

Identification and Futuristic analysis of cascading consequences of a possible earthquake in Tehran (introduction of intersecting, destructive and complex chains)

Arash shiranifaradonbeh¹, Ali Asghar Pourezzat², Ahad rezayan ghayehbashi^{3*}

1. PhD student of Public Administration, Kish International Campus, University of Tehran, Kish, Iran

2. Professor of Public Policy, Faculty of Public Administration and Organizational Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Faculty of Governance, University of Tehran, Tehran, Iran

Highlights:

Identifying and analyzing the destructive chains and cascading effects of Tehran's earthquake offer an innovative approach to enhancing urban resilience and crisis management in complex megacities.

ARTICLE INFO

EXTENDED ABSTRACT

UPK, 2025

VOL. 9, Issue 1, PP, 30-53

Received: 21 Dec 2024

Accepted: 19 Feb 2025

Article Type:

Research article

Keywords: Tehran Earthquake, Destructive Chains, Urban Management, Urban Resilience, Cascading Hazards

Cite this article:

shirani, A, Pourezzat. A.A, Rezayan ghayehbashi. A. (2025). Identification and Futuristic analysis of cascading consequences of a possible earthquake in Tehran (introduction of intersecting, destructive and complex chains). Urban Plan Knowl, 9(1), 30-53.

DOI:

[10.22124/upk.2025.29318.1994](https://doi.org/10.22124/upk.2025.29318.1994)

Introduction: Earthquakes are among the most devastating natural disasters due to their unpredictability and extensive consequences. Because of the dense population and vulnerable infrastructure in Tehran, the risk of cascading effects and interconnected crises caused by earthquakes is significantly heightened. These cascading effects often result in long-term challenges across various sectors, including social, environmental, economic, and governance systems. Understanding these interconnected impacts is crucial for developing proactive urban management and resilience strategies. This study aims to identify the cascading and systemic impacts of a potential earthquake in Tehran. It focuses on analyzing the interactions and interdependencies among these impacts to highlight destructive chains. By presenting a comprehensive and future-oriented framework, the study seeks to enhance decision-making in urban management and civil defense, thereby strengthening urban resilience and mitigating the impacts of crises.

Methodology: A qualitative approach was employed to examine the potential impacts of an earthquake in Tehran. Data were gathered through semi-structured interviews with experts and analyzed using the Future Wheel Technique, open coding, and thematic analysis. A Likert scale questionnaire was administered to identify high-impact outcomes with the potential to trigger destructive chains. Expert evaluations were conducted to validate the findings and prioritize the most significant consequences.

Results: The findings revealed that an earthquake in Tehran could initiate destructive chains across seven critical domains: Chains threatening the environment and disrupting ecosystems refer to cascading events initiated by natural disasters, such as earthquakes, that significantly alter ecological balances. These chains not only lead to the displacement of species and biodiversity loss but also undermine critical ecosystem services, including water purification, soil stability, and carbon sequestration. Such disruptions create long-term repercussions for human health, food security, and economic resilience. The compounded effects extend into socio-economic systems, highlighting the interconnectedness of environmental integrity and societal stability. Vulnerability chains and the weakening of susceptible infrastructure following seismic events severely disrupt the effective functioning of critical systems, such as transportation, healthcare, energy, and water, significantly diminishing communities' ability to manage crises and rebuild.

*Corresponding Author: Ahad.rezayan@ut.ac.ir



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Infrastructure vulnerability during earthquakes impairs the delivery of essential services, exacerbates social inequalities, lowers the quality of life, and increases costs. Therefore, effectively managing these vulnerability chains is a prerequisite for accelerating reconstruction, reducing casualties, and enhancing community resilience in the face of future events. Chains exacerbating post-earthquake psychological damage can range from mild anxiety disorders to severe trauma conditions, such as Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD). Earthquakes, being highly traumatic events, bring death to close family members, financial ruin, and the destruction of vital infrastructure. This trauma is further worsened by the continuous fear of aftershocks and the disruption of social networks. Poor mental health infrastructure—from basic services to more comprehensive systems—can significantly limit the ability to cope, thereby aggravating psychological harm. These psychological effects have serious ramifications beyond personal health, as they permeate all levels of decision-making, from the individual to the institutional level, and may manifest as behavioral tensions that inhibit collective action. This spiral of damage often leads to heightened social friction, a lack of coordination in response to the crisis, and a breakdown in confidence in authorities within the affected communities. Additionally, these psychological injuries can lead to increased social inequality, delayed recovery, and generally lower resilience. Societies with underdeveloped mental health systems face significant risks, as many lack effective frameworks for intervention. Fully understanding this chain of impact is crucial for implementing interventions that not only support mental health but also strengthen social cohesion and accelerate recovery. Chains undermining economic security and sustainability include the corrosive economic impact of earthquakes—a sudden and sharp economic shock. Infrastructure damage, supply-chain disruptions, and reduced demand lead to lower production, higher unemployment, and inflation. Disturbed investor confidence, driven by these factors, further hampers efforts to attract both domestic and foreign investment. These challenges are exacerbated by pre-existing structural conditions such as economic inequalities, weak financial institutions, and a lack of transparency in decision-making. The consequences of earthquakes not only devastate the regional economy but also hinder sustainable development and exacerbate social inequalities. Therefore, a deep understanding of these chains is crucial for developing appropriate economic policies aimed at strengthening economic resilience and ensuring faster and more sustainable recovery in earthquake-affected regions.

Chains threatening energy security and sustainability are triggered by earthquakes, which are recognized as devastating **Discussion:** natural phenomena that create significant challenges for energy management. Earthquakes can cause the destruction of power plants, electricity transmission lines, and gas distribution networks, leading to widespread energy outages. In addition to risks such as gas leaks and fires, these situations can escalate into secondary crises, like explosions. Damage to energy infrastructure—particularly crucial for hospitals and healthcare centers—disrupts the provision of essential services, increasing fatalities. Furthermore, disruptions in fuel supply chains for power plants and critical industries, caused by damage to transportation infrastructure, not only reduce energy production but also severely impact the functioning of key sectors, including healthcare and industry. Chains threatening the sustainability and management of vital resources triggered by earthquakes extend beyond physical destruction, leading to widespread humanitarian crises. A key challenge after an earthquake is the damage to critical infrastructure, such as water supply systems, food distribution networks, and healthcare services. The destruction of water infrastructure and disruption of food supply chains exacerbate shortages of drinking water and essential food supplies. This, combined with the damage to healthcare facilities and the sudden surge in demand for medical services, leads to the spread of infectious diseases and increased mortality rates. Weak resource management and a lack of coordination in relief efforts further deepen the crisis, leading to social unrest, violence, and looting. These conditions erode public trust in government and relief organizations, complicating and delaying the recovery process. Moreover, these chains of threats intensify social inequalities, placing additional economic and social pressure on affected communities, significantly delaying their return to normalcy. Chains posing risks to sustainable governance and social cohesion arise as earthquakes place immense pressure on political and social systems. Earthquakes, as sudden and devastating events, challenge governance structures by eroding public trust, exacerbating social inequalities, and creating displacement and migration crises. The destruction of infrastructure and disruption of governmental institutions lead to inefficiencies in service delivery and crisis response, further diminishing public confidence in the government and fostering corruption and mismanagement. The inability to manage the post-disaster aftermath, such as the unequal distribution of aid, intensifies social disparities and weakens social cohesion, potentially leading to protests, civil unrest, and even the collapse of governance at local and, in extreme cases, national levels. Additionally, in such destabilized conditions, external threats and exploitation by adversaries can jeopardize national security. The long-term consequences of this chain of risks include prolonged recovery, rising poverty and inequality, political instability, and a decline in the quality of life in affected regions. These challenges underscore the critical need for strengthening governance, enhancing social cohesion, and ensuring efficient disaster preparedness. These destructive chains necessitate specific policy interventions aimed at either preventing crises from escalating or mitigating their worst effects. By targeting critical points within these chains, such as improving infrastructure resilience or developing emergency resource management protocols, Tehran can reduce the likelihood of cascading impacts overwhelming the city.

Conclusion: This research highlights the importance of managing destructive chains through enhanced coordination, strengthened governance structures, and proactive planning. By integrating civil defense principles, urban management strategies, and multi-sector collaboration, Tehran can improve its resilience to earthquakes and reduce the risk of cascading crises. The study provides a foundation for future research on systemic disaster impacts and offers practical insights for policymakers to prioritize actions that mitigate secondary and tertiary effects.

شناسایی و تحلیل آینده پژوهانه پیامدهای آبخاری زلزله احتمالی در تهران (معرفی زنجیره‌های متقاطع، مخرب و پیچیده)

آرش شیرانی فرادبته^۱، علی اصغر پورعزت^۲، احد رضایان‌قیه‌باشی^{۳*}

۱. دانشجوی دکتری مدیریت دولتی، پردیس بین الملل کیش، دانشگاه تهران، کیش، ایران

۲. استاد گروه خط‌مشی‌گذاری عمومی، دانشکده مدیریت دولتی و علوم سازمانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. استادیار گروه آینده‌پژوهی، دانشکده حکمرانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

نکات برجسته:

شناسایی و تحلیل زنجیره‌های مخرب و آثار آبخاری زلزله تهران، رویکردی نوین برای تقویت تاب‌آوری شهری و مدیریت بحران در کلان‌شهرهای پیچیده ارائه می‌دهد.

چکیده

اطلاعات مقاله

بیان مسئله: زلزله‌ها به‌منزله یکی از مخرب‌ترین بلایا، ظرفیت ایجاد پیامدهای آبخاری و زنجیره‌های بحرانی دارند که بر همه ابعاد مدیریت شهری تأثیر می‌گذارد. تهران، با جمعیت بالا، زیرساخت‌های آسیب‌پذیر و موقعیت لرزه‌خیز، در زمره شهرهای به شدت در معرض خطر زلزله و پیامدهای پیچیده ناشی از زلزله قرار دارد. زلزله احتمالی تهران با آثار متقاطع خود می‌تواند بحران‌های گسترده‌ای برای مدیریت شهری ایجاد کند. با توجه به «رویکرد چند خطر» به مخاطرات، به نظر می‌رسد این بحران‌ها، به‌ویژه به دلیل تعاملات پیچیده پیامدها، فراتر از آثار زیرساختی بوده و به زنجیره‌های مخرب تبدیل می‌شوند.

هدف: این پژوهش به شناسایی پیامدهای زلزله تهران با لنز محیط‌های پیچیده شهری با رویکردی جامع و آینده‌نگر می‌پردازد. این مطالعه با تحلیل وابستگی‌های متقابل میان پیامدها و معرفی «زنجیره‌های مخرب» ناشی از آثار آبخاری، در پی ارائه بینش‌هایی برای بهبود تصمیم‌گیری در مدیریت شهری است. این پژوهش بر تحلیل زنجیره‌های مخرب ناشی از زلزله تمرکز دارد تا از منظر مدیریت شهری و امنیت پیش‌نگرانه، بینشی برای تقویت تاب‌آوری شهری و کاهش پیامدهای بحران ارائه دهد.

روش: پژوهش با رویکرد کیفی، از کدگذاری باز، چرخ‌آینده و تحلیل مضمونی برای شناسایی و دسته‌بندی پیامدهای زلزله در حوزه‌های مختلف بهره می‌برد. همچنین، پیامدها با استفاده از ابزارهای متعددی شناسایی و تحلیل شده‌اند.

یافته‌ها: تحلیل‌ها نشان دادند زلزله می‌تواند پیامدهایی هم‌پیوند در زیرساخت‌های حیاتی، روان جمعی، شریان‌های انرژی و حوزه‌های اقتصادی و اجتماعی ایجاد کند. این پیامدها، با هم‌افزایی متقابل، زنجیره‌های مخربی شامل هفت حوزه امنیت زیست‌محیطی، زیرساخت‌های حساس، روان‌شناختی، انرژی، اقتصادی، منابع حیاتی و حکمرانی پایدار شکل می‌دهند.

نتیجه‌گیری: زلزله در تهران با ایجاد «زنجیره‌های مخرب» پیامدهای آبخاری، بحران‌های چندلایه‌ای در ابعادی همچون زیرساختی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی رقم می‌زند. مدیریت مؤثر این بحران، نیازمند برنامه‌های جامع، تقویت شبکه‌های حیاتی، بهبود مدیریت ساختارهای شهری، استقرار مدیریت تاب‌آور شهری و هماهنگی میان نهادهای مرتبط است.

دانش شهرسازی، ۱۴۰۴

دوره ۹، شماره ۱، صفحات ۳۰-۵۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱

نوع مقاله:

پژوهشی

کلید واژه‌ها: زلزله تهران، زنجیره‌های مخرب، مدیریت شهری، تاب‌آوری شهری، مخاطرات آبخاری

ارجاع به این مقاله:

شیرانی فرادبته، آرش، پورعزت، علی اصغر، رضایان‌قیه‌باشی، احد. (۱۴۰۴). شناسایی و تحلیل آینده پژوهانه پیامدهای آبخاری زلزله احتمالی در تهران (معرفی زنجیره‌های متقاطع، مخرب و پیچیده). دانش شهرسازی، ۹(۱)، ۳۰-۵۳.

DOI:

10.22124/upk.2025.29318.1994

*نویسنده مسئول: Ahad.rezayan@ut.ac.ir



بیان مسئله

زمین‌لرزه‌ها به‌منزله یکی از قدرتمندترین فراگردهای زمین‌شناسی، به‌دلیل غیرقابل پیش‌بینی بودن، می‌توانند تهدیدهای جدی برای امنیت انسان، تاب‌آوری شهری و زیرساخت‌ها ایجاد کنند. با توجه به دشواری پیش‌بینی دقیق زمان و مکان زمین‌لرزه، مفهوم امنیت پیش‌نگرانه در تاب‌آوری شهری اهمیت ویژه‌ای یافته است. با مرور بلایای طبیعی در دو دهه گذشته، ۵۵۲ زمین‌لرزه ثبت شده است که ۸ درصد از کل بلایای جهان را شامل می‌شود. این رقم پس از سیل با ۳۲۵۴ رویداد (۴۴ درصد) و طوفان با ۲۰۴۳ رویداد (۲۸ درصد) در رتبه سوم قرار دارد (Yaghmaei, 2020). زلزله، به‌منزله مخرب‌ترین (USTA & ONAT, 2023) و ترسناک‌ترین (Nola, 2018) بلای طبیعی، اغلب منجر به پیامدهای آبخاری سهمگینی می‌شود (Hill et al., 2024). لذا امنیت چندگانه نیز در این زمینه دومی‌نوی اهمیت بیشتری یافته است.

پیامدهای آبخاری در زمان بحران به وضعیت‌هایی اشاره دارند که در آن یک عامل آغازین، زنجیره‌ای از رویدادهای متوالی را به وجود می‌آورد و به تدریج منجر به افزایش زیان‌ها و پیامدهای متعدد می‌شود (Hill et al., 2024; Zuccaro et al., 2018). آینده‌پژوهی در پیامدهای بلایا، بخش مهمی از مدیریت و آمادگی بلایا است که شامل شناسایی خطرهای بالقوه، حفظ امنیت چندگانه، توسعه امنیت پیش‌گیرانه و تاب‌آوری، شناخت زنجیره مشکلات و تأثیر بالقوه آن‌ها است. این جنبه از پژوهش‌ها هنوز به بلوغ نرسیده‌اند (Marciano et al., 2024; Wang et al., 2020); اما به مراتب پیشرفت این پژوهش‌ها، آشکار شده است که باید خط‌مشی‌هایی برای مدیریت شبکه‌های پیامدی و کاهش آسیب‌ها طراحی شوند که بتواند بر فراگرد تصمیم‌گیری، ادراک عمومی، مشارکت اجتماعی و تولید دانش تأثیرگذار باشند، این نیازها به‌ویژه برای مدیریت شهری و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با اداره شهرها کاربرد دارند (Marciano et al., 2024).

تهران، پایتخت ایران، با جمعیت متراکم و سازه‌های آسیب‌پذیر بنا شده روی چندین گسل انباشته از انرژی، با خطر جدی زلزله مواجه است. مطالعات متعددی به خطر بروز زمین‌لرزه سنگین در این منطقه اشاره شده‌است (Alimohammadi et al., 2024; Firuzi et al., 2019; Kalantari et al., 2023; Kamranzad et al., 2020). بر اساس اطلاعات ارائه‌شده توسط مرکز آمار ایران، تهران با رتبه نخست، حدود ۳۰ درصد از تولید ناخالص داخلی، ۲۲ درصد صنعت و ۷۷ درصد امور خدماتی کشور را به خود اختصاص داده است. تهران همچنین مرکز تلاقی راه‌های ارتباطی ایران (خطوط راه‌آهن، جاده‌ای و هوایی) است. تمرکز مؤسسه‌های مالی، اعتباری و بانکی در شهر تهران بوده، این موضوع نقش اصلی شهر را در اقتصاد کشور حساس‌تر می‌سازد (Kalantari et al., 2023). علاوه بر این، تهران به‌منزله قطب سیاسی، اداری، امنیتی و اقتصادی ایران، نیازمند توجه ویژه به ایمنی در برابر مخاطره‌های طبیعی و انسانی است.

شهر تهران با جمعیتی بیش از ۱۴ میلیون نفر، در شدیدترین نوع تجلی روند میل به شهرنشینی، از پرجمعیت‌ترین شهرهای در معرض خطر زلزله است (Hochrainer & Mechler, 2011; Kamranzad et al., 2020; Kheirizadeh Arouq et al., 2020; Tanaka, 2012). علیرغم تراکم جمعیت زیاد تهران، طبق آخرین آمار رسمی منتشرشده، فقط ۲۵,۸۶۶ تخت فعال بیمارستانی در این استان وجود دارد. این به معنای ۱.۹ تخت بیمارستانی به ازای هر هزار نفر جمعیت است، در حالی که در سال ۲۰۱۶ این نسبت در کشور ژاپن به ۱۳ تخت به ازای هر هزار نفر می‌رسید (Mosadeghrad et al., 2024). نکته دیگر آن‌که که ضریب اشغال تخت‌های بیمارستانی تهران در شرایط عادی ۷۴.۳ درصد است. پژوهش‌ها قبلی که معمولاً نگرش مدیریتی را نادیده گرفته‌اند و با نگرش مهندسی به موضوع پرداخته‌اند (Afzali, 2021)، حاکی از آسیب‌پذیری جدی واحدهای پاسخگویی اضطراری و فرماندهی تهران در طول زمان هستند (Kamranzad et al., 2020; JICA, 2001).

خطرات فراگیر (سیستمیک)^۱، که از وابستگی‌ها و تعاملات درون سیستم‌های پیچیده شهری ناشی می‌شوند، نقش مهمی در مدیریت بلایا دارند. این خطرات می‌توانند به خرابی‌های آبخاری منجر شوند که در تأثیر یک زلزله، بسیار فراتر از آسیب فیزیکی فوری بوده، بخش‌های گوناگونی مانند مراقبت‌های بهداشتی، حمل‌ونقل و اقتصاد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مشخص شده است که تقریباً همه‌ی آثار آبخاری^۲ در سراسر زیرساخت‌های حساس در رویداد آبخاری مرتبه اول و دوم منتشر می‌شوند که به ترتیب ۸۰.۴٪ و ۱۷.۹٪ از کل پیامدهای آبخاری را تشکیل می‌دهند (Gong et al., 2023). هر چند شناسایی این پیامدهای آبخاری برای خط‌مشی‌گذاری مؤثر ضروری است، تاکنون پژوهشی در این‌باره صورت نگرفته است و به دلیل رفتار انتشار پویا،

¹ systemic risk

² Cascading effects

خطرات سیستمی نیز تاکنون به اندازه کافی ثبت نشده‌اند و طبقه‌بندی آن‌ها در ساختارهای حکمرانی مرسوم، دشوار است. این ویژگی‌ها، ریسک‌های سیستمی را از ریسک‌های سنتی متمایز کرده و این مفهوم را به‌ویژه در زمینه کاربرد در فراگردهای تحول، به ابزاری مؤثر و کارآمد تبدیل می‌کنند. از آنجا که مفهوم آثار آبخاری، یک حوزه پژوهشی نسبتاً جدید در زمینه مخاطرات طبیعی است، روش‌های خاص و تجربیات میدانی آن محدود است که این کمبود، در مطالعات متعددی مستند شده است (Paul, 2016). از طرفی با توجه به این که «پدافند غیرعامل» با افزایش امنیت و کاهش آسیب پذیری، بدون استفاده از اقدامات نظامی به‌همراه استفاده از تدابیر مدیریتی در برابر تهدیدها تعریف می‌شود و به نظر می‌رسد این مفهوم، با مدیریت تاب‌آور شهری اشتراک زیادی دارد، باید به‌منزله مفهومی پویا درک گردد (Hajimirrahimi et al., 2024; Karimi & Tolui far, 2024)، از این رو انجام پژوهش‌های آینده‌نگر برای تقویت مدیریت شهری و پدافند غیرعامل در زمینه مقابله با تهدیدات زمین‌لرزه، ضروری به نظر می‌رسد.

علیرغم پیشرفت‌های قابل توجه در پژوهش‌های مدیریت بلایا و آینده‌پژوهی، شکاف‌های مهمی همچنان در حوزه مدیریت پیامدهای ناشی از زلزله در محیط‌های شهری پیچیده‌ای مانند تهران، وجود دارد. با وجود تمرکز قابل توجه بر آمادگی، واکنش و بازیابی در چارچوب‌های مدیریت بلایا، توجه به پیامدهای خاص بلایا، به ویژه پیامدهای آبخاری و آثار ثانویه آن‌ها، به همراه شناسایی برآیند برهم‌کنش این پیامدها، به‌منزله تهدید کننده امنیت چندگانه، همچنان به‌منزله یک عنصر نادیده گرفته شده، باقی مانده است. ادبیات کنونی بیشتر به پیامدهای فوری بلایا می‌پردازد و از پیامدهای به‌هم‌پیوسته و ثانویه که می‌توانند وضعیت را به مرور زمان تشدید کنند، غفلت کرده است (Nomura et al., 2016; Phraknoi et al., 2023). این کمبود توجه به برهم‌کنش پیامدهای ثانویه، شکاف مهمی را در پژوهش‌های حوزه مدیریت بلایا نشان می‌دهد. بنابر این، نیاز به تحقیقات بیشتری وجود دارد که این پیامدها و شبکه تشکیل شده ناشی از برهم‌کنش آن‌ها را به طور دقیق تحلیل کرده و در برنامه‌ریزی مدیریت شهری و بلایا ادغام کند تا بتواند اثربخشی واکنش‌های اضطراری و بلند مدت را در طول زمان، بهبود بخشد. این اقدامات با «رویکرد چندخطر»، که در چارچوب سندای^۱ (۲۰۳۰-۲۰۱۵) مورد تأکید قرار گرفته است، سازگارند. در سال‌های اخیر، با افزایش آگاهی عمومی نسبت به پیامدهای آبخاری، به‌ویژه پس از لمس پیامدهای آبخاری ناشی از شیوع همه‌گیری COVID-19 در زندگی بشر، این اقدامات به یک راهبرد رایج و مطالبه عمومی در مقیاس جهانی تبدیل شده‌اند (Mavrouli et al., 2023; UNISDR, 2015).

این پژوهش با تمرکز بر شناسایی پیامدهای زلزله تهران و بررسی تعاملات میان آن‌ها، در پی پر کردن شکاف‌های موجود است. در این فراگرد، پس از شناسایی پیامدها، تحلیل‌هایی صورت می‌گیرد تا مفهوم «زنجیره‌های مخرب» معرفی گردد و برای تهران، این زنجیره‌ها شناسایی شوند. عدم توجه به این زنجیره‌ها می‌تواند شدت تأثیر زلزله را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. مشارکت این پژوهش، شامل ترکیب مفاهیم ریسک سیستمی و معرفی مفهوم زنجیره‌های مخرب، و شناسایی آنان، متناسب با چالش‌های خاص تهران است. این پژوهش به بررسی و پاسخگویی به این پرسش پرداخته است که پیامدها و برآیند برهم‌کنش این پیامدها، پس از وقوع زلزله در تهران کدامند. لذا، پژوهش حاضر به شناسایی و تحلیل آثار متقاطع و تعاملات پیچیده بین پیامدهای گوناگون پرداخته و تلاش می‌کند تا زنجیره‌های ناشی از پیامدهای شناسایی شده که منجر به تشدید بحران می‌شوند را معرفی نماید.

مبانی نظری

مفاهیمی همچون خطرات فراگیر(سیستمی) و بلایای آبخاری، موضوعاتی در حال ظهور در پژوهش‌های کاهش خطر بلایا در جهان حاضرند (Gong et al., 2023). پژوهشگران اقتصادی اصطلاح «خطرات سیستمی» را در توصیف نیاز به درک پدیده‌هایی که یک رویداد می‌تواند باعث ایجاد پیامدهای بعدی و اختلالات گسترده شود، ابداع کرده‌اند (Maskrey et al., 2023). در این پژوهش، خطرات فراگیر(سیستمی)، دال بر خطراتی است که می‌توانند کل یک سیستم یا چندین سیستم مرتبط را از تعادل خارج کنند (Mitra & Shaw, 2023).

¹ Sendai framework

مفهوم بلایای آبخاری، اولین بار توسط آژانس مدیریت اضطراری فدرال ایالات متحده^۱ ارائه شد و با استفاده از درخت مخاطره، به‌منزله ابزار اولیه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (May, 2007). بلایای آبخاری، مطابق تعریف الکساندر و پسکارولی^۲ (۲۰۱۵)، رویدادهای شدیدی اند که آثار آن‌ها به مرور زمان افزایش یافته، و به ایجاد رویدادهای ثانویه غیرمنتظره با پیامدهای شدید منجر می‌شوند. این بلایا شامل خطرات یا بلایای متوالی بوده، که به‌صورت زنجیره‌ای رخ داده و آثار نامطلوب، به‌هم‌پیوسته و تقویت‌کننده‌ای را ایجاد می‌کنند.

علم پیچیدگی^۳ که در دهه ۱۹۷۰ به‌منزله یک حوزه میان‌رشته‌ای ظهور کرد، بر تغییر دیدگاه‌های خطی و ساده‌نگر به دیدگاه‌هایی چندبعدی و پیچیده تأکید دارد (Ghafari Nasab & Iman, 2013). این رویکرد، ابزار مناسبی برای تحلیل سیستم‌های کل‌گرای در حال پیدایش همچون چارچوب تجزیه و تحلیل محیطی^۴ PESTLE ارائه می‌دهد، سیستم‌هایی که ویژگی‌های آن‌ها قابل تقلیل به اجزا یا بخش‌های تشکیل‌دهنده‌شان نیستند، هر چند این چارچوب‌ها، با توجه به توسعه پژوهش‌ها نیاز به تقویت دارند (Sun et al., 2024). این پژوهش نیز با بهره‌گیری از نظریه سیستم‌های پیچیده، بر تحلیل پویایی‌های پیچیده و تعاملات در سطح کل سیستم تمرکز دارد. همچنین، در این پژوهش مفهوم «چند بحران» که اولین بار در سال ۲۰۲۲ توسط آدم توز^۵، نویسنده و مورخ فاینشال تایمز، مطرح شد نیز استفاده شد، که نشان می‌دهد چگونه بحران‌های گوناگون می‌توانند بر یکدیگر تأثیر گذاشته و اثری فراگیرتر از مجموع اجزای خود ایجاد کنند (Luesink et al., 2024).

پیشینه پژوهش

آنتونیونی^۶ و همکاران (۲۰۰۷) خطرات ثانویه ناشی از زلزله، مانند نشت مواد خطرناک و آتش‌سوزی را در تاسیسات صنعتی، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن‌ها روشی برای ارزیابی کمی ریسک حوادث ناشی از رویدادهای لرزه‌ای در تاسیسات صنعتی توسعه داده و نشان دادند این دومینوی حوادث، باعث ایجاد سناریوهای شدید خاص، به‌طور همزمان می‌شوند، هر چند ایشان به شکاف ناشی از سیستم‌های پیچیده توجه نداشتند. دل گائودیو^۷ و همکاران (۲۰۱۶) معتقد بودند که پیامدهای زلزله، از حیث تلفات و آسیب مستقیم یا غیرمستقیم به سازه‌ها و زیرساخت‌ها، به کیفیت و نوع ساخت و سازها مرتبط است، اما در تحلیل ایشان، دیدگاه خطرات آبخاری در یک سیستم اجتماعی گسترده ناشی از زندگی در شهرهای پیچیده، مورد توجه قرار نگرفته است.

کوماساکی^۸ و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهش خود روابط بین هر یک از مخاطرات پدیدار شده در مفهوم چند بحران را به چهار حالت تقسیم نمودند: حالت‌های موثر و قابل توجه، تضعیف‌کننده، ترکیب کردن و مسدود کردن^۹. ژنگ^{۱۰} (۲۰۱۸) استدلال کرد که میزان خسارت، بر مبنای شبکه مخاطرات چند برابر ارزیابی مخاطرات به‌صورت گسسته است. اما به‌طور کلی باید توجه داشت که پژوهش‌ها در بررسی زنجیره‌های فاجعه‌ای که به‌منزله نتایج ثانویه از زلزله به وجود می‌آیند، معمولاً به آتش‌سوزی‌های ناشی از زلزله، نشت گازهای سمی و بلایای انفجاری (Carpenter et al., 2006; Zhang et al., 2018) محدود می‌شوند و به سایر جنبه‌ها، به حد کافی توجه ندارند. پسکارولی و الکساندر (۲۰۱۸)، نشان دادند که با استفاده از ریسک‌های مرکب و به‌هم‌پیوسته، به‌منزله ورودی برای تحلیل‌ها و ابزارهای تصمیم‌گیری، می‌توان بهبودهایی در توصیه‌های خط‌مشی و مدیریت بحران ایجاد کرد، و به یک رویکرد سیستماتیک برای تاب‌آوری دست یافت. سایر پژوهشگران نیز توصیه می‌کنند که به مدیریت ریسک‌های سیستمیک، آبخاری و ترکیبی از طریق طراحی مشترک، با ذینفعانی مانند اداره عمومی، جوامع، و دانشگاه پرداخته شود (Sulfikkar Ahamed et al., 2023). با این حال ما معتقدیم، با توجه به این که حوادث سیستماتیک در وضعیت کنونی دانش بشری، معمولاً معادل با استعاره قوسیه^{۱۱} (Aven, 2015; Paté-Cornell, 2012)؛

1 U.S. Federal Emergency Management Agency

2 Pescaroli & Alexander

3 Complexity Science

4 political, economic, social, technological, legal and environmental influences

5 Adam Toews

6 Antonioni

7 Del Gaudio

8 kumasaki

9 striking, undermining, compounding, blocking

10 Zhang

11 Black swan

(Tan et al., 2024) هستند، هنوز راه طولانی در پیش است تا بتوان این خطرات را به طور کامل شناسایی کرده، و به دانش کافی برای درک، پیش‌بینی و مهار همه آن‌ها دست یافت.

شواپز و رن^۱ (۲۰۱۹) با اشاره به اینکه پیامدهای آبخاری، رخدادهای چندگانه را در بلایای طبیعی به ارمغان می‌آورند، اشاره داشتند که این پیامدهای آبخاری یا دومینو توسط یک رویداد پیش‌ساز یا محرک ایجاد می‌شود، بنابر این شناسایی این رویدادها بسیار اهمیت دارد. ژیاچائو هی^۲ و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهش خود اشاره دارند در حال حاضر، پژوهش‌ها درباره مخاطرات منفرد بالغ شده است و اکنون باید عمده پژوهش‌ها به سمت رویکرد چندخطر هدایت کرد، در عین حال اذعان داشتند، همچنان نتایج بررسی مخاطرات با رویکرد تک خطر، لازم و ضروری‌اند. در مطالعات متعددی نیز بر این نکته تأکید شده است که محدودیت‌های مطالعات خطرات منفرد در دنیای به سرعت در حال تغییر، در مواجهه با بحران‌ها به وضوح نمایان شده‌اند. در واقع، تعامل بین خطرات گوناگون می‌تواند به تأثیری منجر شود که فراتر از مجموع آثار خطرات منفرد است (Gill & Malamud, 2014; Glade et al., 2012; Kappes et al., 2012; Terzi et al., 2019).

تاگلیاکوزو^۳ (۲۰۲۲)، بر نقش تحرکات انسانی در شکل‌دهی به قرار گرفتن در معرض بلایا، تقویت آثار آن‌ها و تأثیرگذاری بر تاب‌آوری جهانی، تمرکز داشتند. آن‌ها جنبش‌های جمعیتی را به منزله عناصر کلیدی جوامع پیچیده امروزی دانسته، و نتیجه گرفتند که تحرک انسانی، باید به منزله یک پدیده مثبت درک شود که با توانمندسازی و محافظت از آن، می‌توان به نتایج تاب‌آوری بهتر و کاهش خطرات دست یافت. همچنین، ادغام این جنبش‌ها در چارچوب ریسک سیستمی، می‌تواند به بهبود تاب‌آوری و کاهش خطر بلایا منجر شود. یافته‌های نومورا^۴ و همکاران (۲۰۱۶)، نشان می‌دهند که بلایا آثار مزمن و بلندمدتی بر افراد دارند و این پیامدها، فراتر از دوره اولیه فاجعه ادامه می‌یابند. غالب مطالعات بر اهمیت شناخت، بررسی و تحلیل پیامدهای آبخاری و ثانویه تأکید کردند، اما هیچ پی‌رنگی^۵ در این راستا نکرده و عموم آن‌ها به تعاملات بین این پیامدها در سیستم‌های پیچیده توجه نداشته‌اند. جهانگیری و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود اشاره داشتند که بررسی روندهای جهانی بلایای طبیعی نشان می‌دهد که آثار این بلایا به طور چشمگیری در حال افزایش‌اند. همچنین، عدم قطعیت‌های مرتبط با بلایای آینده نیز روندی افزایشی را نشان می‌دهند و این امر، ممکن است تصمیم‌گیرندگان را در مواجهه با بلایای آتی، غافلگیر کند. افزون بر این، ذی‌نفعان کلیدی، از جمله خط‌مشی‌گذاران ملی و بین‌المللی، می‌توانند با بهره‌گیری از روش‌های آینده‌نگاری در مدیریت بلایای طبیعی، کارآمدتر عمل کنند. در صورت ناتوانی در تدوین و اجرای یک برنامه‌ریزی بلندمدت و قابل‌اعتماد، احتمال شکست سیستماتیک در مدیریت این بلایا افزایش می‌یابد. علت اصلی چنین شکست‌هایی را می‌توان در فقدان بینش آینده‌نگری جست‌وجو کرد (Jahangiri et al., 2017). لذا برای حل این مشکل، ضروری است که مفاهیم بنیادی آینده‌نگاری، به‌ویژه در حوزه مدیریت بلایا، به طور جامع و عمیق توسط پژوهش‌گران مورد بررسی قرار گیرند.

در انتهای بررسی ادبیات، می‌توان ادعا کرد که در حالی که ارزیابی ریسک، عمدتاً بر تحلیل احتمال و شدت پیامدهای یک رویداد در زمان حال تمرکز دارد، آینده‌پژوهی کمک می‌کند تا با عبور از محدودیت‌های زمانی و مکانی کنونی، به بررسی تعاملات سیستماتیک و روندهای بلندمدت پرداخته شود. این پژوهش با بهره‌گیری از رویکردهای آینده‌پژوهانه، مانند چرخ آینده و پیش‌بینی پیامدهای آبخاری و تعاملات میان آن‌ها، در پی ارائه بینش‌های سیستماتیک در حوزه بلایا و مدیریت شهری در افق بلندمدت بوده، می‌تواند مزیت‌هایی همانند شناسایی آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت، تقویت تاب‌آوری سیستم با شناسایی زنجیره‌های مخرب در آینده، پیشگیری از تشکیل زنجیره‌های مخرب، تحریک دیدگاه نیاز به ایجاد برنامه‌ریزی پویا و افزایش هماهنگی بین‌بخشی و آگاهی‌بخشی و آماده‌سازی عمومی را به همراه داشته باشد. اما همانگونه که ون تی کلوستر^۶ و همکاران ون تی کلوستر و همکاران (۲۰۲۴) معتقدند، در سطحی عملی‌تر، تأمل در شیوه‌های آینده‌نگری، ارزیابی ریسک واقعی و بررسی پژوهش‌های متعدد، نشان می‌دهد که توسعه دانش و مهارت‌های آینده‌نگری و ترکیب آن در مدیریت بلایا، در آینده می‌تواند ارزیابی ریسک را در شرایط عدم‌اطمینان عمیق، به طور چشمگیری بهبود بخشد.

1 Schweizer & Renn

2 Zhichao He

3 Tagliacozzo

4 Nomura

5 Plot

6 van 't Klooster

بررسی ادبیات نشان می‌دهد که علی‌رغم پژوهش‌های گسترده، چندین شکاف کلیدی، به‌ویژه درباره پیامدهای زلزله در محیط‌های پیچیده شهری، مانند تهران باقی مانده است. هرچند در پژوهش‌های داخلی، هنوز به این رویکرد در حال ظهور پرداخته نشده است. این شکاف‌ها، شامل تمرکز ناکافی بر پیامدهای بلایای ثانویه و هم‌پیوند، توجه محدود به نحوه تعامل این پیامدها و تشکیل زنجیره‌های پیچیده است. اکثر پژوهش‌های موجود، رویکردی محدود و منزوی داشته، و فقط مناطق جغرافیایی خاص یا مسائل منفرد را بررسی کرده و چشم‌انداز کل نگر و ماهیت شبکه‌ای پیامدهای بلایا را نادیده گرفته‌اند. علاوه بر این، پژوهش‌های مذکور در درجه اول، بر وقایع ثانویه فاجعه آمیز، مانند آتش سوزی، نشت گاز سمی و انفجار متمرکز شده‌اند، در حالی که به سایر پیامدهای کوتاه مدت و بلندمدت، به حد کافی توجه نکرده‌اند. درک کافی از بلایا با این رویکرد، امنیت پیش‌نگرانه و چندگانه ناشی از آن‌ها و آثار آبشاری آن‌ها هنوز به طور کامل با رویکرد آینده‌نگر مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند. تمرکز بر پیش‌بینی پیامدهای موثق زلزله تهران و شناسایی شبکه متقابل، هم‌پیوند و متقاطع پیامدهای این رویداد، بیش‌تر ما را نسبت به رفتار بلایای آبشاری، به‌ویژه در زمینه زلزله تهران افزایش می‌دهد و امکان شناخت چگونگی اقدام برای کاهش آثار آینده زلزله تهران را فراهم می‌آورد.

این شکاف پژوهشی، ضرورت رویکردی جامع‌تر و آینده‌نگر به مدیریت بحران را برجسته می‌کند؛ رویکردی که آثار یک زلزله بزرگ در محیط‌های پیچیده شهری، مانند تهران و وابستگی متقابل این آثار را در سطوح محلی، ملی و جهانی در نظر می‌گیرد. مطالعات اندکی به این موضوع پرداخته‌اند که چگونه این آثار به هم پیوسته و آبشاری، شبکه‌های پیچیده‌ای ایجاد می‌کنند که در نهایت منجر به تشدید بحران می‌شوند. هدف این مطالعه، پر کردن این شکاف از طریق تجزیه و تحلیل وابستگی‌های متقابل و ارائه بینش‌هایی درباره مفهوم جدید «زنجیره‌های مخرب» است؛ مفهومی که در ادبیات موجود، مورد توجه قرار نگرفته است. این بینش‌ها می‌توانند تصمیم‌گیری را در مدیریت شهری، مدیریت بحران و پدافند غیرعامل (که در مواجهه با چنین پدیده‌هایی وظیفه‌ای سنگین بر عهده دارند)، بهبود بخشند.

روش پژوهش

این پژوهش، با هدف شناسایی و تحلیل تعامل پیامدهای زلزله در تهران و معرفی مفهوم «زنجیره‌های مخرب» ناشی از آن، از روش‌های کیفی بهره می‌برد. در این بخش، روش‌های گردآوری داده‌ها و نحوه تحلیل آن‌ها، توضیح داده می‌شود. برای دستیابی به نتایج مطلوب، از ابزارهای مرسوم در روش کیفی و تکنیک چرخ آینده که در ادامه تشریح می‌شوند، برای شناسایی پیامدهای گوناگون و از روش تحلیل مضمون برای بررسی تعاملات و زنجیره‌های پیچیده بین این پیامدها، استفاده شده است. استفاده از این روش‌ها، امکان استخراج داده‌های کیفی از منابع گوناگون و سازماندهی آن‌ها به صورت منظم و هدفمند را فراهم می‌کند. در این پژوهش، ۱۸ نفر از متخصصان حوزه‌های زلزله‌شناسی، مدیریت شهری، مدیریت بحران، امنیت شهری، پاسخگویی اضطراری و شهرسازی، با سابقه اجرایی مرتبط در سطح ملی و استانی یا اعضای هیئت علمی دارای پژوهش‌های مرتبط، شرکت داشتند. برای جمع‌آوری داده‌های اولیه، از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته تا رسیدن به اشباع نظری استفاده شد. پرسش‌های مصاحبه حول محور پیامدهای گوناگون زلزله، تأثیرات سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناوری، قانونی و محیطی آن، با در نظر گرفتن چارچوب تجزیه و تحلیل محیطی PESTLE که چارچوبی برای بررسی و پایش عوامل محیطی فراهم می‌سازد (Mozaffari & Ghasemi, 2024) طراحی شدند و در سه سطح محلی، ملی و بین‌المللی و نحوه تعامل پیامدها و شکل‌گیری زنجیره‌های بحرانی را مد نظر قرار دادند. چرخ آینده به صورت انفرادی و جداگانه ترسیم شد و هم‌زمان با مصاحبه‌ها، در جلسات گروهی نیز به بررسی و تکمیل چرخ‌های آینده انفرادی پرداخته شد. این فرآیند با مشارکت ۵ تا ۷ نفر از خبرگان، به منظور بررسی عمیق‌تر تعامل پیامدها و بهره‌گیری از کارکردهای ویژه چرخ آینده در پژوهش، انجام شد. داده‌های ثانویه از گزارش‌های رسمی سازمان مدیریت بحران، مطالعات پیشین، مقالات علمی و اسناد تاریخی جمع‌آوری شد. این داده‌ها مشروط بر آن‌که دارای کد مجوز از مرکز قوانین مجلس شورای اسلامی بوده یا دارای شماره ثبت رسمی از ارگان‌های مربوطه باشند یا از سوی مراجع معتبر منتشر شده باشند مورد استفاده قرار گرفتند. این داده‌ها پس از جمع‌آوری، در جلسات گروهی، با تایید خبرگان به کار گرفته شدند.

چرخ آینده، ابزاری است برای شناسایی و دسته‌بندی پیامدهای گوناگون روندها، رویدادها و تصمیم‌های احتمالی آینده. این ابزار، نخستین‌بار توسط جرم سی گلن در سال ۱۹۷۱ معرفی شد و به‌ویژه در تحلیل پیامدهای آینده، تحلیل خط‌مشی‌ها و پیش‌بینی‌ها به کار گرفته شد. چرخ آینده به تفکر درباره همه آثار ممکن، سازماندهی افکار، ایجاد پیش‌بینی‌ها در سناریوهای گوناگون و نمایش روابط پیچیده میان عوامل و پیامدها کمک می‌کند. این روش، همچنین در کارگاه‌های گروهی، برای جلب مشارکت، تقویت تفکر جمعی و آینده‌نگری بکار می‌رود. هدف کاربست چرخ آینده، پیشگیری از شگفتی‌سازها

و تقویت آمادگی برای رویدادهای غیرمنتظره است (Glenn, 2009; Glenn & Gordon, 2009; Kuosa, 2011).

این اقدامات، با همراهی چرخ آینده، به شناسایی پیامدهای متنوع زلزله، شناخت آینده پس از زلزله و تقویت نتایج تحلیل کیفی کمک کردند. از منابع معتبر بین‌المللی و ملی نیز برای بررسی پیامدهای مشابه در زلزله‌های دیگر مناطق، بهره گرفته شد. پس از گردآوری داده‌ها و دریافت چرخ‌های آینده از خبرگان پژوهش، تحلیل تعاملات پیامدهای شناسایی شده توسط آن‌ها از طریق کدگذاری باز، به‌وسیله پژوهشگران انجام شد. فراگرد تحلیل داده‌ها، به‌صورت مداوم و منظم، شامل مقایسه داده‌ها و دسته‌بندی آن‌ها بود. در کدگذاری باز، متن مصاحبه‌ها به دقت خوانده شد و جملات اصلی مرتبط با پیامدهای زلزله، استخراج و به کدهای مرتبط تبدیل شدند. سپس کدهای مشابه در دسته‌های بزرگ‌تر طبقه‌بندی شدند. این مرحله، منتج به معرفی چهار مقوله جدید متشکل از پیامدهای زلزله تهران شد.

- کدگذاری اولیه: متن مصاحبه‌ها و اسناد گردآوری‌شده به دقت بررسی و کدگذاری شد. در این مرحله، پیامدهای شناسایی‌شده، مانند «تلفات جانی»، «تخریب زیرساخت‌ها»، «اختلالات بهداشتی»، و نظایر آن کدگذاری شدند.
- دسته‌بندی کدها: کدهای شناسایی‌شده به دسته‌های اصلی و فرعی تقسیم شدند.

در مرحله بعد، به دلیل تعدد پیامدهای فوری، کوتاه‌مدت و بلندمدت ناشی از زلزله تهران و فقدان ظرفیت ایجاد زنجیره‌های مخرب در همه پیامدها، با طراحی یک پرسشنامه با طیف لیکرت ۱۰ نقطه‌ای، تلاش شد تا پیامدهایی که پتانسیل ایجاد یا تحریک زنجیره‌های مخرب را دارند و در زمره مخاطرات غیرسیستماتیک قرار نمی‌گیرند، شناسایی شوند. این فراگرد کمک می‌کند تا پیامدهای مهم و اثرگذار در ایجاد زنجیره‌های مخرب، به‌صورت هدفمندتری انتخاب شوند و امکان تمرکز بر تحلیل عمیق‌تر زنجیره‌های مخرب فراهم شود.

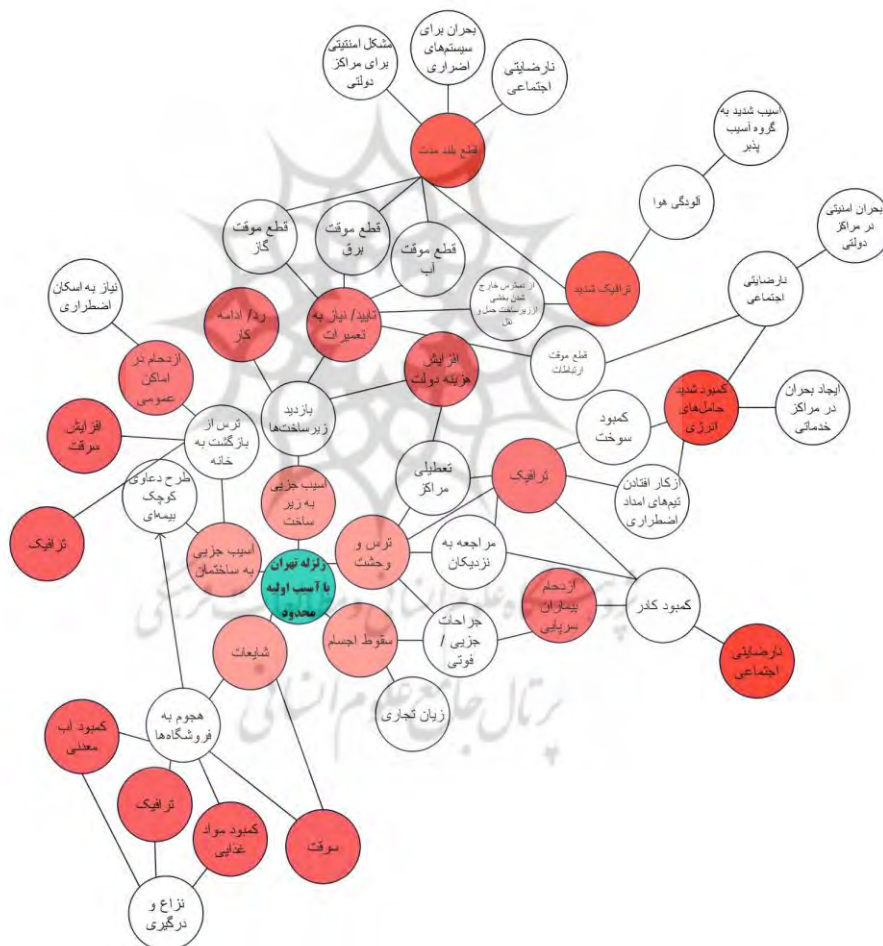
با استفاده از پرسشنامه طراحی شده، پیامدهای شناسایی‌شده به خبرگان حوزه مدیریت بحران و زلزله ارائه شدند. آن‌چنان که بیان شد، هدف از این مرحله، شناسایی و تأیید پیامدهایی است که ظرفیت ایجاد یا تحریک زنجیره‌های مخرب را دارند. در این مرحله، آرای متخصصان، جمع‌آوری و تحلیل شدند و پیامدهایی که دارای میانگین امتیاز ۷ به بالا بودند، به‌منزله پیامدهای محرک یا پیش‌ساز انتخاب شدند. برای بررسی روایی پرسشنامه، از روایی صوری و تأیید خبرگان استفاده شد و پایایی آن، با روش باز آزمایی در دو مرحله رفت و برگشتی، مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از شناسایی پیامدهای محرک، با استفاده از تحلیل مضمونی، مرادوها و زنجیره‌های پیچیده میان این پیامدها بررسی شدند. در این مرحله، تمرکز بر شناسایی زنجیره‌هایی بود که پیامدهای منتخب، می‌توانستند به‌منزله عوامل محرک در آن‌ها عمل کنند و بحران را تشدید کنند. برای بررسی تعاملات پیچیده بین پیامدهای شناسایی‌شده و زنجیره‌های مخرب، از روش تحلیل مضمونی براون و کلارک (۲۰۰۶) استفاده شد. این تحلیل به شناسایی مضامین و زنجیره‌های مخرب منجر شد. مراحل این روش، عبارت بودند از:

- آشنایی با داده‌ها: داده‌های گردآوری‌شده به‌طور کامل مرور شدند تا به درک عمیقی از محتوای آن‌ها دست یافته شود. در این مرحله، یادداشت‌برداری‌های اولیه، برای شناسایی الگوها انجام شد.
- کدگذاری اولیه: پس از آشنایی با داده‌ها، کدهای مرتبط با تعاملات بین پیامدهای شناسایی‌شده، ایجاد شد.
- شناسایی مضامین: مضامین اصلی و فرعی از کدهای ایجادشده، استخراج شدند.
- بازبینی مضامین: مضامین شناسایی‌شده با داده‌های اصلی مقایسه و بازبینی شدند تا از همسویی آن‌ها با داده‌ها، اطمینان حاصل شود.
- نام‌گذاری مضامین: مضامین نهایی، نام‌گذاری شدند تا به‌طور واضح، زنجیره‌های بحرانی و تعاملات بین پیامدها را منعکس کنند.

پس از اتمام مرحله اول، ایده‌های اولیه‌ای درباره کدها شکل گرفتند. پژوهشگران با بحث درباره این ایده‌ها، برخی از کدهای اولیه را توسعه دادند. سپس فراگرد کدگذاری به ترتیب توسط پژوهشگران انجام شد؛ ابتدا پژوهشگر ۱ کدگذاری را انجام داد و سپس توسط پژوهشگران ۲ و ۳ بازبینی شد. در ادامه، با تطبیق کدگذاری‌ها، کدگذاری نهایی توسط پژوهشگر ۱ انجام شد و توسط پژوهشگران ۲ و ۳ بررسی، اصلاح و تأیید گردید. در حین کار، کدهای جدیدی ایجاد و گاهی اوقات کدهای موجود اصلاح و تغییر داده شدند؛ این کار به‌صورت دستی توسط پژوهشگران انجام شد. علاوه بر ملاحظات بیان شده برای اطمینان از روایی و پایایی پژوهش، از چندین راهبرد دیگر نیز استفاده شد.

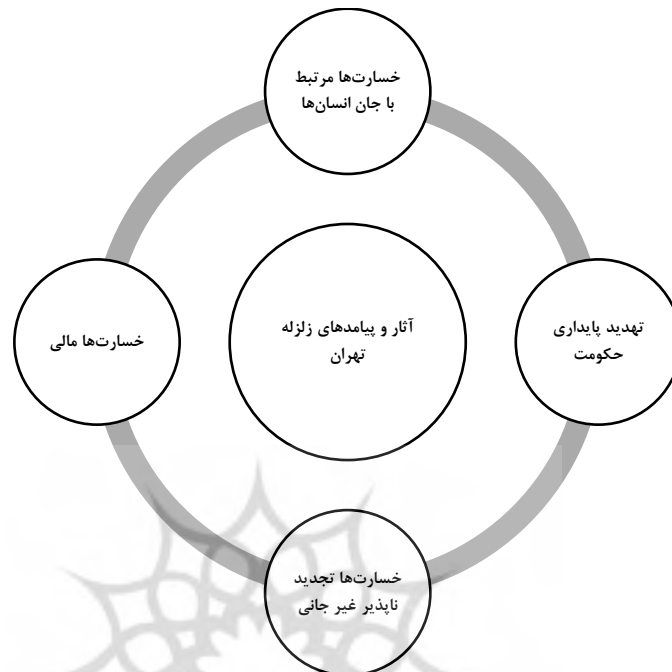
- مثلث‌سازی داده‌ها: استفاده از داده‌های متنوع شامل مصاحبه‌ها، اسناد و گزارش‌های رسمی برای تأیید یافته‌ها.
- بازبینی همتایان: نتایج اولیه پژوهش، با چندین متخصص دیگر در حوزه مدیریت بحران به اشتراک گذاشته شد تا آرا و بازخوردهای آن‌ها، در بهبود تحلیل‌ها مدنظر قرار گیرند.

تسلسل رخدادهای پس از زلزله در تهران، به‌منزله یک کلان‌شهر، در جلسات ذهن‌انگیزی، بیشتر مورد تاکید خبرگان قرار گرفت. این تسلسل نشان‌دهنده پیچیدگی و چندوجهی بودن پیامدهای آن است. چرخ‌های آینده و سایر یافته‌ها نیز نشان دادند که پیامدهای زلزله، ممکن است به تخریب گسترده زیرساخت‌ها، اختلالات شدید اقتصادی، بحران‌های انسانی و اجتماعی و نیاز به بازسازی طولانی‌مدت بیانجامد. بنابر این، بروز این زلزله ممکن است، به تهدید امنیتی چندگانه و آسیب‌پذیری چندگانه منجر شود. یافته‌ها همچنین نشان دادند که در شرایطی چون زلزله تهران، نیاز به هم‌افزایی بین بخش‌های گوناگون مدیریت بحران و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی، از جمله هماهنگی میان نهادهای دولتی، محلی و خصوصی، برای کاهش زمان بازسازی و بهبود تاب‌آوری، افزایش می‌یابد. در همین راستا، چالش‌های ساختاری و سیستمی، در برخی نواحی شهری، در شمار مهم‌ترین عواملی قرار می‌گیرند که می‌توانند شدت پیامدهای بحران را افزایش دهند.



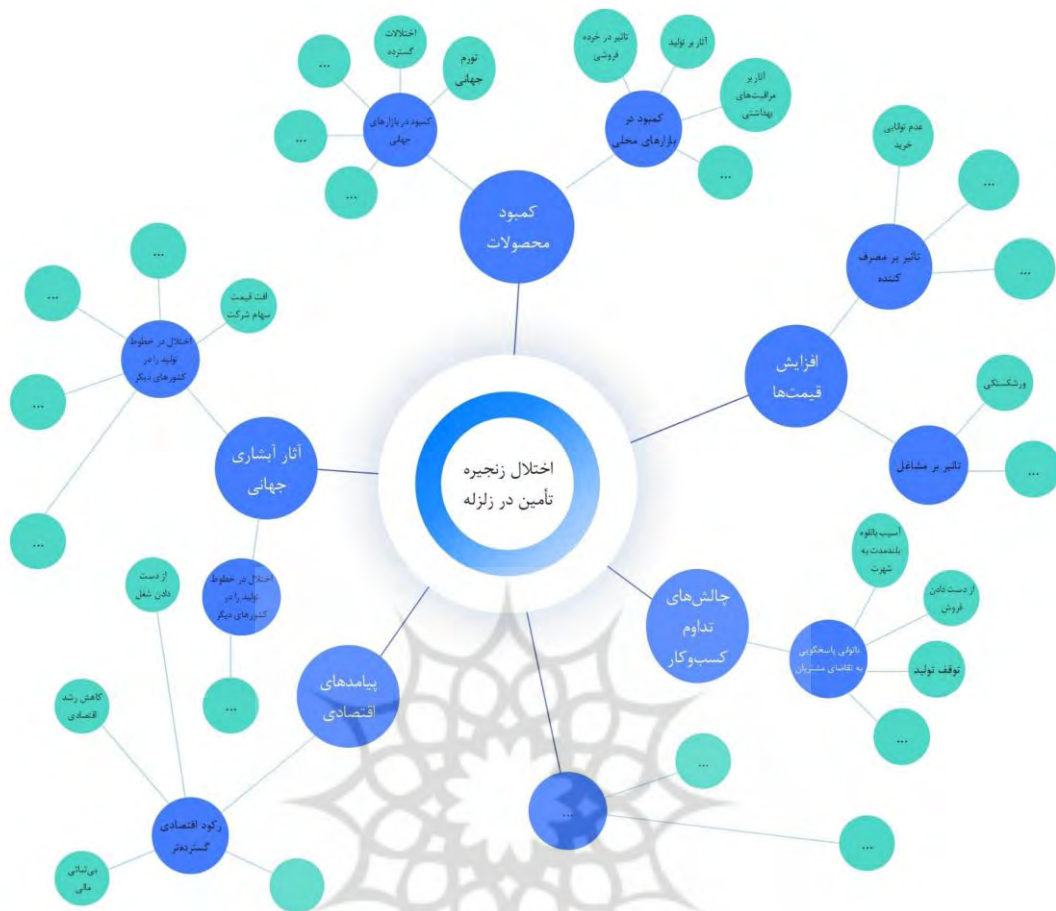
با توجه به پیچیدگی و گستردگی پیامدهای زلزله، ارائه یک چارچوب جامع و دقیق برای شناسایی و تحلیل این پیامدها، ضروری است. چنین چارچوبی به پژوهشگران، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا با رویکردی سیستمی و جامع، ریسک‌های ناشی از زلزله را ارزیابی کرده، راهکارهای مؤثری برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهر تهران پیشنهاد دهند. این چارچوب، به‌ویژه بر شناسایی و پیش‌بینی زنجیره‌های مخرب و آثار آبشاری ناشی از بحران تأکید دارد تا از طریق اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی، به‌طور مؤثر، با پیامدهای گسترده‌تری که ممکن است در پی زلزله رخ دهند، مقابله

شود. در این راستا، پیامدهای زلزله تهران از حیث سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناوری، قانونی و محیطی، شناسایی شدند. در ادامه، برخی از چرخ‌های آینده ترسیم‌شده (که در جلسات ذهن‌انگیزی نیز مورد اصلاح و بررسی قرار گرفتند)، برای شفاف‌سازی بیشتر این بحث مورد تامل قرار گرفتند و چنین به نظر رسید که این چرخ‌ها علاوه بر آثار فوری و کوتاه‌مدت، آثاری بلندمدت و پیچیده‌تر داشته، که ممکن است به بحران‌های اجتماعی، سیاسی و اقتصادی تبدیل شوند.



شکل ۲. گروه بندی آثار ناشی از تحلیل پیامدهای زلزله تهران، با دیدگاه جدید در چهار مقوله

این نکته مهم است که، دسته‌بندی این پیامدها در چارچوب‌هایی نظیر تجزیه تحلیل PESTLE (سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناوری، قانونی و محیطی)، با توجه به اجماع نظر خبرگان پژوهش در جلسات ذهن‌انگیزی، با مدنظر قرار دادن پارادایم‌های سیستم‌های پیچیده شهری و حوادث آبخاری، به دلیل کاهش مزیت نگاه کل‌نگر و سیستماتیک و هم‌پوشانی روابط ناگسستگی این مفاهیم با یکدیگر، به‌منزله رویکرد مناسبی شناخته نشد! به همین دلیل، یک تحلیل مضمونی متفاوت، ناشی از کدگذاری باز توسط پژوهشگران در چهار مقوله کلی معرفی شد (شکل ۲) و در نشست‌های بعدی مورد تایید خبرگان پژوهش قرار گرفت. به همین منظور، برخی مصاحبه‌های تکمیلی نیز بر اساس چارچوب جدید مورد تایید خبرگان، جهت تکمیل یافته‌ها انجام پذیرفتند. در شکل ۳، به‌منزله نمونه، تعاملات پیامدهای شناسایی‌شده از طریق چرخ آینده، پس از وقوع اختلال در زنجیره تأمین ناشی از زلزله، نمایش داده شد. این تعاملات نشان‌دهنده ایجاد زنجیره‌های متعددی از بحران‌ها بوده، سایر پیامدهای شناسایی‌شده نیز الگوی رفتاری مشابهی را نشان می‌دادند. وقوع این زنجیره‌ها در پیامدهای گوناگون، موجب معرفی مفهوم «زنجیره‌های مخرب» گردید. «زنجیره مخرب» در پیامدهای آبخاری، به مجموعه‌ای از واکنش‌های متوالی و به‌هم‌پیوسته اطلاق می‌شود که از یک رویداد «محرک یا پیش‌ساز» آغاز شده، به دلیل وابستگی متقابل میان سیستم‌ها و خرده‌سیستم‌ها، آثار آن به‌صورت تصاعدی و در مقیاس‌های گوناگون گسترش و تشدید می‌یابند.

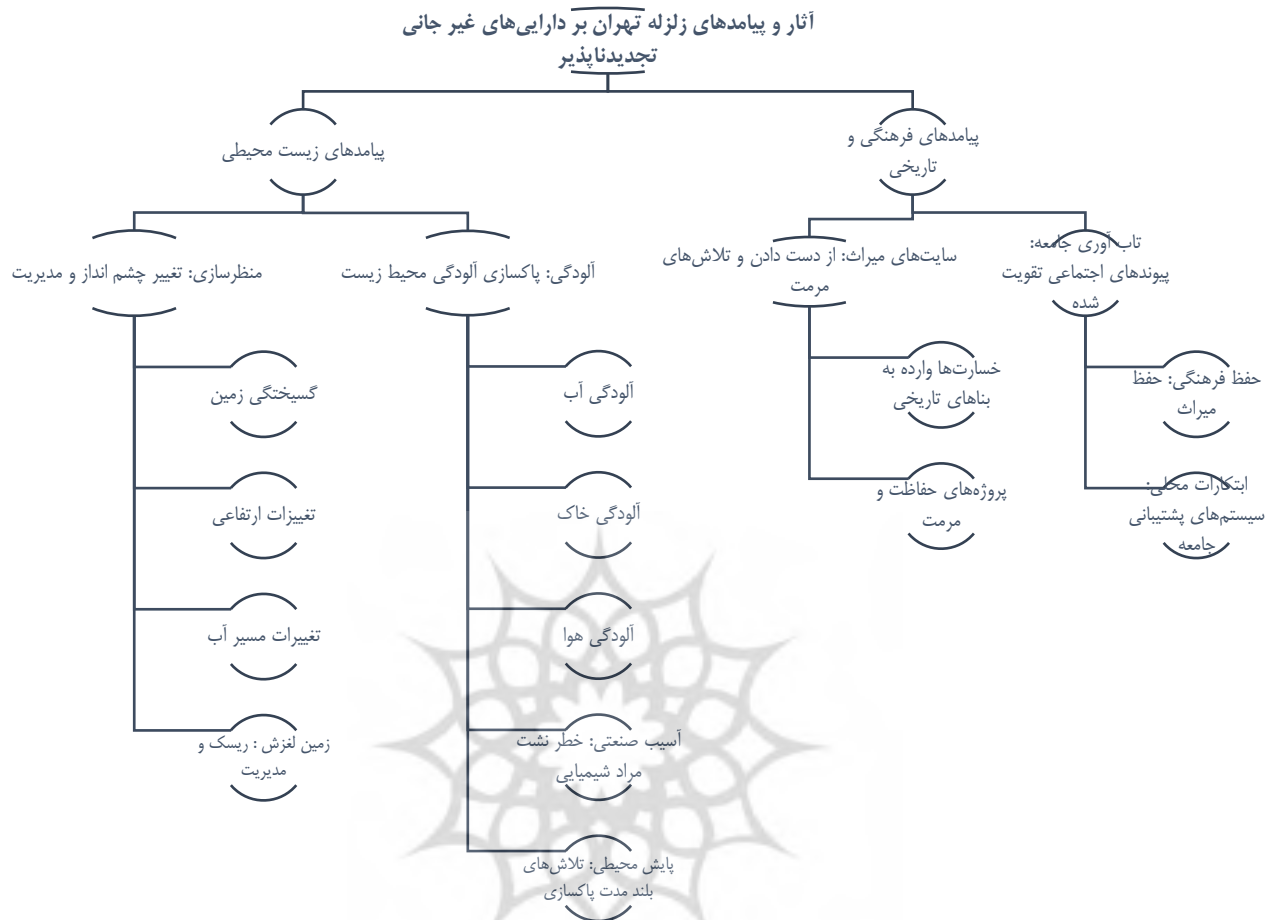


شکل ۳. نمونه رخدادهای آتی ناشی از پیامدهای اختلال زنجیره شناسایی شده در جلسات ذهن انگیزی توسط چرخ آینده

آثار و پیامدهای زلزله تهران، بر دارایی‌های غیر جانی تجدیدنپذیر

زلزله در تهران، ممکن است هم بر زندگی و زیرساخت‌ها و هم بر دارایی‌های تجدیدنپذیر آثار گسترده‌ای داشته باشد. منظور از دارایی‌های غیر جانی تجدیدنپذیر، منابع و دارایی‌هایی است که در صورت تخریب، بازگردانی آن‌ها بسیار دشوار یا حتی غیرممکن است. این دارایی‌ها، از جمله منابع زیست‌محیطی، سایت‌های میراث فرهنگی و بناهای تاریخی، به دلیل احتمال پایین برگشت‌پذیری و ارزش بالایی که برای محیط زیست، فرهنگ و تاریخ منطقه دارند، حیاتی محسوب می‌شوند. آسیب به منابع زیست‌محیطی، مانند منابع آب، فضای سبز و کیفیت هوا ممکن است رفاه جمعیت و تنوع زیستی را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، تخریب بناها و آثار تاریخی، ممکن است منجر به از دست دادن میراث فرهنگی و هویت اجتماعی شود. پیامدهای اجتماعی-اقتصادی نیز از اهمیت بالایی برخوردارند، زیرا تخریب این دارایی‌ها ممکن است به کاهش گردشگری، تضعیف اقتصاد محلی و کاهش کیفیت زندگی منجر شود. منابع زیست‌محیطی، نظیر آب، فضای سبز، کیفیت هوا و چشم‌اندازهای طبیعی، برای رفاه عمومی و تنوع زیستی حیاتی‌اند. در عین حال، دارایی‌های فرهنگی و تاریخی، شامل بناهای باستانی، آثار فرهنگی و تاریخی که بیانگر حافظه و میراث جمعی جامعه‌اند، نقشی بی‌بدیل در جذب گردشگری و تقویت هویت اجتماعی ایفا می‌کنند. تخریب این دارایی‌ها، ممکن است به پیامدهای جبران‌ناپذیر فرهنگی و اجتماعی منجر شود. دامنه آثار بالقوه زلزله در تهران، ممکن است به تخریب مجموعه این منابع منجر شده، پیامدهای زیست‌محیطی ممکن است مخرب دیگری داشته باشند و موجب آلودگی منابع آبی، افزایش آلودگی هوا و اختلال در اکوسیستم‌های محلی شوند. همچنین، آسیب به میراث فرهنگی و بناهای تاریخی، ممکن است منجر

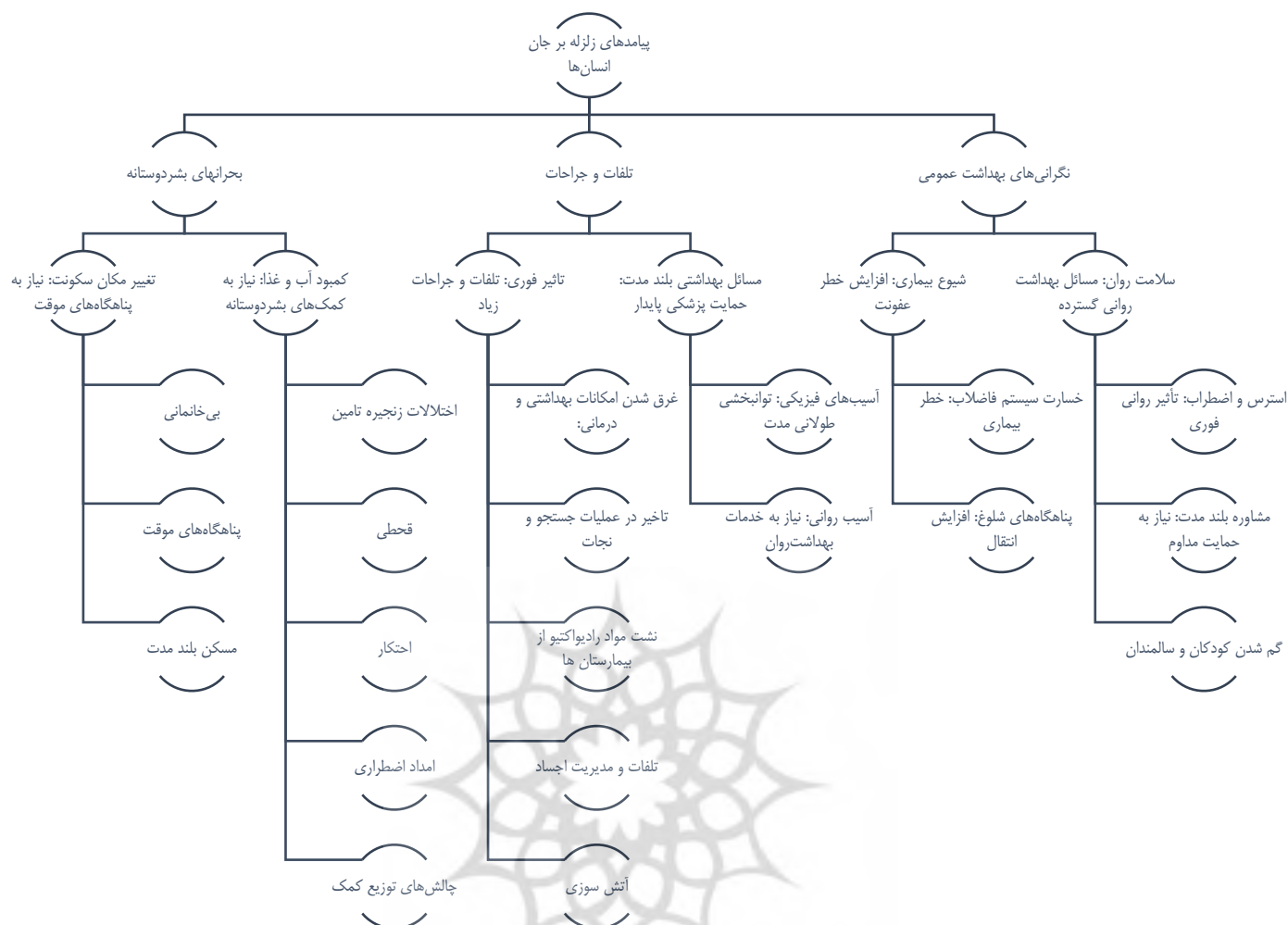
به از دست رفتن میراث فرهنگی و هویت جمعی شود. علاوه بر این، پیامدهای اجتماعی-اقتصادی ناشی از این خسارت‌ها نیز قابل توجه است، زیرا تخریب این دارایی‌های تجدیدناپذیر می‌تواند به کاهش گردشگری، تضعیف اقتصاد محلی و افت کیفیت زندگی، منجر گردد.



شکل ۴. تحلیل مقوله «آثار و پیامدهای زلزله تهران بر دارایی‌های غیر جانی تجدیدناپذیر»

آثار و پیامدهای زلزله بر جان انسان‌ها

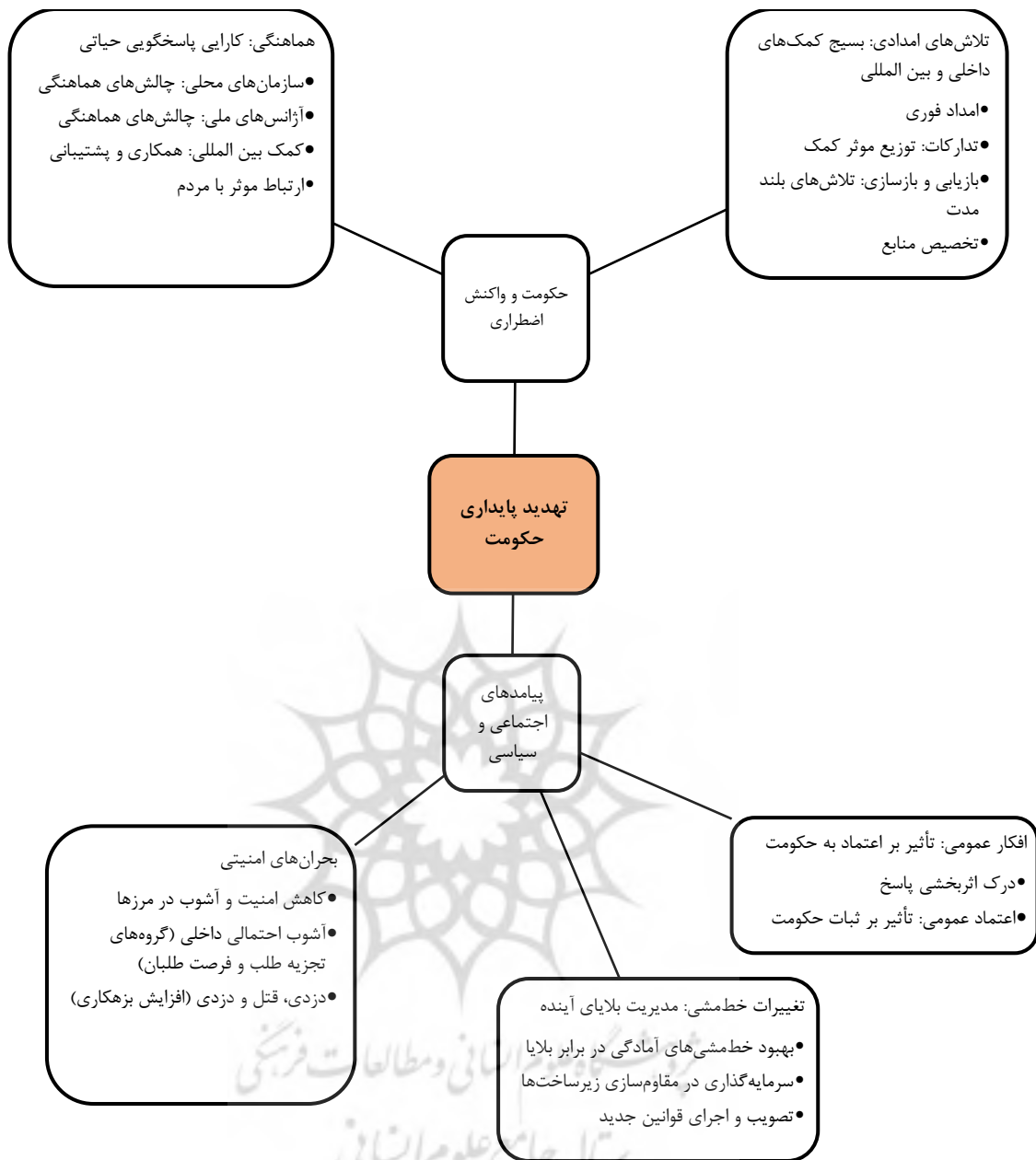
جان انسان، به منزله ارزشمندترین سرمایه، محور همه تلاش‌های بشری در جهت حفظ، ارتقاء و بهبود کیفیت زندگی است. زلزله، به منزله یکی از بلایای طبیعی ناگهانی و غیرقابل پیش‌بینی، قادر است آثار ویرانگری بر جوامع انسانی داشته باشد. این آثار فراتر از تخریب فیزیکی مستقیم بوده و ممکن است به بحران‌های انسانی گسترده‌ای منجر شود؛ از جمله جابجایی جمعیت، کمبود منابع حیاتی مانند آب و غذا و همچنین اختلال در زیرساخت‌های اساسی. درک جامع این آثار برای طراحی راهبردهای موثر در واکنش به بلایا و اطمینان از ارائه کمک‌های بشردوستانه، ضروری است. در این راستا، توجه ویژه به جمعیت‌های آسیب‌پذیر، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. بر اساس دیدگاه خبرگان، انسان‌های دارای نیازهای ویژه، از جمله کودکان، سالمندان و افراد دارای معلولیت، به حمایت‌های بیشتر و منابع، بسیار حساس و ویژه‌تر نیاز دارند. همچنین، اقدامات حفاظتی برای پیشگیری از سوءاستفاده و استثمار این افراد پس از فاجعه ضروری است. معمولاً تأثیر زلزله بر زندگی انسان‌ها، چندوجهی است. این بلایا ممکن است با ایجاد ویرانی گسترده، بحران‌های انسانی فوری را رقم بزنند و منجر به تلفات سنگین و آسیب‌های گسترده به سیستم‌های بهداشتی شوند. عواقب اولیه زلزله، معمولاً با افزایش جراحات و مرگ و میر همراه بوده، نیاز به واکنش سریع پزشکی و خدمات اضطراری را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، تخریب زیرساخت‌ها، ارائه خدمات ضروری نظیر آب، برق و فاضلاب را مختل کرده و بحران انسانی را تشدید می‌کند. نمونه بارز این وضع، حادثه زلزله ۲۰۱۰ هائیتی بود که با ویرانی عظیم، یک بحران انسانی شدید را رقم زد و واکنش بین‌المللی گسترده‌ای را برای تأمین سرپناه، مراقبت‌های پزشکی و نیازهای اولیه، ضروری ساخت (Kirsch et al., 2012).



شکل ۵. تحلیل مقوله پیامدهای زلزله بر جان انسان‌ها

پیامدهای زلزله و تهدیدهای آن برای پایداری حکومت

بروز زلزله، ممکن است ضعف‌های متعددی را در حکمرانی، مدیریت منابع و قابلیت‌های دولت، آشکار کند. سوءمدیریت یا ناکارآمدی در واکنش به زلزله، ممکن است به انتقادهای گسترده و نارضایتی‌های عمومی گوناگون منجر شود و حتی ثبات نظام حاکم را به خطر اندازد. پس از وقوع زلزله، دولت تحت فشار زیادی برای واکنش سریع و موثر در زمینه عملیات نجات، ارائه خدمات پزشکی، بازگرداندن خدمات ضروری و حفظ امنیت پیش‌نگرانه عمومی قرار می‌گیرد. هرگونه تأخیر یا ناکارآمدی در این زمینه ممکن است، به از دست رفتن اعتماد عمومی به توانایی دولت در مدیریت بحران، منجر شود. همچنین، آسیب به ساختمان‌ها و زیرساخت‌های دولتی، می‌تواند کارکردهای حکومتی را مختل کرده و روند بازسازی را به تأخیر بیندازد. پیامدهای اجتماعی و سیاسی زلزله، اغلب فراتر از آثار فیزیکی اولیه آن است. اعتماد عمومی به دولت، نقشی حیاتی در موفقیت واکنش به بلایا و تلاش‌های بازسازی دارد. سطوح بالای اعتماد، می‌تواند به انطباق بهتر مردم با دستورالعمل‌های اضطراری و همکاری در فراگردهای بازسازی، منجر شود. در مقابل، شکست‌های دولت در این زمینه، ممکن است به ناآرامی‌های اجتماعی، مخالفت‌های سیاسی و به چالش کشیدن اقتدار حکومتی، منجر گردد. این چالش‌ها ممکن است در صورت درک ناعادلانه از روند بازسازی یا تشدید نابرابری‌های اجتماعی، به بی‌ثباتی سیاسی بیشتری منجر شوند.

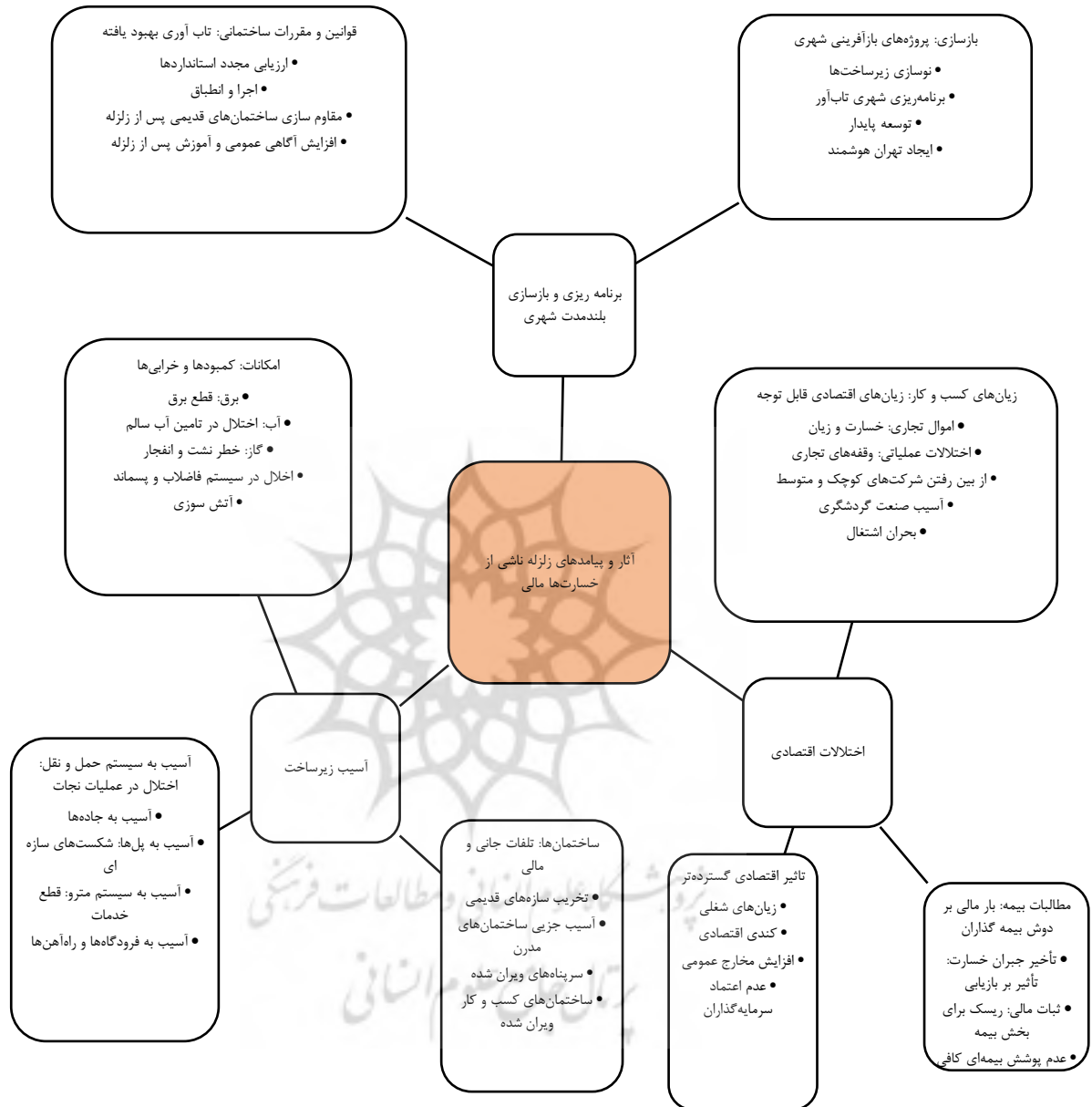


شکل ۶. تحلیل مقوله پیامدهای ناشی از زلزله که پایداری حکومت را تهدید می‌کند

آثار و پیامدهای زلزله ناشی از خسارت‌های مالی

خسارت‌های مالی ناشی از زلزله، فراتر از هزینه‌های مستقیم بوده و شامل آثار نامشهودی مانند از دست رفتن فرصت‌های سرمایه‌گذاری، کاهش اعتماد سرمایه‌گذاران، افزایش هزینه‌های بیمه و اختلال در زنجیره تأمین می‌شود. این خسارت‌ها، در کوتاه‌مدت به صورت هزینه‌های مستقیم و در بلندمدت با کاهش رشد اقتصادی و افزایش هزینه‌های فرصت، نمایان می‌شوند. برای کاهش این خسارت‌ها، حکمرانی شهری نیاز به تدوین برنامه‌های جامع کاهش خطر بلایا، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم و ایجاد سیستم‌های مالی پایدار دارد. بیمه به‌منزله ابزاری مهم در مدیریت ریسک، می‌تواند به بازسازی سریع اقتصاد کمک کند، اما لازم است تا از ورشکستگی سیستم بیمه‌ای در صورت وقوع زلزله، جلوگیری شود. زلزله‌ها به طور مستقیم بر فعالیت‌های اقتصادی مانند تخریب کارخانه‌ها، اختلال در زنجیره تأمین، کاهش تولید و صادرات، و افزایش هزینه‌های تولید تأثیر می‌گذارند. در شهر تهران، وقوع زلزله ممکن است به اختلالات اقتصادی گسترده، آسیب به زیرساخت‌ها، و چالش‌های بلندمدت در برنامه‌ریزی و بازسازی شهری منجر شود. آثار بلندمدت

اقتصادی شامل از دست رفتن سرمایه‌گذاری، کاهش رشد اقتصادی و افزایش نرخ بیکاری است. همچنین، آسیب به صنایع کلیدی ممکن است آثار آبشاری بر اقتصاد کلان داشته باشد و بار مالی بازسازی نیز ممکن است فشار زیادی بر اقتصاد عمومی وارد کرده، و رشد اقتصادی را به تأخیر بیندازد.



شکل ۷. تحلیل مقوله‌ی آثار و پیامدهای زلزله ناشی از خسارت‌ها مالی

شناسایی زنجیره‌های مخرب و متقاطع

در این بخش پژوهش، پس از شناسایی ۱۵۳ پیامد (کد) و ترکیب پیامدهای همسنگ، همانند ترکیب کدهای «آسیب مخازن بنزین»، «نشت خطوط انتقال بنزین در ساحت زمین شهر تهران»، «نشت گازوئیل» و «شکست خطوط انتقال گاز» تحت عنوان کد اولیه انتشار «مواد قابل اشتعال گاز / مایع»، توسط تیم پژوهش، به ۹۲ کد حاصل شد. کلیه پیامدها حاصل شده پس از این مرحله، در راستای شناسایی پیامدهایی که قابلیت تحریک ایجاد «زنجیره‌های

مخرب» را دارند، در قالب یک پرسشنامه^۱ با طیف لیکرت ۱۰ نقطه‌ای، که در دو مرحله رفت و برگشتی، در نهایت به پاسخ‌های داده شده زیر رسید و در اختیار خبرگان قرار گرفت تا ایشان میزان موافقت خود را با پیامدها به منزله محرک یک زنجیره، اعلام کنند. یادآوری می‌شود در دو مرحله، برخی از امتیازها تفاوت اندکی داشتند، اما هیچ کد اولیه اضافه یا حذف نگردید. سپس پیامدهایی که میانگین ۷ و بالاتر داشتند، به منزله ۵۷ پیامدهای محرک «زنجیره‌های مخرب» شناسایی شدند که در ستون کدهای اولیه قابل مشاهده‌اند. سایر پیامدها، از نظر خبرگان قابلیت ایجاد زنجیره‌های مخرب را نداشتند؛ از این رو، آن‌ها در قلمرو این پژوهش، بیش از این بررسی نشدند. این تحلیل، بر اساس کدگذاری‌های انجام‌شده، به مجموعه‌ای از مضامین فرعی و در نهایت به مجموعه‌ای از مضامین اصلی منتهی شد که در بردارنده تعاملات پیچیده میان پیامدهای گوناگون بود. روش تحلیل مضمون به‌طور عمده برای شناسایی الگوهای کلیدی از پیامدهای شناسایی‌شده و فهم بهتر «زنجیره‌های مخرب» به کار گرفته شد. در جدول ۱ نتایج تحلیل مضمون این زنجیره‌ها و پیامدهای مرتبط با آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۱: رویدادهای محرک و زنجیره‌های شناسایی‌شده (منبع: تیم پژوهش)

مضامین اصلی	مضامین فرعی	کدهای اولیه (رویداد محرک)	امتیاز لیکرت
زنجیره‌های تهدید زیست‌محیطی و اختلال اکوسیستمی	انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی	آلودگی آب	۸.۶
		آلودگی خاک	۸.۷
		نشت مواد رادیواکتیو	۸.۳
		انتشار مواد قابل اشتعال گاز / مایع	۸.۹
		آلودگی هوا	۷.۹
		آتش سوزی صنعتی	۸.۱
		انتشار مواد شیمیایی	۸.۷
	تغییر چشم‌انداز محیطی	آسیب به شبکه آب (رودخانه)	۷.۴
		رانش زمین	۷.۵
	تهاجم گونه‌های بیگانه	هجوم حیوانات وحشی	۷.۷
		افزایش جانوران موزی	۸.۳
زنجیره‌های آسیب‌پذیری و تضعیف زیرساخت‌های حساس	آسیب فیزیکی	آسیب به زیرساخت حمل و نقل	۹
		تخریب ساختمان‌ها	۸.۹
		آسیب به حفاظت سازه	۸.۲
		خسارت به تأسیسات صنعتی	۹
	اختلال در سیستم‌های فناوری زاد	اختلال سیستم بانکی	۷.۶
		اختلال ارتباطی	۸.۱
		آسیب به شبکه فاضلاب	۷.۹
زنجیره‌های تشدید آسیب‌های روانشناختی پس از زلزله	چرخه معیوب ترس و ناامنی	انتشار شایعه	۷.۶
		ترک خدمت کارکنان	۷.۳
		افزایش تقاضا	۸
		کمبود ناشی از افزایش تقاضا	۸.۵
	چرخه خود تقویت‌کننده ترس و کمبود	احتکار و افزایش خرید	۸.۷
		آسیب به شبکه گاز (خط لوله)	۸.۲
		آسیب به شبکه برق	۸.۳
زنجیره‌های تهدید‌کننده امنیت و پایداری انرژی		آسیب به شبکه آب	۷.۸
		اختلال در زنجیره تامین سوخت	۸.۹
		فروپاشی حکمرانی منطقه‌ای	۸.۹
		نفوذ امنیتی دشمنان	۸.۷
	تهدید پایداری حکومت	کاهش اعتماد عمومی	۸.۱

^۱ این پرسشنامه صرفاً به منظور شناسایی پیامدهایی که قابلیت محرک بودن برای ایجاد زنجیره‌های بعدی را دارند، استفاده شده است و کاربرد دیگری که نیازمند تحلیل بیشتر باشد، ندارد.

مضامین اصلی	مضامین فرعی	کدهای اولیه (رویداد محرک)	امتیاز لیکرت
	اختلال اجتماعی	افزایش بزهکاری	۷.۹
		اختلال نظم عمومی	۸.۷
	زنجیره‌های تضعیف‌کننده امنیت و پایداری اقتصادی	زیان‌های تجاری	بحران اشتغال
وقفه‌های تجاری			۸
آسیب جدی کسب و کار			۸.۷
رکود اقتصادی ناشی از زلزله		افت اقتصادی	۷.۹
		افزایش مخارج عمومی	۸.۸
		فقر	۸.۳
		تورم پس از زلزله	۸.۹
		افزایش قیمت جهانی نفت	۸.۷
		عدم اعتماد سرمایه‌گذاران	۸.۹
بار مالی صنعت بیمه		تأخیر در جبران خسارت	۸.۲
		ریسک در بخش بیمه	۷.۷
		ورشکستگی بیمه	۸.۹
زنجیره‌های تهدید‌کننده پایداری و مدیریت منابع حیاتی	تهدید امنیت بهداشتی و پاسخگویی اضطراری	ترافیک ناشی از اضافه‌بار	۸
		ضعف زیرساخت حمل و نقل	۸.۸
		عدم دسترسی مناسب به محل	۸.۷
		غرق شدن سیستم درمان	۸.۲
		پاسخگویی اضطراری تکه تکه	۸.۹
	سیال شدن مشکلات	کمبود موارد ضروری درمانی	۹
		فقدان هماهنگی	۸.۱
		آثار سرریز پس از زلزله	۸.۹
		قحطی	۸.۷
		مهاجرت بین منطقه‌ای	۸.۹
		کمبود آب و غذا	۸.۸
		تهدید امنیت غذایی	خرید بی‌رویه و احتکار
	اختلال زنجیره تأمین	۸.۹	

*پیامدهایی که امتیاز لیکرت آن‌ها زیر ۷ بود، قابلیت محرک بودن را از دیدگاه خبرگان نداشتند، لذا در این تحلیل حذف شدند.

معرفی زنجیره‌های شناسایی شده

(۱) زنجیره‌های تهدید زیست محیطی و اختلال اکوسیستمی، زنجیره‌های زیست محیطی، به‌طور قابل توجهی از محرک‌های گوناگونی که به انتشار آلاینده‌های شیمیایی، آلودگی آب، خاک، و هوا مربوط می‌شود، تأثیر می‌پذیرند. در این زمینه، کدهایی مانند نشت مواد رادیواکتیو، انتشار مواد شیمیایی و گازهای سمی، آلودگی رودخانه‌ها و آتش‌سوزی‌های صنعتی، شناسایی شدند. این پیامدها، باعث تغییرات گسترده در اکوسیستم و ایجاد بحران‌های زیست محیطی شده، که می‌توانند آثار بلندمدتی بر منابع طبیعی و زیست‌بوم‌های منطقه‌ای داشته باشند. رانش زمین و هجوم حیوانات وحشی نیز از دیگر پیامدهایی‌اند که این زنجیره را تقویت می‌کنند و تهدیدهای بیشتری برای پایداری زیست محیطی ایجاد می‌کنند.

(۲) زنجیره‌های آسیب‌پذیری و تضعیف زیرساخت‌های حساس، پیامدهای فیزیکی زلزله بر زیرساخت‌های حساس، مانند جاده‌ها، پل‌ها، تأسیسات صنعتی، شبکه‌های برق و آب، و ساختمان‌ها تأثیر می‌گذارند. تحلیل مضمون، نشان داد که تخریب این زیرساخت‌ها می‌تواند زنجیره‌ای از مشکلات دیگر را به‌وجود آورد. برای مثال، آسیب به شبکه حمل‌ونقل، تخریب سدها و آب‌بندها، و خسارت به تأسیسات صنعتی باعث بروز اختلال در ارائه خدمات اساسی و در نتیجه، افزایش آسیب‌پذیری جمعیت می‌شود. این زنجیره، باعث دشواری در بازسازی، تأمین خدمات اضطراری و ایجاد بحران‌های جدیدی، مانند عدم دسترسی به خدمات بهداشتی و تأمین غذا و آب می‌شود.

(۳) زنجیره‌های تشدید آسیب‌های روانشناختی پس از زلزله، تحلیل‌ها نشان داد که پیامدهای روانشناختی زلزله، شامل ترس گسترده، انتشار شایعه و احساس ناامنی اجتماعی بوده، با پیامدهای فیزیکی و اجتماعی زلزله ترکیب می‌شوند و یک زنجیره از بحران‌های روانشناختی ایجاد می‌کند. این پیامدها شامل افزایش اضطراب عمومی، ترک خدمت کارکنان، کمبود کالاهای اساسی به دلیل احتکار و افزایش خرید و افزایش فشار روانی است. این زنجیره می‌تواند توانایی جامعه در بازسازی پس از بحران را تضعیف کرده و احساس بی‌اعتمادی عمومی را تقویت کند.

(۴) زنجیره‌های تهدیدکننده امنیت و پایداری انرژی، در این زنجیره، پیامدهایی مانند آسیب به شبکه‌های برق و گاز، ناتوانی در سوخت‌رسانی و قطع آب و برق، شناسایی شدند که باعث اختلال در تأمین انرژی و خدمات اساسی مرتبط با آن می‌شود. زنجیره‌های مرتبط با امنیت انرژی، تأثیر عمیقی بر سایر زنجیره‌های بحرانی دارند؛ زیرا عدم دسترسی به منابع انرژی، می‌تواند سایر خدمات حیاتی مانند بهداشت، حمل‌ونقل و حتی تأمین غذا و آب را تحت تأثیر قرار دهد. تحلیل مضمون نشان داد که اختلال در شبکه‌های انرژی، یک محرک کلیدی برای تشدید بحران‌های دیگر است.

(۵) زنجیره‌های مخاطره‌آفرین برای حکمرانی پایدار و انسجام اجتماعی، در این زنجیره، پیامدهایی مانند تجزیه ساختار حکمرانی منطقه‌ای، کاهش اعتماد عمومی و نفوذ دشمنان خارجی به‌منزله عوامل تهدیدکننده برای حکمرانی پایدار و انسجام اجتماعی، شناسایی شدند. این پیامدها نشان‌دهنده آثار مستقیم و غیرمستقیم زلزله بر ساختار حکومتی و امنیت اجتماعی بوده، موجب افزایش بزهکاری و اختلال در نظم عمومی شده، به تشدید این زنجیره دامن می‌زند و باعث ایجاد بی‌ثباتی اجتماعی و تضعیف کارآمدی نظام حکمرانی می‌شود. این زنجیره ممکن است بحران‌های اجتماعی و امنیتی را عمیق‌تر کرده و پایداری کشور را تهدید کند.

(۶) زنجیره‌های تضعیف‌کننده امنیت و پایداری اقتصادی، افت اقتصادی، بحران اشتغال، و ورشکستگی بیمه‌ها، از جمله پیامدهای اقتصادی شناسایی شده در این زنجیره‌اند. تحلیل مضمون نشان داد که پیامدهایی مانند افزایش میزان فقر، تورم پس از زلزله، و زیان‌های تجاری، باعث شکل‌گیری یک زنجیره اقتصادی مخرب می‌شوند که می‌تواند آثار گسترده‌ای بر امنیت و پایداری اقتصادی منطقه داشته باشند. همچنین تعطیلی کسب‌وکارها و کاهش اعتماد سرمایه‌گذاران، به‌شدت بر وضعیت اقتصادی کشور تأثیر می‌گذارد.

(۷) زنجیره‌های تهدیدکننده پایداری و مدیریت منابع حیاتی (آب، غذا و بهداشت)، با تحلیل مضمون، کمبود منابع حیاتی پس از زلزله، به‌منزله یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها، شناسایی شد. کمبود آب و غذا، اختلال در زنجیره تأمین، اضافه‌بار سیستم‌های درمانی و ناتوانی زیرساخت‌های حمل‌ونقل در امداد رسانی، از جمله پیامدهای کلیدی بودند که یک زنجیره از کمبود منابع را تشکیل دادند. این زنجیره، باعث افزایش مشکلات بهداشتی و عدم توانایی در پاسخگویی به نیازهای اولیه مردم می‌شود. همچنین تحلیل نشان داد که این زنجیره‌ها، از هجوم به فروشگاه‌ها و احتکار کالاها تأثیر می‌پذیرند و منجر به افزایش تقاضا و کمبود مصنوعی منابع می‌شوند.

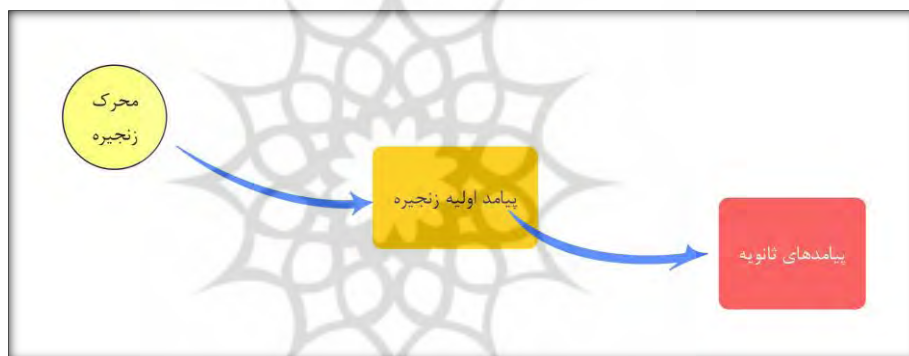
نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر، با هدف شناسایی و تحلیل پیامدهای سیستمیک، هم‌پیوند و آشناری زلزله تهران انجام شد. نتایج تحلیل مضمون نشان داد که زلزله در تهران، به دلیل پیچیدگی‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و زیرساختی، ممکن است زنجیره‌های پیچیده‌ای از پیامدهای آشناری را ایجاد کند، این تحلیل، با یافته‌های پژوهش‌های متعددی در سایر کلان‌شهرها هم‌راستا است (Huang & Wang, 2024; NGUYEN, 2024; Poudel et al., 2024; Wang et al., 2020). در این مطالعه، چهار مقوله، با دیدگاهی جدید و با مدنظر قرار دادن پارادایم‌های سیستم‌های پیچیده شهری و حوادث آشناری، با توجه به مزیت نگاه کل‌نگر و سیستماتیک معرفی شدند که عبارتند از: آثار و پیامدهای زلزله تهران بر دارایی‌های غیرجانی تجدیدنپذیر، آثار و پیامدهای زلزله بر جان انسان‌ها، پیامدهای زلزله و تهدیدهای آن برای پایداری حکومت، و آثار و پیامدهای زلزله ناشی از خسارت‌ها مالی. از تعامل پیامدهای تشکیل‌دهنده این چهار مقوله، زنجیره‌های آشناری متعددی شناسایی شدند که از طریق تعاملات میان بخش‌های گوناگون، گسترش یافته و شدت بحران را افزایش می‌دهند و امنیت و تاب‌آوری را در حوزه‌های گوناگون به چالش می‌کشند.

تبیین پیامدهای سیستماتیک، هم‌پیوند و آشناری، یکی از یافته‌های محوری این پژوهش بود که بر برجسته‌سازی پیامدهای سیستماتیک ناشی از زلزله تمرکز دارد. در این راستا، مشاهده شد که زلزله، علاوه بر تخریب زیرساخت‌ها و خدمات ضروری، از طریق تأثیر بر زنجیره‌های مرتبط، بحران‌های بیشتری را ایجاد می‌کند. این پژوهش، با شناسایی هفت زنجیره متفاوت، مفهوم «زنجیره‌های مخرب» در آینده بلندمدت و کوتاه‌مدت پس از زلزله تهران را معرفی

کرده، تأکید دارد که این زنجیره‌ها باید در برنامه‌ریزی‌های مدیریت شهری، مورد توجه ویژه قرار گیرند. نکته این است که، این زنجیره‌ها علاوه بر کاهش تاب‌آوری، گاهی موجب تقویت رخدادهایی مثبت و بهبود دهنده برای مدیریت شهری می‌شوند، برای مثال، ابتکارات محلی و سیستم‌های پشتیبان جامعه را بهبود می‌دهند و این‌گونه موارد به‌منزله پیامدهای مثبت زلزله در تقویت سیستم اجتماعی، در شکل ۴ مطرح شده‌اند. به این ترتیب، با معرفی گونه مفاهیم، رخدادهایی که نیازمند توجه مدیریت شهری برای افزایش تاب‌آوری در بحران‌اند، برجسته می‌شوند.

زنجیره‌های متفاوتی در پیامدهای سیستماتیک و آبشاری زلزله شناسایی شده‌اند که هر یک، به‌طور مستقیم بر پایداری و مدیریت بحران تأثیر می‌گذارند. زنجیره‌های تهدیدکننده پایداری و مدیریت منابع حیاتی، به ایجاد اختلال در امنیت منابع حیاتی و کمبود منابع اساسی، مانند آب و غذا اشاره دارند که با تخریب زیرساخت‌های حساس، تشدید می‌شوند. زنجیره‌های تضعیف‌کننده امنیت و پایداری اقتصادی، با ایجاد اختلالات اقتصادی و افزایش بیکاری، امنیت اقتصادی را در بلندمدت دچار اختلال می‌کنند. زنجیره‌های مخاطره‌آفرین برای حکمرانی پایدار و انسجام اجتماعی نیز به تضعیف اعتماد عمومی و افزایش ناآرامی‌ها منجر می‌شوند. همچنین، زنجیره‌های تهدیدکننده امنیت و پایداری انرژی، با اختلال در خدمات انرژی و بروز بحران‌های ثانویه، بر سیستم‌های امدادی تأثیرگذارند. پیامدهای روانی نیز در زنجیره‌های تشدید آسیب‌های روان‌شناختی ظهور می‌کنند که امنیت روانی جامعه را مختل کرده، بر روند بازسازی جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از سوی دیگر، زنجیره‌های آسیب‌پذیری و تضعیف زیرساخت‌های حساس، به تخریب سیستم‌های حمل‌ونقل و زیرساخت‌های صنعتی اشاره داشته، که موجب افزایش مشکلات امدادسانی و حوادث ثانویه می‌شوند و امنیت کلی جامعه را به خطر می‌اندازند. در نهایت، زنجیره‌های تهدید زیست‌محیطی و اختلال اکوسیستمی، به آلودگی منابع طبیعی و تخریب اکوسیستم‌ها پرداخته، بحران‌های زیست‌محیطی طولانی‌مدت را در پی داشته و امنیت زیست‌محیطی را به خطر می‌اندازند.



شکل ۱. سیستم مرحله‌ای تشکیل پیامدهای آبشاری

این پژوهش، علاوه بر معرفی محرک‌ها و زنجیره‌های مخرب در زلزله تهران، با توجه به عملکرد چرخ‌های آینده ترسیم شده از پیامدها، یک سیستم به نام «سیستم مرحله‌ای تشکیل پیامدهای آبشاری» را معرفی می‌کند. این سیستم به فراگردهای پیوسته و متوالی اطلاق می‌شود که در آن، یک رویداد یا حادثه، زنجیره‌ای از پیامدها را ایجاد می‌کند که به تدریج، بر ابعاد گوناگون سیستم تأثیر می‌گذارد. در این سیستم، هر مرحله از پیامدها، ممکن است باعث تشدید و گسترش آثار اولیه شده و موجب ایجاد بحران‌های بیشتر یا حتی تغییرات مثبت در برخی جنبه‌ها شود. این فراگرد معمولاً در زمینه‌های متفاوتی همچون بلایای طبیعی، بحران‌های اقتصادی، یا رویدادهای اجتماعی کاربرد دارد.

این مطالعه، بر ضرورت کنترل و مدیریت شبکه‌ها و زنجیره‌های بحرانی پس از زلزله تأکید داشته، نشان می‌دهد که برخورداری از برنامه‌های جامع، صرفاً برای واکنش به پیامدهای آنی کافی نیست. یکی از محورهای خاص این پژوهش، شناسایی تعاملات پیچیده بین محرک‌های گوناگون و پیامدهای متقابل آن‌ها در زنجیره‌های مخرب است که در ادبیات رو به تکمیل درباره بلایای آبشاری و چارچوب سندای سازمان ملل (۲۰۱۵-۲۰۳۰) مورد تأکید است. برای جلوگیری از گسترش بحران و پیامدهای ثانویه، کنترل و تقویت شبکه‌های حیاتی، مانند انرژی، آب، و حمل‌ونقل، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هرگونه نقص در این شبکه‌ها، ممکن است زنجیره‌ای از عواقب ناخواسته، مانند اختلال در ارائه خدمات درمانی یا ایجاد بحران‌های اجتماعی و امنیتی، در پی داشته باشد. در همین راستا، ایجاد هماهنگی میان نهادهای مرتبط و طراحی سیستم‌های واکنش سریع، با قابلیت کنترل شبکه‌های بحران، از جمله پیشنهادهایی است که می‌تواند زنجیره‌های مخرب را در همان مراحل ابتدایی، مهار کند. همچنین، «شبکه‌های مخرب» که شامل تعاملات منفی و تشدید بحران‌ها به‌واسطه تخریب زیرساخت‌ها و افزایش ناآرامی‌ها است، باید به دقت بررسی و کنترل شوند. در نهایت، پژوهش بر این نکته تأکید دارد

که رویکردی مبتنی بر کنترل و نظارت دقیق بر شبکه‌ها و زنجیره‌های مخرب، همراه با تقویت ساختارهای حکمرانی و ایجاد اعتماد عمومی، می‌تواند از گسترش بحران‌ها و تشکیل شبکه‌های خودتقویت‌کننده بحران جلوگیری کند و منجر به تاب‌آوری بهتر شهرها در برابر زلزله‌های بزرگ شود. با استفاده از اصول پدافند غیرعامل در این هفت زنجیره شناسایی شده، تاب‌آوری شهری تهران نیز تقویت خواهد شد که احتمالاً مدیریت موفق شهری را در پی دارد.

همه این دستاوردها مقدمه‌ای است برای درک این معنی که وقوع حادثه‌های این چنینی، ممکن است زنجیره‌ها و شبکه‌های پیامدی ناگوار را فعال ساخته، روند مخرب و دومینو گونه را شدت بخشیده، به تخریب سازه‌های فیزیکی و اجتماعی قوام‌بخش شهر منجر شود. بنابر این مدیران بحران و رهبران سیستم‌های پدافند غیرعامل، باید تلاش کنند تا ضمن مهار آثار فیزیکی بحران، آثار روانی و اجتماعی بحران را نیز مدنظر قرار داده، بسته‌های تدابیر جامعی را به صورت سناریو مینا و سلولی (پورعزت، ۱۳۹۰)، از پیش آماده کرده، مورد استفاده و استناد قرار دهند.

در مقایسه با یافته‌های سایر مطالعات، اگرچه پژوهش‌های متعددی به پیامدهای زلزله در حوزه‌های زیرساختی، اقتصادی و اجتماعی پرداخته‌اند، اما تمرکز این پژوهش بر زنجیره‌های پیچیده و آبشاری پیامدها، ویژگی متمایزی است که کمتر در پژوهش‌های قبلی مورد توجه قرار گرفته است. نتایج این پژوهش با مطالعاتی که به زنجیره‌های مخرب بالایی طبیعی و آثار چندگانه آن‌ها بر ابعاد گوناگون جامعه پرداخته‌اند، شباهت دارد. با این حال، از حیث عمق و جامعیت زنجیره‌های شناسایی شده، به‌ویژه در حوزه‌های امنیت پیش‌نگرانه، تاب‌آوری شهری، مدیریت آینده شهرها و شناسایی زنجیره‌های مخرب ناشی از زلزله آتی تهران، این پژوهش گامی فراتر برداشته است.

همچنین، با برجسته‌سازی مفهوم امنیت چندگانه، زنجیره‌های مخرب و بررسی برهم‌کنش فراگیر پیامدها، این پژوهش مسیر جدیدی را برای تصمیم‌گیران در حوزه مدیریت شهری و پدافند غیرعامل فراهم می‌کند. امید است که این رویکرد، خود محرکی برای پژوهش‌های بیشتر و اتخاذ تصمیم‌های مهارگر در برابر شبکه‌های مخرب ناشی از زلزله تهران باشد.

این پژوهش، فراتر از شناسایی پیامدهای شناخته‌شده زلزله، به تحلیل تعاملات پیچیده میان این پیامدها پرداخته است. نوآوری اصلی این مطالعه، معرفی و تحلیل زنجیره‌های مخرب است که نشان می‌دهد چگونه پیامدهای اولیه، ممکن است به‌صورت سیستماتیک به پیامدهای ثانویه تبدیل شوند و شدت بحران را افزایش دهند. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر پیامدهای منفرد یا تک‌بعدی متمرکز بوده‌اند، این پژوهش با ارائه دیدگاهی شبکه‌ای و چندبعدی، بحران‌های ناشی از زلزله را با نگاهی کل‌نگر تحلیل کرده است. به‌طور ویژه، این پژوهش نشان داد که پیامدهایی نظیر کمبود منابع حیاتی یا اختلال در حکمرانی نه به‌صورت مجزا، بلکه از طریق تعاملات پیچیده و هم‌افزایی میان زنجیره‌های مخرب، شکل می‌گیرند. مطالعات قبلی به شناسایی آسیب‌های زیرساختی ناشی از زلزله در تهران پرداخته بودند، اما این پژوهش، برای نخستین بار تعاملات این آسیب‌ها با زنجیره‌های اجتماعی و حکمرانی را در یک چارچوب جامع تحلیل کرده است.

References

- Afzali, R. (2021). Political-Social Crises of Earthquakes in Iran. University of Tehran Press.[In Persian]
- Alimohammadi, H., Bakhshi, A., & Yekrangnia, M. (2024). Seismic risk assessment of Tehran masonry school buildings and prioritizing them for seismic retrofitting using reliability methods. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06666-2>
- Antonioni, G., Spadoni, G., & Cozzani, V. (2007). A methodology for the quantitative risk assessment of major accidents triggered by seismic events. *Journal of Hazardous Materials*, 147(1-2), 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.12.043>
- Amin Nayeri, B., Zali, N., & Motavaf, S. H. (2019). Identification of regional development drivers by scenario Planning. *International Journal of Urban Management and Energy Sustainability*, 1(2), 67-80.
- Aven, T. (2015). Implications of black swans to the foundations and practice of risk assessment and management. *Reliability Engineering & System Safety*, 134, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.res.2014.10.004>
- Barquet, K., Englund, M., Inga, K., André, K., & Segnestam, L. (2024). Conceptualising multiple hazards and cascading effects on critical infrastructures. *Disasters*, 48(1). <https://doi.org/10.1111/disa.12591>
- Carpenter, S. R., Bennett, E. M., & Peterson, G. D. (2006). Scenarios for Ecosystem Services: An Overview. *Ecology and Society*, 11(1). <http://www.jstor.org/stable/26267787>
- Del Gaudio, C., Ricci, P., Verderame, G. M., & Manfredi, G. (2016). Observed and predicted earthquake damage scenarios: the case study of Pettino (L'Aquila) after the 6th April 2009 event. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 14(10), 2643-2678. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-9919-2>

- Firuzi, E., Ansari, A., Amini Hosseini, K., & Rashidabadi, M. (2019). Probabilistic earthquake loss model for residential buildings in Tehran, Iran to quantify annualized earthquake loss. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(5), 2383–2406. <https://doi.org/10.1007/s10518-019-00561-z>
- Ghafari Nasab, Esfandiar, & Iman, Mohammad Taqi. (2013). Philosophical foundations of complex systems theory. *Methodology of Social Sciences and Humanities*, 19(76), 41-59. [In Persian]
- Gill, J. C., & Malamud, B. D. (2014). Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards. *Reviews of Geophysics*, 52(4), 680–722. <https://doi.org/10.1002/2013RG000445>
- Glade, T., Kappes, M., Frigerio, S., & Malet, J. (2012). *MULTI-HAZARD EXPOSURE ANALYSES WITH MULTIRISK-A PLATFORM FOR USER-FRIENDLY ANALYSES*. www.interpraevent.at
- Glenn, J. C. (2009). The futures wheel. *Futures Research Methodology—Version*, 3, 19.
- Glenn, J. C., & Gordon, T. J. (2009). *Futures research methodology: version 3.0*. Millennium Project Washington, DC.
- Gong, S., Ye, Y., Gao, X., Chen, L., & Wang, T. (2023). Empirical patterns of interdependencies among critical infrastructures in cascading disasters: Evidence from a comprehensive multi-case analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 95, 103862. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103862>
- Hajimirrahimi, S. D., Värnik, R., Eftekhari, E., Petrescu, D. C., Petrescu-Mag, R. M., Pour, M., & Azadi, H. (2024). Towards the institutionalization of ethics: agricultural experts' knowledge of planning effective management of passive defense in Iran. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04534-4>
- Hill, E. M., McCaughey, J. W., Switzer, A. D., Lallemand, D., Wang, Y., & Sathiakumar, S. (2024). Human amplification of secondary earthquake hazards through environmental modifications. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(6), 463–476. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00551-z>
- Hochrainer, S., & Mechler, R. (2011). Natural disaster risk in Asian megacities. *Cities*, 28(1), 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2010.09.001>
- Huang, X., & Wang, N. (2024). Post-disaster restoration planning of interdependent infrastructure Systems: A framework to balance social and economic impacts. *Structural Safety*, 107, 102408. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2023.102408>
- Jahangiri, K., Eivazi, M.-R., & Sayah Mofazali, A. (2017). The role of Foresight in avoiding systematic failure of natural disaster risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21, 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.01.008>
- JICA. (2001). Final Report of the Microzonation Project of Greater Tehran. [In Persian]
- Kalantari, M., Firuzi, E., Ahmadipour, M., & Sorooshian, S. (2023). Estimating annualized earthquake loss for residential buildings in Tehran, Iran. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21(4), 2259–2280. <https://doi.org/10.1007/s10518-022-01604-8>
- Kamranzad, F., Memarian, H., & Zare, M. (2020). Earthquake Risk Assessment for Tehran, Iran. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7), 430. <https://doi.org/10.3390/ijgi9070430>
- Kappes, M. S., Keiler, M., von Elverfeldt, K., & Glade, T. (2012). Challenges of analyzing multi-hazard risk: A review. In *Natural Hazards* (Vol. 64, Issue 2, pp. 1925–1958). <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0294-2>
- Karimi, A., & Tolui far, A. (2024). Improving software quality assurance by using common global standards. *Passive Defense*. https://pd.ihu.ac.ir/article_209339.html
- Kheirizadeh Arouq, M., Esmaeilpour, M., & Sarvar, H. (2020). Vulnerability assessment of cities to earthquake based on the catastrophe theory: a case study of Tabriz city, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 79(14), 354. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09103-2>
- Kirsch, M. T. D., Leidman, M. E., Weiss, D. W., & Doocy, P. S. (2012). The impact of the earthquake and humanitarian assistance on household economies and livelihoods of earthquake-affected populations in Haiti. *American Journal of Disaster Medicine*, 7(2), 85–94. <https://doi.org/10.5055/ajdm.2012.0084>
- Kumasaki, M., King, M., Arai, M., & Yang, L. (2016). Anatomy of cascading natural disasters in Japan: main modes and linkages. *Natural Hazards*, 80(3), 1425–1441. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2028-8>
- Kunreuther, H. (1996). Mitigating disaster losses through insurance. *Journal of Risk and Uncertainty*, 12(2–3), 171–187. <https://doi.org/10.1007/BF00055792>
- Kuosa, T. (2011). Evolution of futures studies. *Futures*, 43(3), 327–336. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2010.04.001>
- Luesink, M., Wolbers, J., Duin, M. van, & Kuipers, S. (2024). *Scenario planning to enable foresight in crisis management*. <https://hdl.handle.net/1887/4093097>
- Marciano, C., Peresan, A., Pirni, A., Pittore, M., Tocchi, G., & Zaccaria, A. M. (2024). A participatory foresight approach in disaster risk management: The multi-risk storylines. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 114, 104972. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104972>
- Maskrey, A., Jain, G., & Lavell, A. (2023). The social construction of systemic risk: towards an actionable framework for risk governance. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 32(1), 4–26. <https://doi.org/10.1108/DPM-07-2022-0155>

- Mavrouli, M., Mavroulis, S., Lekkas, E., & Tsakris, A. (2023). An Emerging Health Crisis in Turkey and Syria after the Earthquake Disaster on 6 February 2023: Risk Factors, Prevention and Management of Infectious Diseases. *Healthcare*, 11(7), 1022. <https://doi.org/10.3390/healthcare11071022>
- May, F. (2007). Cascading disaster models in postburn flash flood. *The Fire Environment—Innovations, Management, and Policy*, 443–464.
- Mitra, A., & Shaw, R. (2023). Systemic risk from a disaster management perspective: A review of current research. *Environmental Science & Policy*, 140, 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.11.022>
- Mosadeghrad, A. M., Dehnavi, H., & Darrudi, A. (2024). Equity in distribution of hospital beds in Tehran province. *Payesh (Health Monitor) Journal*, 23(2), 171–184. <https://doi.org/10.61186/payesh.23.2.171>
- Mozaffari, Z., & Ghasemi, M. (2024). Identifying the key drivers of the sustainable development of rural tourism with a foresight approach (Case study: Neyshabur county). *Program and Development Research*, 5(1), 41–77. doi: 10.22034/pbr.2024.429826.1394 [In Persian]
- NGUYEN, J. (2024). *Systemic Risk vs. Systematic Risk: What's the Difference?*
- Nola, I. A. (2018). Earthquakes and their environmental, medical and public health impacts. *Salud Pública de México*, 60(Supl.1), 16. <https://doi.org/10.21149/9212>
- Nomura, S., Parsons, A. J. Q., Hirabayashi, M., Kinoshita, R., Liao, Y., & Hodgson, S. (2016). Social determinants of mid-to long-term disaster impacts on health: A systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 16, 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.01.013>
- Paté Cornell, E. (2012). On “Black Swans” and “Perfect Storms”: Risk Analysis and Management When Statistics Are Not Enough. *Risk Analysis*, 32(11), 1823–1833. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01787.x>
- Paul, S. (2016). The Perception of Risk. In *Scientists Making a Difference* (pp. 179–182). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316422250.040>
- Pescaroli, G., & Alexander, D. (2015). A definition of cascading disasters and cascading effects: Going beyond the “toppling dominos” metaphor. *Planet@ Risk*, 3(1), 58–67.
- Pescaroli, G., & Alexander, D. (2018). Understanding Compound, Interconnected, Interacting, and Cascading Risks: A Holistic Framework. *Risk Analysis*, 38(11), 2245–2257. <https://doi.org/10.1111/risa.13128>
- Phraknoi, N., Sutanto, J., Hu, Y., Goh, Y. S., & Lee, C. E. C. (2023). Older people's needs in urban disaster response: A systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 96, 103809. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103809>
- Polese, M. (2015). Improving emergency preparedness with simulation of cascading events scenarios. *Proceedings of the ISCRAM 2015 Conference, Kristiansand*.
- Poudel, A., Argyroudis, S., & Pitilakis, K. (2024). Systemic seismic risk assessment of urban healthcare system considering interdependencies to critical infrastructures. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 103, 104304. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104304>
- Pourezat, A. (2011). Era-based Strategic Management. *Imam Sadeq University(AS)*. Iran. [In Persian]
- Schweizer, P.-J., & Renn, O. (2019). Systemische Risiken und Transformationsprozesse auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wirtschafts- und Gesellschaftsentwicklung. In *Nachhaltiges Management* (pp. 211–227). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57693-9_11
- Sulfikkar Ahamed, M., Sarmah, T., Dabral, A., Chatterjee, R., & Shaw, R. (2023). Unpacking systemic, cascading, and compound risks: A case based analysis of Asia Pacific. *Progress in Disaster Science*, 18, 100285. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2023.100285>
- Sun, Z., Tavakoli, S., Khalilpour, K., Voinov, A., & Marshall, J. P. (2024). Barriers to Peer-to-Peer Energy Trading Networks: A Multi-Dimensional PESTLE Analysis. *Sustainability*, 16(4), 1517. <https://doi.org/10.3390/su16041517>
- Tagliacozzo, S., Guadagno, L., & Ayeb-Karlsson, S. (2022). How do population movements fit within the framework of systemic risk? *Progress in Disaster Science*, 16, 100256. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2022.100256>
- Tan, X., Zhong, Y., Vivian, A., Geng, Y., Wang, Z., & Zhao, D. (2024). Towards an era of multi-source uncertainty: A systematic and bibliometric analysis. *International Review of Financial Analysis*, 95, 103411. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103411>
- Tanaka, Y. (2012). Disaster Policy and Education Changes over 15 Years in Japan. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 14(3), 245–253. <https://doi.org/10.1080/13876988.2012.687623>
- Terzi, S., Torresan, S., Schneiderbauer, S., Critto, A., Zebisch, M., & Marcomini, A. (2019). Multi-risk assessment in mountain regions: A review of modelling approaches for climate change adaptation. *Journal of Environmental Management*, 232, 759–771. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.100>
- UNISDR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030*.
- USTA, P., & ONAT, Ö. (2023). An Overview of Temporary Housing Management after the Earthquakes in Turkey in terms of Disaster Management. *Journal of Turkish Operations Management*, 7(1), 1460–1468. <https://doi.org/10.56554/jtom.1204406>

- van 't Klooster, S. A., Cramer, T., & van Asselt, M. B. A. (2024). Foresight in action: A longitudinal study based on a 25-year journey in the world of policy-oriented foresight. *Futures*, 155, 103294. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103294>
- Wang, J., He, Z., & Weng, W. (2020). A review of the research into the relations between hazards in multi-hazard risk analysis. *Natural Hazards*, 104(3), 2003–2026. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04259-3>
- Yaghmaei, N. (2020). *Human cost of disasters: An overview of the last 20 years, 2000-2019*. UN Office for Disaster Risk Reduction.
- Zali, N., & Zamanipoor, M. (2015). Systematic analysis of strategic variables of regional development in scenario-based planning (Case: Mazandaran Province). *Town and Country Planning*, 7(1), 1-28.
- Zhang, Y., Weng, W. G., & Huang, Z. L. (2018). A scenario-based model for earthquake emergency management effectiveness evaluation. *Technological Forecasting and Social Change*, 128, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.001>
- Zuccaro, G., De Gregorio, D., & Leone, M. F. (2018). Theoretical model for cascading effects analyses. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 30, 199–215. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.04.019>

