زیرساخت از مدل‌هایی مانند مقیاس‌پذیری یا مدل مبتنی بر تحلیل آسیب‌پذیری (MBVA) استفاده می‌کنند که یک ابزار تهیه و تحلیل گسترده‌ای از خطر و ترکیبی از تجزیه و تحلیل روش درخت خطا، روش درخت واقعی و تجزیه و تحلیل شبکه براساس اصول احتمال و به‌حداقل‌رساندن هزینه است. اولین بار این مدل در سال ۱۹۶۵ توسط *دی‌سولا* ارایه و بعدها در سال ۱۹۹۹ *آلبرت لازلو* استفاده شد. محبوبیت این مدل در این است که زیرساخت‌های حیاتی را به‌عنوان یک شبکه با گره‌ها و لینک‌های مختلف با توجه به فناوری سایبری دارایی‌ها بررسی می‌کند[6]. به اندازه کافی در ادبیات ارزیابی آسیب‌پذیری به ارزیابی کمی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی پرداخته نشده است. آسیب‌پذیری از شرایط سیستم است که آن را می‌توان با استفاده از مدل ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت (I-VAM) اندازه‌گیری کرد. در این مدل کارشناسان با ایجاد توابع ارزش و وزن هر دارایی، اقدامات حفاظتی سیستم را ارزیابی می‌کنند. از این مدل می‌توان برای تعیین کمیت آسیب‌پذیری در بخش نظارت و کنترل سیستم (SCADA) و سیستم کنترل توزیع (DCS) استفاده کرد[7]. در پژوهشی دیگر روش آسیب‌پذیری امنیتی (SVA) ارزیابی شده است که در این ارزیابی به احتمال تهدید موفق علیه تاسیسات پرداخته شده است. هدف از اجرای SVA،

شناسایی خطرات امنیتی است که به تهدید و آسیب‌پذیری تاسیسات و ارزیابی اقدامات برای حفاظت از مردم می‌پردازد. رویکرد اصلی این روش شامل جلوگیری، شناسایی، شکست و پاسخ است. براساس فرآیند SVA نتایج موفق علیه حمله تاسیسات، احتمال یک حمله موفق، تاسیسات جذاب برای حمله ومیزان آسیب‌پذیری دارایی‌ها مشخص می‌شود[6]. علاوه بر مطالعات فوق به‌منظور مدیریت و ارزیابی ریسک در بخش آب و فاضلاب و سامانه‌های آبی، در ایالات متحده از آیین‌نامه تجزیه و تحلیل خطر و مدیریت برای حفاظت از دارایی‌های بحرانی (RAMCAP) که روش تحلیل و مدیریت ریسک زیرساخت‌ها برای محافظت از سرمایه‌های حیاتی است و توسط موسسه فناوری‌های ابداعی انجمن مهندسان مکانیک ایالات متحده تدوین شده است، استفاده می‌شود. همچنین آیین‌نامه ۴۵۲ ستاد بحران ایالات متحده (FEMA 452) تهیه‌شده توسط آژانس مدیریت بحران فدرال ایالات متحده است که رابطه ضربدری مشابهی برای محاسبه ریسک به کار می‌برند. شایان ذکر است که در این آیین‌نامه‌ها به تهدیدات انسان‌ساز و عملیات خرابکارانه توجه می‌شود.

با توجه به مطالعات فوق می‌توان گفت که ارزیابی تهدیدات و آسیب‌پذیری زیرساخت آب شهری یکی از دغدغه‌های اصلی و همیشگی پژوهشگران و مسئولان حوزه امنیت و مدیریت بحران در یک کشور هستند. این موضوع چنان مهم است که در بسیاری از موارد می‌تواند موجب کاهش چشمگیر آسیب‌پذیری‌ها شود یا پیامدهای یک تهدید را به حداقل ممکن کاهش دهد. در واقع توصیف و ارزیابی ریسک در دارایی‌های زیرساخت آب شهری، چهارچوبی برای تحلیل، مدیریت بحران و مرتبط با حملات احتمالی علیه این زیرساخت حیاتی است. از آن جایی که بررسی‌های انجام‌شده حاکی از فقدان پژوهشی با پوشش بیشتر و طیف وسیع‌تر از تهدیدات متنوع انسان‌محور و طبیعت‌پایه در همه دارایی‌های نه‌گانه زیرساخت حیاتی آب شهری است، ضرورت انجام پژوهش حاضر مشخص می‌شود، زیرا با تحلیل و ارزیابی اجزای اصلی مفاهیم مختلف آسیب‌پذیری، می‌توان راهبردها و سیاست‌های مورد نیاز به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری در مواجهه با تهدیدات آینده را تدوین کرد. در واقع، این پژوهش به‌دنبال چهارچوبی برای ارزیابی صحیح و دقیق تهدیدات، آسیب‌پذیری و خطرپذیری زیرساخت آب شهری با تاکید بر احتمال و شدت تهدید است. پژوهش حاضر با هدف بررسی مولفه‌های احتمال وقوع و شدت اثر تهدیدات انسان‌محور و طبیعت‌پایه در زیرساخت آب شهری انجام شد.

مبانی نظری

بحران: بحران، رویداد یا واقعه‌ای ناگهانی همراه با آسیب‌های جانی و مادی گسترده است و به انجام اقدامات فوری نیاز دارد. این قبیل حوادث طبیعی که منجر به بروز وضعیت بحرانی در جامعه می‌شوند، حداقل به‌طور بالقوه و اغلب خطرناک، ویرانگر و کشنده هستند[8]. بحران‌ها از نظر سرعت وقوع به دو دسته ناگهانی و تدریجی و از نظر عامل نیز به دو دسته طبیعی و دست‌ساز بشر تقسیم می‌شوند.

بحران طبیعی: منشا و علل ایجادکننده آن در طبیعت و رفتارهای ناشی از واکنش و به‌فعلیت‌رسیدن برخی خطرات بالقوه طبیعی است. زلزله، سیل، آتش‌فشان، گردبادها و ۴۱ مورد حادثه شناخته‌شده دیگر در این دسته جای می‌گیرند. در واقع این بلایا در اثر عمل طبیعت رخ می‌دهند و محصول فعالیت‌های طبیعت است[9].

بحران انسان‌ساز: بحران انسان‌ساز ناشی از اقدامات انسان در زمینه‌های صنعتی، بهره‌برداری از منابع طبیعی و مسایل اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی نظیر نشست مواد رادیواکتیو، هسته‌ای، بحران‌های ناشی از فناوری، عملیات تروریستی، بحران جنگ و تخریب زیست‌محیطی است.

در بحران‌ها چهار شاخص شامل شدت حادثه، وسعت و گستره حادثه، قابل مدیریت‌بودن حادثه با منابع و امکانات موجود و اختلال نظم و امنیت جامعه وجود دارد[10]. با توجه به این که بحران، واقعیتی اجتناب‌ناپذیر در زندگی اجتماعی است، در انواع و اقسام گوناگون، همواره تاثیرات مهمی بر امنیت داشته و دارند. آنها از دیرباز جزء جدایی‌ناپذیر زندگی اجتماعی بوده‌اند و روزبه‌روز بر تعداد و تنوع آنها افزوده می‌شود. این ظهور تدریجی بحران‌ها موجب شده است تا در هر عصری بحران‌های ویژه‌ای بیشتر مد نظر قرار گیرد یعنی بحران‌هایی که محصول عصر جدید هستند. بدین ترتیب، به‌تدریج بر تعدد آنها افزوده شده است. جالب آن که بسیاری از دستاوردهای علمی و فنی بشر نیز از نظر عدم قابلیت پیش‌بینی پیامدها و عوارض به عوامل بحران‌زا تبدیل‌شده‌اند (شکل ۱)[11, 12].

ریسک: واژه دیگری که با حادثه، سانحه و بحران زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد، ریسک یا خطر است. ریسک بنا به تعریف برنامه عمران سازمان ملل متحد این طور تعریف شده است که "ریسک شامل احتمال وقوع یک بحران و در نتیجه از دست‌رفتن جان، سلامتی و مال در یک حادثه در ناحیه ویژه و در زمان معین است". در برخورد با ریسک یا خطر سه مورد شدت و بزرگی یک خطر یا حادثه، احتمال وقوع و اهمیت خطر ریسک برای جامعه مورد نظر (آسیب‌پذیری) قابل توجه بوده و باید مشخص شود (شکل ۲) [13, 14].

احتمال وقوع: براساس علم آمار، هر رویداد غیرقطعی، می‌تواند با احتمال خاصی رخ دهد. این احتمال وقوع، به دو روش قابل تفسیر است. در روش اول، به‌منزله فراوانی نسبی رویداد تفسیر شده و در روش دوم، همان سنجش ذهنی از عدم قطعیت‌ها درباره پیشامدها و پیامد آنها در آینده است که از طریق مشاهده یا دانش و تجارب ارزیابی‌کننده مشخص می‌شود[15]. در عمل معمولاً سه روش برای تخمین احتمال وقوع هر پیشامد به کار برده می‌شود. در مواردی مانند پرتاب سکه با محاسبات ریاضی می‌توان احتمال وقوع هر وضعیت را به دست آورد (احتمال کلاسیک). در سایر موارد که مساله به این سادگی نیست، می‌توان از اطلاعات و تجارب گذشته که البته باید تا حد قابل قبول مشابه وضعیت حاضر باشند، استفاده کرد (احتمال تکرارشونده). برای محاسبه احتمال وقوع اتفاقی که به‌ندرت رخ می‌دهد، نه روش محاسبات ریاضی جوابگو است و نه اطلاعات ثبت‌شده کافی در دسترس است. در این حالت راهی جز اتکا به قضاوت متخصصان و اهل فن وجود ندارد (احتمال بر پایه دانش یا ذهنی)[16].

شدت اثر: شدت اثر به‌منزله دومین عامل ریسک، به‌معنی میزان تاثیری که یک ریسک در صورت وقوع می‌تواند روی یک یا چند مورد از اهداف پروژه داشته باشد، تعریف شده است. این شدت به‌صورت توصیفی (مانند خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) یا به‌صورت کمی بیان می‌شود[17].

مدیریت ریسک: مدیریت ریسک به‌عنوان تحلیل فرآیندی که انتخاب، اجرا و ارزیابی برای کاهش خطر و فرآیند شناسایی، ارزیابی، انتخاب و انجام اقدامات برای کاهش خطر مربوط

به‌سلامت انسان و اکوسیستم است، تعریف شده است. کنگره کمیسیون ارزیابی ریسک و مدیریت خطر در سال ۱۹۹۷ آن را به‌عنوان یک فرآیند تصمیم‌گیری تعریف می‌کند[18] که ملاحظات مربوط به عوامل سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و فنی با اطلاعات ارزیابی ریسک مناسب مربوط به یک خطر به‌طوری که برای توسعه، تجزیه و تحلیل، مقایسه گزینه‌های نظارتی و غیرقانونی و برای انتخاب و پیاده‌سازی پاسخ مطلوب برای ایمنی از خطر است (شکل ۳)[19, 20].

تحلیل ریسک در دارایی‌های حیاتی، رویکردی سیستماتیک است که از قابلیت دانش‌ها و مهارت‌های چندگانه به‌منظور تحلیل آسیب‌پذیری جامع تاسیسات و دارایی‌ها برخوردار است. همچنین تحلیل ریسک این دارایی‌ها، ابزاری مدیریتی در دست مدیران بحران برای تصمیم‌گیری به‌منظور بررسی شیوه‌های اقدام متقابل در مواجهه با تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های احتمالی است[21]. مدیریت ریسک در زیرساخت آب بیشتر در دارایی‌های شبکه توزیع آب شهری است. استفاده از ارزیابی ریسک سیستم‌های توزیع آب شهری در دهه ۱۹۷۰ آغاز شده است. در طول تاریخ ۳۰ساله، مطالعات ارزیابی ریسک توزیع آب شهری سیستم روی بلایای طبیعی مانند خشک‌سالی، رانش زمین، سیل و زلزله متمرکز شده است و اقدامات تروریستی و خرابکارانه به‌ندرت در برنامه‌های ارزیابی ریسک گنجانده می‌شود. اما پس از حادثه ۱۱ سپتامبر کشورهای تروریست و خطر آن را برای امنیت آب شهر به‌عنوان یک تهدید بالقوه و نابودی زیرساخت به رسمیت شناختند. بنابراین لازم است تامین آب، عملیات و مدیریت سیستم‌های توزیع آب شهری متمرکز شوند (شکل ۴)[6, 22].

به‌طور کلی برای ارزیابی ریسک در یک سامانه تامین آب باید به سه سئوال اساسی شامل این که چه پدیده نامطلوبی ممکن است در سامانه رخ دهد؟ احتمال به وقوع پیوستن این پدیده چقدر هست؟ و وقوع این پدیده چه پیامدهایی بر سامانه خواهد داشت؟ پاسخ داده شود. پاسخ این سئوالات به شناسایی، کمی‌نمودن، ارزیابی ریسک‌ها و پیامدهای آنها در سامانه تامین آب کمک شایانی خواهد نمود (شکل ۵)[23].

به‌طور کلی عناصر و اجزای زیرساخت آب با تهدیدات بسیاری روبه‌رو است که می‌توان با اصول مدیریت ریسک، مدیریت بحران و پدافند غیرعامل از آنها پیشگیری کرد و همچنین آنها را کاهش داد.

تهدیدات: در منابع مختلف تعاریف متعددی از تهدید بیان شده است که تعدادی از آنها به‌صورت زیر بیان شده است:

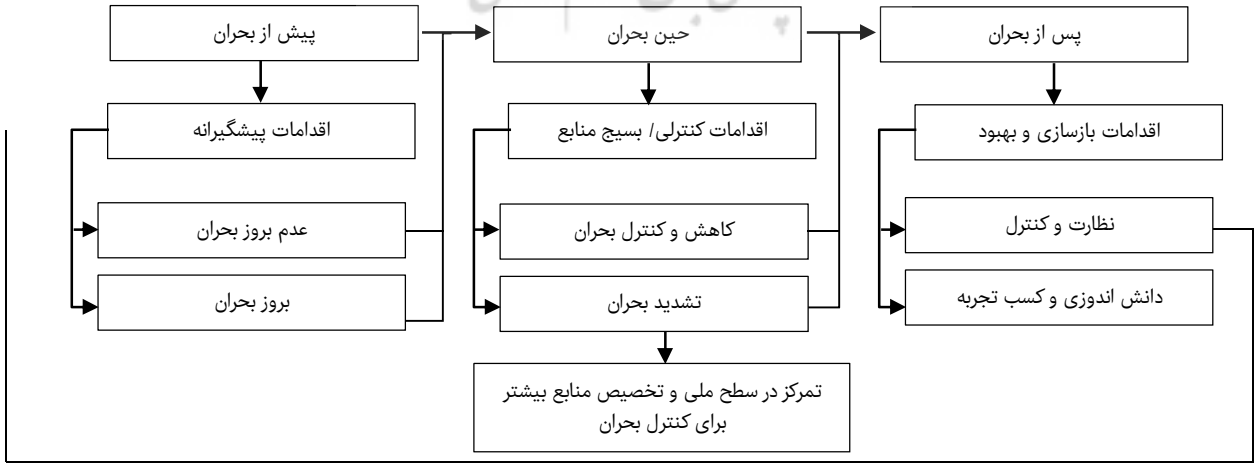
۱- در لغت تهدید را با خطر، بحران و ریسک مترادف می‌دانند، اما در تعریف، تهدید را هر گونه نارسایی در اجزای سامانه می‌دانند که سبب اختلال یا توقف کار سامانه می‌شود[24].

۲- مجموعه اقداماتی که توسط کشور یا کشورهایی با جریانات معاند صورت گیرد تا از توسعه در داخل کشور یا سطح بین‌المللی جلوگیری یا آنها را محدود ساخته یا در معرض آسیب قرار دهد و در نتیجه امنیت ملی را تهدید نماید (شکل ۶)[25, 26].

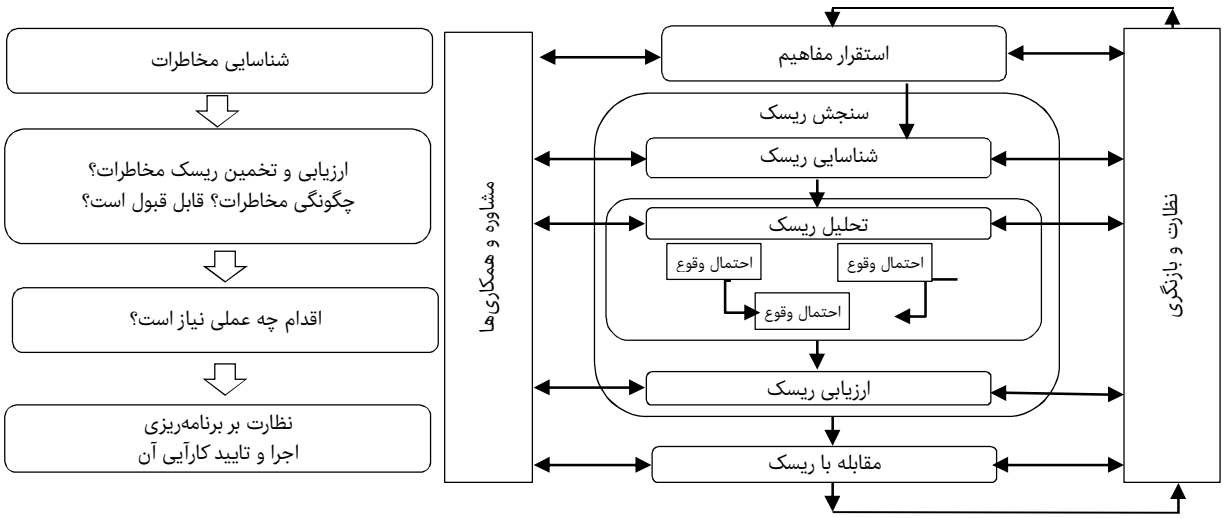
تهدیدات براساس ماهیت از نگاه منشا بروز تهدید به دو دسته تهدیدات طبیعی، تهدیدات غیرطبیعی (انسان‌ساز) تقسیم شده است. تهدیدات غیرطبیعی به مخاطرات انسان‌ساز تصادفی و عمدی تقسیم می‌شود. مخاطرات انسان‌ساز عمدی مانند تروریسم (شیمیایی، میکروبی، جنگ و شورش) و مخاطرات انسان‌ساز تصادفی مانند انفجار، ریزش ساختمان، آلودگی محیط‌زیست و غیره است[27]. انجمن اقتصادی جهان در زوریخ در سال ۲۰۱۲، گزارشی را تحت عنوان ریسک‌های جهانی منتشر کرد که به شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها در پنج گروه زیر می‌پردازد (شکل ۷)[28].

تاسیسات آب‌رسانی شهری: تاسیسات آب‌رسانی شهری شامل تاسیسات مربوط به برداشت آب از چاه‌ها، چشمه‌ها، رودخانه‌ها یا دریاچه‌ها، تاسیسات تصفیه آب، تاسیسات ذخیره آب و ایجاد فشار در شبکه و شبکه پخش آب در شهر هستند (شکل ۸)[29, 30].

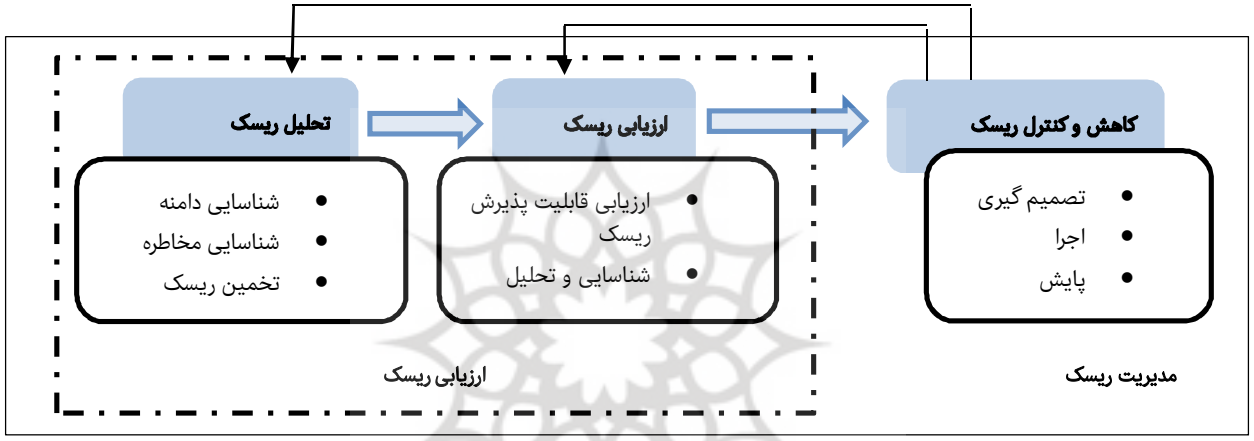
وظیفه تاسیسات آب‌رسانی، تامین آب مورد نیاز مردم شهر، تامین آب سیستم‌های بهداشتی، تامین آب کارخانه‌های کوچک و بزرگ، تامین آب آتش‌نشانی و سایر مراکز است. یک شبکه آب‌رسانی شهری باید قادر باشد وظایف و نیازهای آبی نام‌برده و نظایر آنها را از نظر کیفی (خواص فیزیکی و شیمیایی آب) و از نظر کمی (دبی و فشار آب) برابر استانداردهای موجود و در بدترین شرایط زمانی، مکانی و اضطراری به‌خوبی انجام دهد[31]. سیستم آب‌رسانی شهرها با استقرار تصفیه‌خانه‌ها و مخازن آب در داخل شهرها صورت می‌گیرد. این تاسیسات بسیار حیاتی و حساس هستند و در مقابل حملات نظامی سیار آسیب‌پذیرند. مخازن آب به‌دلیل شرایط توپوگرافی بستر شهری یا تنظیم فشار مناسب برای جریان آب، در ارتفاعی بالاتر از سطح ساخته می‌شوند که به‌عنوان هدف به‌راحتی قابل شناسایی بوده و از جمله کانون‌های آسیب‌پذیری در بافت‌های شهری محسوب می‌شوند.



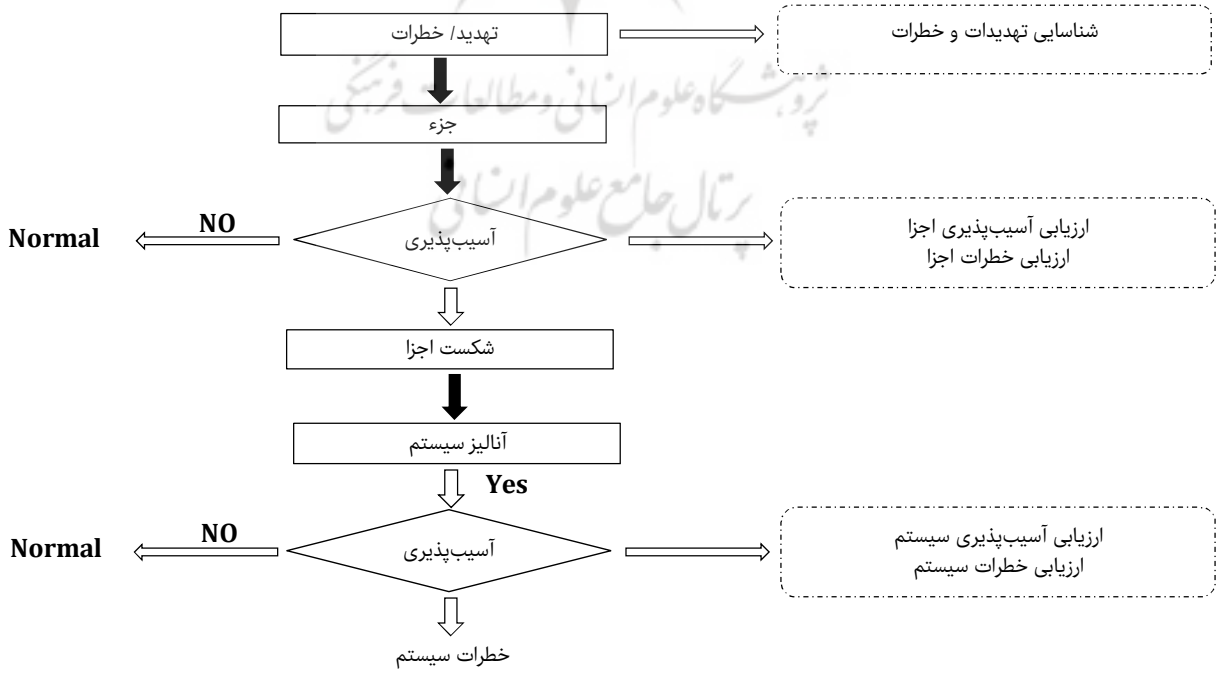
شکل ۱) مراحل فرآیند مدیریت بحران



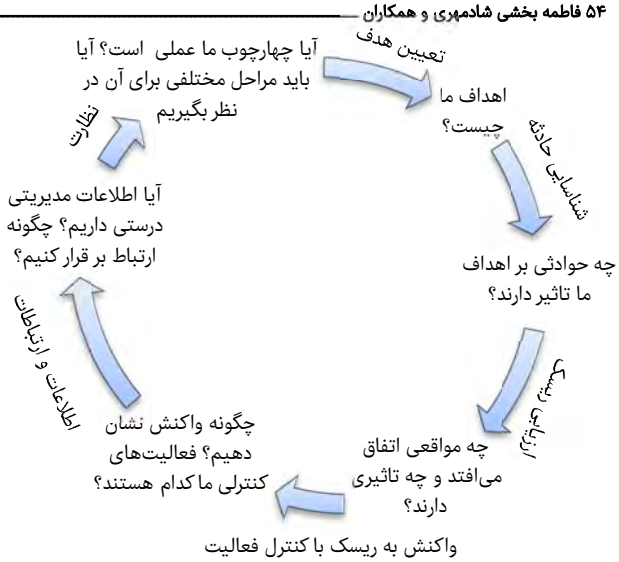
شکل ۲) جایگاه تحلیل ریسک در فرآیند مدیریت ریسک و اجزای آن (ماتریس ریسک)



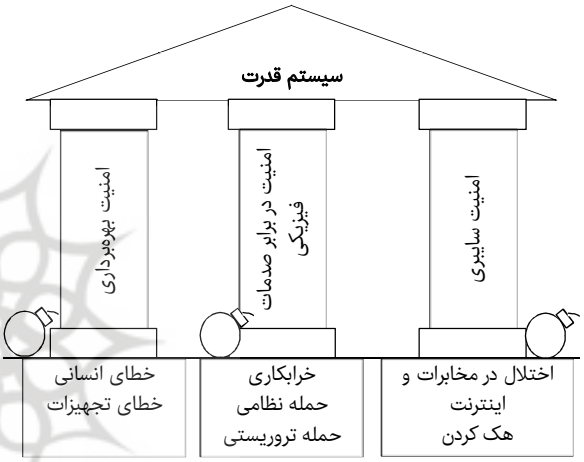
شکل ۳) چهارچوب مدیریت ریسک



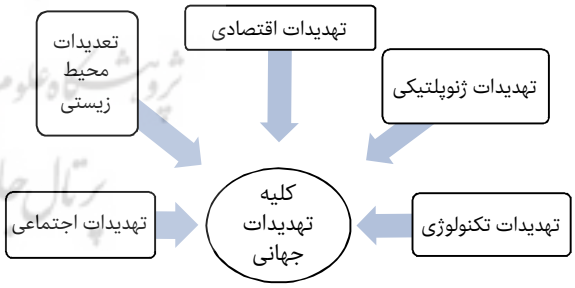
شکل ۴) روش ارزیابی ریسک در سیستم تامین آب



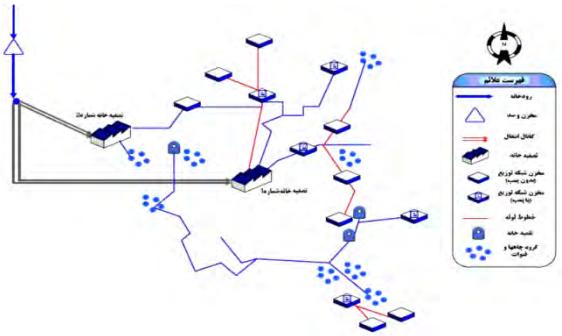
شکل ۵) فرآیند شناسایی ریسک



شکل ۶) ابعاد مساله امنیت سامانه قدرت



شکل ۷) دسته‌بندی تهدیدات از منظر انجمن اقتصادی جهانی



شکل ۸) نمونه سیستم تامین و توزیع آب شهری

ابزار و روش‌ها

پژوهش حاضر براساس روش و ماهیت توصیفی- تحلیلی و بر مبنای هدف کاربردی است. برای روشن‌شدن مباحث نظری پژوهش و شناخت تهدیدات در زمینه ادبیات پژوهش از روش جمع‌آوری اطلاعات کتابخانه‌ای شامل مطالعه کتب، تحقیقات و مقاله‌های داخلی و خارجی پژوهشگران و همچنین جست‌وجوی اینترنتی استفاده شد. در بخش مطالعات میدانی، با توجه به تخصصی‌بودن موضوع از نظرات کارشناسان دو حوزه مدیریت بحران و پدافند غیرعامل و آشنا به مفاهیم تهدید، خطرپذیری، ریسک و مباحث امنیتی در حوزه زیرساخت‌های شهری و به‌ویژه زیرساخت آب شهری بهره برده شد.

با توجه به تعداد محدود صاحب‌نظران مبحث مدیریت ریسک و ارزیابی امنیتی در زیرساخت‌های شهری، جامعه آماری محدود بود و بنابراین، در نهایت پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده ۴۰ نفر از صاحب‌نظران ملاک ارزیابی قرار گرفت. تعداد سئوالات این پرسش‌نامه ۲۶سئوال بود و امتیازدهی به‌صورت طیف لیکرت (احتمال وقوع خیلی کم تا خیلی زیاد و زیان وارده از کم تا مهلک) بود. آلفای کرونباخ به‌دست‌آمده به‌کمک نرم‌افزار SPSS 21، ۰/۸۳۴ بود. از آنجایی که عدد به‌دست‌آمده بزرگ‌تر از ۰/۷ بود، اعتبار یا پایایی پرسش‌نامه تایید شد و روایی آن نیز با قضاوت کارشناسان و پوشش کامل مبانی نظری موردبررسی قرار گرفت.

هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری زیرساخت آب شهری با دو مولفه احتمال وقوع و شدت اثر بود که به‌منظور دستیابی به این هدف ابتدا از بین طیف وسیع تهدیدات، ده تهدید که دارایی‌های زیرساخت آب را مورد هدف قرار می‌دهند، شناسایی شد (اقدامات تروریستی، حملات هوایی- موشکی، حمله سایبری، حمله نظامی، خطای انسانی، آلودگی شیمیایی، فرونشست، زلزله، خشک‌سالی و سیل). در گام بعد با استفاده از مدل هازوپ (Haozp) بحرانی‌ترین نوع تهدیدات شناخته و در پایان با به‌کارگیری آزمون فریدمن در دو مولفه احتمال وقوع و شدت اثر (زیان وارده)، اولویت‌ها شناسایی شد.

مدل هازوپ: مدل هازوپ یک تکنیک شناسایی خطرات فرآیند و تعیین اثرات آنها روی سیستم این مدل و یک روش ساختاریافته و سیستماتیک برای معاینه سیستم و مدیریت ریسک است و اغلب به‌عنوان تکنیکی برای شناسایی خطرات بالقوه در یک سیستم و شناسایی مشکلات عملکردی با احتمال زیاد به کار برده می‌شود[32]. این مدل را می‌توان در کلیه مراحل عمر یک سیستم انجام داد، ولی در مرحله طراحی بسیار مفیدتر خواهد بود. این روش به‌آسانی قسمتی از رویکرد مدیریت ریسک سرتاسری همراه با شناسایی مخاطره، ارزیابی ریسک و کنترل خسارت را تشکیل می‌دهد. بنابراین قدم اول برای اجرای مدل هازوپ شناسایی نوع تهدید است که شامل فرآیند منظمی با هدف بهبود مدیریت ریسک است. پس از شناسایی انواع تهدیدات مراحل مدل هازوپ انجام شد. پس از ایجاد جدول اصلی، ارزش‌دهی ستون‌های مختلف آن صورت گرفت (جدول ۳-۱). در قسمت زیر، به‌صورت مختصر دو متغیر مورد تاکید در پژوهش حاضر، تعریف شده است:

پارامتر تعیین احتمال وقوع تهدیدها: پارامتر تعیین احتمال وقوع تهدیدها: پارامتر تعیین احتمال وقوع تهدیدها شامل درجه احتمال وقوع ریسک شناسایی شده را در آینده[33] نوع فعالیت و ارتباط آن با حادثه احتمالی و خطرپذیری مشخص است.

پارامتر تعیین آسیب‌پذیری (زیان وارده): پارامتر تعیین آسیب‌پذیری شامل تهدید جانی، خسارت مالی، لطمه به اعتماد

عمومی، قطع شریان‌های حیاتی و خسارت به محیط‌زیست است[34].

جدول ۱) طبقه‌بندی شدت حادثه و احتمال وقوع خطر

نوع خطر/ تعریف	سطح
فاجعه بار: مرگ‌ومیر و آسیب‌های شدید مالی یا ازبین‌رفتن سیستم	۱
بحرانی: مرگ‌ومیر جراحات آسیب شدید به اموال، آسیب‌های وارده به سیستم شدید است.	۲
مرزی: جراحات و از بین‌رفتن جزیی اموال، آسیب های وارده به سیستم کوچک است.	۳
جزیی: خسارات مالی، آسیب‌های وارده به سیستم خیلی کوچک است.	٤
احتمال وقوع خطر	
مکرر: به‌طور مکرر رخ می‌دهد.	A
محتمل: در طول عمر سیستم، چندین بار رخ می‌دهد.	B
گاه‌به‌گاه: گاهی رخ می‌دهد.	C
خیلی کم: احتمال وقوع کم است.	D
غیرمحتمل: خیلی کم رخ می‌دهد.	E

جدول ۲) ماتریس ارزیابی ریسک

احتمال وقوع	فاجعه بار	بحرانی	مرزی	جزیی
مکرر	A1	A2	A3	A4
محتمل	B1	B2	B3	B4
گاه‌به‌گاه	C1	C2	C3	C4
خیلی کم	D1	D2	D3	D4
غیرمحتمل	E1	E2	E3	E4

جدول ۳) معیارهای تصمیم‌گیری براساس شاخص ریسک

معیار ریسک	طبقه‌بندی ریسک
غیرقابل قبول	A1,B1,C1,A2,B2,B3
نامطلوب	D1,C2,2D3
نسبتاً نامطلوب	B3,C3,D3
نسبتاً قابل قبول ولی نیاز به تجدید نظر	E1,E2,E3
قابل قبول ولی نیاز به تجدید نظر	A4,B4,D4
قابل قبول بدون نیاز به تجدید نظر	C4,D4,E4

مراحل انجام پژوهش به‌ترتیب گام اول، وزن‌دهی معیارها (تهدیدات)، گام دوم، پیاده‌سازی مدل هازوپ و گام سوم، سنجش دو متغیر احتمال وقوع و زیان وارده بودند.

آزمون فریدمن که به آزمون تحلیل واریانس دوطرفه معروف است، زمانی به کار می‌رود که مقیاس اندازه‌گیری، حداقل در سطح سنجش ترتیبی باشد. این آزمون برای تجزیه واریانس دوطرفه (داده‌های ناپارامتری) از طریق رتبه‌بندی و همچنین مقایسه میانگین رتبه‌بندی گروه‌های مختلف به کار می‌رود[35]. با استفاده از این آزمون دو متغیر احتمال وقوع و زیان وارده برای تک‌تک تهدیدات سنجیده و اولویت‌بندی شد (جدول۴ و ۵).

جدول ۴) میانگین آماری احتمال وقوع و زیان وارده هر تهدید در زیرساخت آب شهری

نوع تهدید	احتمال وقوع	زیان وارده
اقدامات تروریستی	۲/۸۰±۱/۳۲	۳/۲۳±۱/۲۵
حملات موشکی	۲/۸۰±۱/۲٦	۳/۲۵±۱/۲۰
خطای انسانی	۳/۳۰±۰/۸۲	۳/۱۳±۱/۰۵
فرونشست	۲/۹۳±۱/۱۹	۳/۱۰±۱/۰۷
تروریست سایبری	۲/۹۳±۱/۱۲	۲/۹۸±۱/۱٤
سیل	۳/۵۰±۱/۳٤	۳/٤۸±۱/۱۳
خشکسالی	۳/۵۰±۱/۳۳	۳/۲۸±۱/۱٦
زلزله	۲/٦۸±۱/۰۵	۳/۳۵±۱/۳۲
حمله نظامی	۳/۱۳±۱/۳٤	۳/۲٤±۱/٤۱
آلودگی شیمیایی	۳/۰۲±۱/۲۲	۳/٤۵±۱/۲٤

جدول ۵) آزمون فریدمن دارایی احتمال وقوع و زیان وارده هر تهدید (p=۰/۰۰۰۱)

نوع تهدید	میانگین رتبه احتمال وقوع	رتبه	میانگین رتبه زیان وارده	رتبه
اقدامات تروریستی	٦/۱٦	۹	۷/۲۸	٤
حملات موشکی	٦/٤۳	۸	٦/۹۸	٦
خطای انسانی	۷/۷۰	۳	٦/۱٦	۸
زلزله	٦/٤۵	۷	۸/۰۱	۲
حمله سایبری به SCADA	٦/۵۸	٦	۵/٦۹	۱۰
سیل	۸/۷٦	۱	٦/۹۵	۷
خشکسالی	۷/۰۵	٤	۷/۲۰	۵
فرونشست زمین	۵/۵۳	۱۰	۵/۷٤	۹
حمله نظامی	۷/۷۰	۲	۸/٦۱	۱
آلودگی شیمیایی	٦/٦٤	۵	۷/٤٦	۳

برای تحلیل داده‌ها از مدل هازوپ و آزمون فریدمن در نرم‌افزار SPSS 21 استفاده و نتایج مربوط به اثرگذاری هر متغیر بر دارایی‌ها کسب شد.

یافته‌ها

طبق نظر کارشناسان، اقدامات تروریسم و فرونشست به ترتیب با ۵/۰۰±۰/۰۰ و ۴/۹۰±۰/۳۰ بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند و در نهایت خطای انسانی قرار دارد (جدول ۶).

با مدیریت ریسک می‌توان از خسارات جانی و مالی تهدیدات انسان‌محور کم کرد که با توجه به نوع تهدید، نتایج حاصله از این اقدامات نیز تغییر می‌کند. بحرانی‌ترین نوع تهدید آلودگی‌های شیمیایی، حمله نظامی و خشکسالی شناخته شد (جدول ۷) و تهدید نوع دوم، حملات موشکی، زلزله و تروریسم بود.

خطای انسانی هم به‌ترتیب در ردیف بعدی تهدیدات بحران‌ساز قرار داشت که با مدیریت صحیح و به‌موقع این نوع تهدیدات می‌توان خسارات فاجعه‌بار آنها را تا حدود زیادی کاهش داد و به پایداری و سلامت زیرساخت آب شهری امیدوار بود (جدول ۷ و ۸).

حمله نظامی و خشکسالی به‌عنوان بحران غیرقابل قبول شناخته شد و احتمال وقوع سیل، حمله نظامی (زمینی) و خطای انسانی در رتبه یک تا سه قرار گرفت (جدول ۷). شدت اثر (زیان وارده) حمله نظامی (زمینی)، زلزله و آلودگی شیمیایی به‌ترتیب در اولویت اول تا سوم بودند (جدول ۴ و ۷). میزان احتمال وقوع تهدید سیل و خشکسالی در زیرساخت آب شهری بیشترین بود (جدول ۷ و ۴).

تاثیر هر تهدید بر دارایی‌های زیرساخت آب متفاوت بود که میزان آسیب پذیری دارایی‌ها نسبت به تهدیدات مورد بررسی ارایه شد (نمودار ۱).

جدول ۶) میانگین آماری تهدیدات به‌منظور ارزیابی و مدیریت ریسک در بحران‌های انسان‌ساخت و طبیعت‌پایه

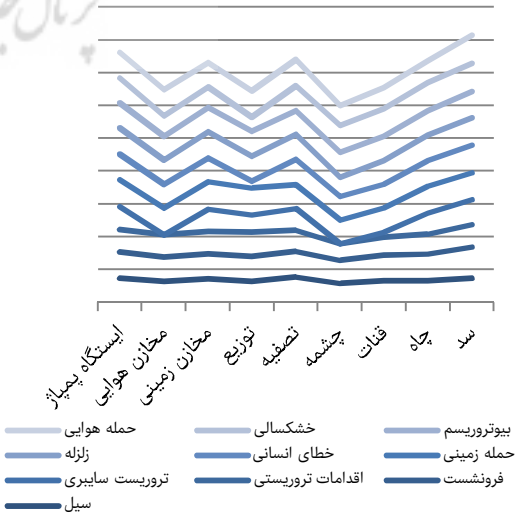
نوع تهدید	میانگین آماری
آلودگی شیمیایی	٤/۲۰±۰/۹۷
حمله نظامی	۲/٤۰±۱/۳۷
زلزله	۲/۷۰±۱/۰٤
خشکسالی	۲/۸۰±۱/۳۳
سیل	۳/۰۰±۱/۲۲
تروریست سایبری	۳/۳۰±۱/۱٤
فرونشست	٤/۹۰±۰/۳۰
خطای انسانی	۲/۰۰±۱/۳۰
حملات موشکی	۳/٤۰±۱/۲۲
اقدامات تروریستی	۵/۰۰±۰/۰۰

جدول ۷) طبقه‌بندی شدت حادثه و احتمال وقوع خطر در دارایی‌های زیرساخت آب شهری

نوع تهدید	شدت حادثه	سطح ریسک
اقدامات تروریستی	۲	C
حملات موشکی	۲	D
خطای انسانی	٤	D
فرونشست	۳	B
تروریست سایبری	۳	C
سیل	۳	B
خشکسالی	۲	A
زلزله	۲	C
حمله نظامی	۲	B
آلودگی شیمیایی	۱	B

جدول ۸) تشریح بحران‌های انسان‌ساخت در شهر تهران با استفاده از مدل هازوپ

نوع تهدید	نوع بحران	اثرات بحران	سطح ریسک	معیار تصمیم‌گیری
اقدامات تروریستی	فاجعه‌بار	از بین‌رفتن دارایی‌ها و کشته‌شدن نسبتاً وسیع انسان‌ها	2C	نامطلوب
حملات موشکی	وخیم	آسیب شدید به اموال	2D	نامطلوب
خطای انسانی	خفیف	خسارات مالی و آسیب های وارده به سیستم خیلی	4D	قابل قبول ولی با نیاز به تجدید
فرونشست	نسبتاً جدی	اختلال وسیع	3B	نسبتاً نامطلوب
تروریست سایبری	جدی	اختلال وسیع و طولانی‌مدت	3C	نسبتاً نامطلوب
سیل	نسبتاً جدی	اختلال وسیع	3B	نسبتاً نامطلوب
خشکسالی	وخیم	آسیب‌های وارده به سیستم شدید	2A	غیرقابل قبول
زلزله	فاجعه‌بار	از بین‌رفتن دارایی‌ها و کشته‌شدن نسبتاً وسیع انسان‌ها	2C	نامطلوب
حمله نظامی	فاجعه‌بار	مرگ‌ومیر، جراحات، آسیب شدید به اموال، آسیب های شدید	2B	غیرقابل قبول
آلودگی شیمیایی	فاجعه‌بار	مرگ‌ومیر و آسیب‌های شدید مالی یا از بین‌رفتن سیستم	1B	غیرقابل قبول



نمودار ۱) میزان آسیب‌پذیری دارایی‌های زیرساخت آب در برابر تهدیدات

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی مولفه‌های احتمال وقوع و شدت اثر تهدیدات انسان‌محور و طبیعت‌پایه در زیرساخت آب شهری انجام شد. ابتدا براساس نظر کارشناسان و با استفاده از امتیازات هر تهدید مشخص شد که اقدامات تروریسم و فرونشست به‌ترتیب ۵ و ۴/۹ بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد و درنهایت خطای انسانی قرار داشت. سپس در مرحله بعد به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌رسانی و اثرات آن در دارایی‌های زیرساخت آب شهری از مدل هازوپ استفاده شد. بنابراین با توجه به ۱۰ نوع تهدید اصلی (اقدامات تروریستی، حملات هوایی- موشکی، حمله سایبری، حمله نظامی، خطای انسانی، آلودگی شیمیایی، فرونشست، زلزله، خشکسالی و سیل) و براساس نظر افراد متخصص در این زمینه به طبقه‌بندی شدت و احتمال تهدیدات زیرساخت آب پرداخته شد که بعد از انجام تجزیه و تحلیل‌ها در مدل هازوپ مشخص شد با مدیریت ریسک می‌توان از خسارات جانی و مالی تهدیدات انسان‌محور کاست که با توجه به نوع تهدید نتایج حاصله از این اقدامات نیز تغییر می‌کند. بحرانی‌ترین نوع تهدید آلودگی‌های شیمیایی، حمله نظامی و خشکسالی شناخته شد که به‌عنوان بحران غیرقابل قبول نشانگر این است که در صورت وقوع چنین بحرانی، خسارات غیرقابل جبران جانی و مالی به دارایی‌های زیرساخت آب شهری وارد می‌شود و امکان براندازی دارایی از دارایی‌های نه‌گانه زیرساخت آب شهری هم وجود داشت. ولی با مدیریت این نوع ریسک با رویکرد مدیریت بحران و پدافند غیرعامل می‌توان خسارات این نوع بحران را تا حدودی کنترل کرد و آن را به‌عنوان بحران نامطلوب در نظر گرفت. در نتیجه آن خسارات نسبتاً غیرقابل جبران جانی و مالی به سیستم وارد می‌شود، بنابراین می‌توان با کنترل تهدیدات تا حدودی از خسارات وارده کاست و از براندازی دارایی‌های زیرساخت آب جلوگیری کرد. البته ناگفته نماند که این نوع ریسک همچنان به‌عنوان بدترین نوع تهدید انسان‌ساخت شناخته می‌شود. تهدید نوع دوم، حملات موشکی، زلزله و تروریسم بود که تهدید تروریسم را هم می‌توان از بدترین نوع تهدیدات برای محیط‌های شهری دانست، زیرا تروریسم هم به‌عنوان یک نوع ریسک نامطلوب، خسارات نسبتاً غیرقابل جبران جانی و مالی به سیستم وارد می‌آورد که در صورت عدم مدیریت، علاوه بر خسارات جانی و مالی، در بعضی مواقع نیز امکان براندازی سیستم وجود دارد. فرونشست، تروریست سایبری، سیل و خطای انسانی هم به‌ترتیب در ردیف بعدی تهدیدات بحران‌ساز قرار دارند که با مدیریت صحیح و به‌موقع این نوع تهدیدات می‌توان از خسارات فاجعه‌بار آنها تا حدود زیادی کاست و به پایداری و سلامت زیرساخت آب شهری امیدوار بود.

محیط انسانی متاثر از مسایل و مخاطرات محیطی است که گاهی به‌وسیله عامل انسانی نیز تشدید می‌شود و زمان وقوع بحران دچار آسیب‌های اساسی می‌شوند. همچنین، سیستم‌های خدماتی در جامعه شهری که کارکرد آنها روی یکدیگر اثر متقابل دارند و زندگی شهری به آنها وابسته است، مختل می‌شوند. با گسترش جامعه (شهری) به‌تدریج نیاز به کاهش‌دادن مخاطرات، اطمینان در ارتباط با کنترل ریسک مخاطرات و دیگر اقدامات مهم و مدیریتی برای تهیه برنامه‌ها و پیگیری طرح‌های بازدارنده از بروز آسیب‌پذیری‌های بیشتر، افزایش یافته است. بنابراین تعمق در شناخت عوامل آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی دقیق، ارایه راه‌حل‌های سازنده و پیشنهادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. هنگام تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی صحیح در برابر بحران‌ها، مدیریت ریسک

یا ارزیابی ریسک که از مهم‌ترین مباحث مدیریت بحران است، اهمیت می‌یابد. مدیریت ریسک بحران‌ها را بر مبنای دو عامل اصلی احتمال وقوع و آسیب‌پذیری (زیان وارده) آنها می‌توان دسته‌بندی کرد. چرا که ارزیابی ریسک شامل بررسی نوع آسیب‌پذیری اموال و دارایی‌ها در مقابل تهدیدات بالفعل برای تعیین درجه و ریسک هر کدام از دارایی‌های مهم است. به همین منظور بررسی و شناخت وضع موجود به‌عنوان یکی از اصول مقدماتی برنامه‌ریزی شهری مطرح است که در صورت عدم آگاهی و احاطه بر شرایط و وضعیت موجود، برنامه‌ریزی برای آینده با نقصان روبه‌رو خواهد شد. از آن جایی که هدف این پژوهش، مدیریت ریسک در بحران‌های انسان‌محور و طبیعت‌پایه زیرساخت آب شهری با رویکرد ارزیابی ریسک است، در این مطالعه، با توجه به پیشینه پژوهش و تهیه و توزیع پرسش‌نامه بین خبرگان این حوزه، ۱۰ مورد از تهدیدات انسان‌محور و طبیعت‌پایه، شناسایی و وزن‌دهی شدند و آسیب‌رسانی این تهدیدات براساس دو متغیر احتمال وقوع و زیان وارده مورد تحلیل قرار گرفت. ابتدا با توجه به نتایج مدل هازوپ که خسارات تهدیدات را قبل از مدیریت ریسک پیش‌بینی می‌کند و براساس این مدل تهدیدات آلودگی‌های شیمیایی، حمله نظامی و خشکسالی به‌عنوان بحران غیرقابل قبول شناخته شد که در صورت وقوع، خسارات غیرقابل‌جبران جانی و مالی به دارایی‌های زیرساخت آب شهری به‌خصوص در بخش تامین آب به بار می‌آورد. همچنین حملات موشکی، زلزله و تروریسم به‌عنوان ریسک نامطلوب با خسارات نسبتاً غیرقابل‌جبران جانی شناخته شد. در مرحله بعد برای دقت بالا در آسیب‌رسانی تهدیدات، هر مولفه به تفکیک با روش آماری فریدمن بررسی شد که مولفه احتمال وقوع سیل، حمله نظامی (زمینی) و خطای انسانی در رتبه یک تا سه قرار گرفتند و مولفه شدت اثر (زیان وارده) حمله نظامی (زمینی)، زلزله و آلودگی شیمیایی به‌ترتیب در اولویت اول تا سوم بودند.

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان پیشنهاداتی از قبیل شناسایی و بررسی دارایی‌ها به‌صورت جداگانه براساس تهدیدات در هنگام ارزیابی ریسک در هر زیرساخت حیاتی، جمع‌آوری و تهیه بانک اطلاعاتی از کلیه منابع انسانی، تجهیزات زیرساخت و به‌روزرسانی آنها، تهیه نقشه و مشخص‌کردن نقاط آسیب‌پذیر به تفکیک شهرها، ایمن‌سازی دارایی‌ها و تجهیزات با نصب سیستم‌های هوشمند قطع خودکار از راه دور، استتار دارایی زیرساخت آب به‌وسیله پوشش سبز یا کاذب، پراکنده‌سازی و افتراق تاسیسات و عدم اجتماع آنها در یک نقطه، پیش‌بینی دارایی‌هایی مانند تصفیه‌خانه و مخازن زمینی در مناطقی که جمعیت‌پذیر نباشد و عدم ساخت آنها در نزدیکی کاربری‌های عمومی، عدم استقرار دارایی‌ها در جوار شریان‌های قابل دسترسی آسان توسط دشمن، را نام برد. محدودیت‌های پژوهش حاضر شامل کمبود منابع نوشتاری و تحقیقات در زمینه موضوع تحقیق، کمبود اطلاعات مورد نیاز (عدم همکاری مناسب از سوی سازمان‌های مربوط) و حضور کم کارشناسان در مرحله تکمیل پرسش‌نامه بودند.

نتیجه‌گیری

بحرانی‌ترین نوع تهدیدها آلودگی‌های شیمیایی در زیرساخت آب شهری، حمله نظامی و خشکسالی هستند و به‌عنوان بحران غیرقابل قبول شناخته می‌شوند. احتمال وقوع سیل، حمله نظامی (زمینی) و خطای انسانی در رتبه یک تا سه قرار دارد و شدت اثر (زیان وارده) حمله نظامی (زمینی)، زلزله و آلودگی شیمیایی به‌ترتیب در اولویت اول تا سوم هستند.

تشکر و قدردانی: این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای سیاسی با عنوان "تحلیل تهدیدات و ارزیابی امنیتی مراکز و تاسیسات زیرساخت آب شهری" در دانشگاه فردوسی مشهد است. نگارندگان وظیفه خود می‌دانند از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه قدردانی نمایند.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسنگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسنگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: فاطمه بخشی شادمهری (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۴۰%)؛ سیدهادی زرقانی (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۴۰%)؛ امیدعلی خوارزمی (نویسنده سوم)، روش‌شناس/تحلیلگر آماری (۲۰%)

منابع مالی: پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم فاطمه بخشی دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته جغرافیای سیاسی دانشگاه فردوسی مشهد است.

منابع

1- Branscomb LM. Sustainable cities: Safety and security. Technol Soc. 2006;28(1-2):225-34.
2- Brent R. Tourism disaster planning and management: Response and recovery to reduction and readiness. Curr Issues Tour. 2003;11(4):315-348.
3- Torres JM, Brumbelow K, Guikema SD. Risk classification and uncertainty propagation for virtual water distribution systems. Reliability Eng Sys Saf. 2009;94(8):1259-73.
4- Roozbahani A, Zahraei B, Tabesh M. Water quantity and quality risk assessment of urban water supply systems with consideration of uncertainties. J Water Wastewater. 2013;24(4):2-14. [Persian]
5- Demotier S, Schon W, Denoeux T, Odeh K. A new approach to assess risk in water treatment using the belief function framework. SMC'03 Conference Proceedings. 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Conference Theme - System Security and Assurance (Cat. No.03CH37483). Piscataway: IEEE; 2003.
6- Doro-on A. Risk assessment for water infrastructure safety and security. Boca Raton: CRC Press; 2012.
7- Ezall BC. Inforastructure valnerability assessment model (I-VAM). Risk Anal. 2007;27(3):571-83.
8- Alexander D. From civil defence to civil protection-and back again. Disaster Prev Manag Int J. 2002;11(3):209-13.
9- Abdollahi M. Crisis management in urban areas. Hous Rural Environ. 2002;99:67-79. [Persian]
10- GhaedRahmati S, Ziaee M. Planning for human hazards prevention. Yazd: Yazd University; 2012.
11- Roshandel Arbatali T, PourEzzat AA, GholiPour A. Developing a comprehensive crisis management model with a discipline and security approach. Danesh-e-Entezami. 2009;10(2):60-84. [Persian]
12- Rabiei A, Pour-Hosseini SS. Crisis management: Concepts, patterns and planning methods in natural disasters. Tehran: Tisa; 2014. [Persian]
13- UNDP. Executive Board of the United Nations Development Programmed and of the United Nations Population Fund. Contribution of UNDP towards reversing the HIV/AIDS epidemic in the context of the United Nations system strategic plan for HIV/AIDS for 2001-2005 [Internet]. New York: UNAIDS; 2002 [cited

theoretical framework. J Def Policy. 1995;6(10-11):165-86. [Persian]
26- Ranjbar MH, Pirayesh A. Providing a method to assess and reduce the risk of power system against terrorist threats. Adv Def Sci Technol. 2016;7(4):327-337. [Persian]
27- Abdollahkhani A. National security threats (cognition and method). Tehran: Tehran Contemporary Abrar Cultural Institute; 2007. [Persian]
28- World Economic Forum. Global Risks 2012; Initiative of the Risk Response Network [Internet]. Cologny, Switzerland: World Economic Forum; 2012 [cited 2017 Dec 14]. Available from: http://reports.weforum.org/global-risks-2012.
29- Kheyr-Andish MR. Analysis of vulnerability of urban water supply facilities against enemy threats. National Conference on Non-Operating Defense in Science and Engineering with an emphasis on Camouflage, Hiding and Deception. Tehran: Imam Hossein University; 2014. [Persian]
30- Karimi R, Amini S, Sahami H. Preparedness of the supply system and urban water distribution networks against threats from the perspective of passive defense. First National Conference on Geography, Urban Development and Sustainable Development. Tehran; Koomesh Environmental Society; 2013. [Persian]
31- MasoumBeygi H, Jalili GhaziZadeh MR. Non-operating defense engineering in downstream blue dams. Second National Conference on Hydroelectric Power Plants. Tehran: Iran Water and Power Resources Development Co; 2008. [Persian]
32- Rausand M. HAZOP hazard and operability study, department of production and quality engineering Norwegian University of Science and Technology. Hoboken: Wiley; 2004.
33- Jafarnejad A, Yousefi R. A Fuzzy model of ranking risks at petropars company's excavation of oil well projects. J Ind Manag. 2008;1(1):21-38. [Persian]
34- Al-e Sheykh AA, Tootoonchian S, Dana T. GIS application in crisis management, case study: GIS utilization in crisis management in Asalouyeh region. Cartography. 2006;17(8):7-12. [Persian]
35-Habibpour and Safari. SPSS Application Guide in Survey Rasearch . Tehran: Tinkers-Loya; 2012.
2017 May 14]. Available from: https://digitallibrary.un.org/record/456708/files/DP_2002_3-EN.pdf.
14- Asgari A. Iso 31000 risk management manual. Hamedan: Noor Elm; 2009. [Persian]
15- Aven T. Quantitative risk assessment: The scientific platform. United Kingdom: Cambridge University Press; 2011.
16- Nazari A, Forsat-Kar E, KiyaFar B. Managing risk in projects. Tehran: Deputy Strategic Planning and Control of the Presidency; 2008. [Persian]
17- Kalantari oskuei A, Modiri M, AleSheikh AA, Hosnavi R. Providing a framework for risk assessment in Geographic Information Systems (GIS) and Corporate Spatial Data Infrastructure (SDI) based on fuzzy logic. J Emerg Manag. 2014;3(93):31-44. [Persian]
18- Dorfman MS. Introduction to risk management and insurance. Pennsylvania: Prentice Hall; 1998.
19- Morel B, Linkov I. Environmental Security and Environmental Management: The Role of Risk Assessment. Amsterdam: Springer Netherlands; 2005.
20- Ghanbari F, Davari K. Integrated municipal water risk management to address drought risk. Sixth International Conference on Integrated Management of the Crisis; Mashhad, Permanent Secretariat of the International Conference on Comprehensive Crisis Management; 2014.
21- Norouzi Khatiri kh, Omidvar B; Malekmohammadi B, Ganjehi S. Multi-hazards risk analysis of damage in urban residential areas (case study: Earthquakeandflood hazards in Tehran-Iran). Geogr Environ Hazards. 2013;2(7):53-68. [Persian]
22- Sun J, Guoping Y, Degang J. Risk assessment modeling for urban water distribution systems under the effect of land subsidence. International Conference on Pipelines and Trenchless Technology. China-U.S. Joint Center for Trenchless R&D, CUG; Shanghai, China. 2013;Report No.: 2009ZX0721-005.
23- Niyakan L. What is the risk Management?. Tazeha-ye Jahan-e Bimeh. 2013;186:16-25. [Persian]
24- Alavi Far N. Security and solutions for its supply and development: Security concepts. Tehran: Jahangir; 2006. [Persian]
25- Darvishi Seh Talani F. National security threats: A

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی