

Key drivers affecting the performance of fire stations after environmental hazards, with emphasis on earthquakes: A case study of Urmia city

Alireza Jamshidi¹  and Amir Mohammad Rahimi Eyblo² 

1- Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran

2- Master's Degree in Spatial Planning, Urmia University, Urmia, Iran

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Received:

2025/10/27

Accepted:

2025/12/16

pp:

82- 102

Keywords:

Fire Department,
Earthquake,
Future Research.

ABSTRACT

Large earthquakes can cause severe damage to buildings and infrastructure. Earthquakes are highly unpredictable, and fires caused by large earthquakes are even less predictable. Historical records indicate that small fires, often ignited by earthquakes, have occasionally escalated into widespread, devastating blazes, resulting in severe damage to people's lives and property. In this regard, the present study, considering its nature and the horizon in which the drivers are identified, is based on a futures research approach, which is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of research method. The statistical population of the study comprises all specialists and experts with the necessary knowledge and experience in firefighting and safety. To extract the key drivers affecting the performance of fire stations after the occurrence of environmental hazards, 30 variables originating from scientific projects and articles were identified in several stages with the help of experts and inspired by theoretical foundations. Key drivers affecting the performance of fire stations after the occurrence of environmental hazards were identified. Based on the results and output of the cross-sectional structural model (MICMAC), these drivers or variables have often had a direct and indirect effect on the performance of stations with different intensities and at various levels. In this regard, the direct and indirect effects of the variables include the impact of human resources on the reliability of communication systems, the access and transportation logistics on inter-organizational coordination, the impact of the reliability of communication systems on the prediction and reduction of seismic intensity and characteristics, and the role of financial resource allocation on inter-organizational coordination. The relationship between the level of awareness and preparedness of the community and the allocation of financial resources, the impact of relief equipment and technologies on improving the resilience of physical infrastructure, the reliability of communication systems on the management of environmental and climatic factors, and the impact of relief equipment and technologies on the allocation of key financial resources were identified.



Citation: Jamshidi, A., & Rahimi Eyblo, A. M. (2026). Key drivers affecting the performance of fire stations after environmental hazards, with emphasis on earthquakes: A case study of Urmia city. *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 4(3), 82-102.



© Authors retain the copyright and full publishing rights. **Publisher:** Urmia University.

DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.56698.1170>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1405.4.3.5.4>

¹ **Corresponding author:** Alireza Jamshidi, **Email:** al.jamshidi@urmia.ac.ir, **Tell:** 09188441281

Extended Abstract

Introduction

In urban areas, the typical adverse effects of natural disasters include a combination of physical destruction and disruption of the functioning of urban elements. These include the destruction of residential structures and buildings, road networks, and access routes such as bridges and communication roads, and basic facilities such as water tanks, power plants, telephone, electricity, water, gas pipelines, etc. Among them, the transportation network is the most important element for relief and crisis management after an earthquake. The transportation network plays a vital role in providing relief and saving lives after an earthquake. The optimal performance of the transportation network can reduce the direct and indirect effects of the crisis. Therefore, the value of relief time and reducing the delay time to help the injured in the network can be realized (Rashidi Fard et al., 2020). Natural disasters such as earthquakes are capable of inflicting irreparable damage on humans and the environment. Earthquakes are among the natural disasters that cause significant human and financial losses every year. Today, with the advancement of science and technology, suitable grounds have been provided for recognizing and reducing these natural hazards. Therefore, risk assessment is vital for proper management and damage reduction (Majidi & Biglari, 2023). Earthquakes are one of the most important environmental hazards in many Iranian cities. In this regard, spatial assessment and detailed zoning of urban seismic vulnerability are essential requirements in earthquake mitigation planning. Evidence suggests that the threat of earthquakes in urban areas is increasing globally and is a growing problem in developing countries (Maddi et al., 2023). Post-earthquake fires are described as fires that are directly or indirectly caused by earthquakes. Among post-earthquake events and secondary earthquake disasters, post-earthquake fires are usually among the most dangerous, as historical earthquake experiences show. Secondary earthquake disasters, such as fires, may cause much greater damage than the earthquake itself and seriously endanger society (Jia1, 2001). Large earthquakes can cause

severe damage to buildings and infrastructure. Earthquakes are highly unpredictable, and fires caused by large earthquakes are even less predictable. Historical records show that small fires, often started by earthquakes, have sometimes grown into large, destructive fires, causing severe damage to life and property. The first concern is about fire damage to individual buildings, where the likelihood of loss of life in tall buildings is much higher than in shorter buildings. The second concern is about the potential for widespread fire damage across a city. Factors that affect the likelihood of a small fire becoming a large, widespread fire include the extent of earthquake damage, type and density of building construction, wind conditions, loss of water resources, and firefighting capabilities (Botting, 2000).

Methodology

This research is applied in terms of its purpose and is classified as futures and descriptive-analytical research in terms of its nature and data collection method. Its methodological framework is a structural analysis based on the MICMAC, which has been used to identify and analyze the interrelationships between key drivers affecting the performance of fire stations after natural disasters in Urmia city. This study was conducted in two consecutive and complementary stages, as follows:

- Stage One: Initial identification of drivers: Using the library study method and a systematic review of research literature related to urban management, urban planning, natural hazards, and urban service development, an initial list of effective drivers (consisting of 69 factors) was extracted.
- Second stage: Final refinement of drivers and formation of interaction matrix: By forming an expert panel consisting of 5 experts and specialists in the fields of urban management, urban planning, hazards and firefighting familiar with the main objective of the present study in Urmia city, the final list of drivers was provided to them in the form of a researcher-made questionnaire. In other words, after extracting the initial factors using interviews and studies of others, from among the extracted factors and categorizing them by consulting the

experts in question, 30 factors were selected as the most important key drivers (key factors) to conduct structural analysis and determine the possible relationships.

Results and discussion

Earthquakes often occur along specific areas of Earth's surface corresponding to tectonic plate boundaries. Rather than sliding smoothly past one another, these moving plates frequently lock together. As they lock, the surrounding rock deforms, causing severe stress to build up over time. However, a rock's ability to withstand this buildup of stress depends on its material strength. When stress exceeds this limit, the rock fractures along a fault, slipping abruptly. This sudden break releases the accumulated energy, allowing the rock on either side to snap back into its original shape—a process known as elastic rebound. Following the initial break, the crack propagates rapidly across a flat surface known as the rupture plane until it encounters a lower-stress region. The overall size of this fault rupture depends on the amount of accumulated stress, the physical properties of the rock, and the characteristics of the fault itself (Coburn and Spence, 2010). Earthquakes, as a natural factor, have various effects on their surrounding environment. In cities as a system, these effects can be divided into two types: direct effects and indirect effects, as follows:

- a) Direct effects of earthquakes: The effects that occur directly and without mediation due to the occurrence of an earthquake and cause various destruction and damage in cities, which are called direct effects of earthquakes. Physical effects are considered a subset of direct effects.
- b) Indirect effects of earthquakes: The effects that are mostly indirect and are caused by the occurrence of direct effects, and in fact, as a result of the subsequent results of physical effects, are called indirect effects of earthquakes.

Conclusion

To extract the key drivers affecting the performance of fire stations after the occurrence

of environmental hazards, the above steps have been carried out and implemented over several stages. With the help of experts and inspired by theoretical foundations, 30 variables originating from scientific projects and articles were identified as key drivers affecting the performance of fire stations after the occurrence of environmental hazards. Then, to obtain scientific results, the drivers (variables) were measured in the MICMAC software. Based on the results and output of the cross-sectional structural model (MICMAC), these drivers or variables have often had a direct and indirect effect on the performance of the stations with different intensities and at various levels. In this regard, the plan includes direct and indirect effects of the following variables: the impact of human resources on the reliability of communication systems, the relationship between access and transportation logistics on inter-organizational coordination, the impact of the reliability of communication systems on the prediction and reduction of seismic intensity and characteristics, the role of financial resource allocation on inter-organizational coordination, the relationship between the level of awareness and preparedness of the community and the allocation of financial resources, the impact of relief equipment and technologies on improving the resistance of physical infrastructure, the reliability of communication systems on the management of environmental and climatic factors, the impact of relief equipment and technologies on the allocation of financial resources.

Declarations

Funding: There is no funding support.

Authors' Contribution: The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments: We are grateful to all the scientific consultants of this paper.



پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی با تأکید بر زلزله (مطالعه موردی شهر ارومیه)

علیرضا جمشیدی^۱ و امیرمحمد رحیمی عیبلو^۲

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

دریافت:

۱۴۰۴/۰۸/۰۵

پذیرش:

۱۴۰۴/۰۹/۲۵

صص:

۸۲-۱۰۲

واژگان کلیدی:

آتش‌نشانی،

زلزله،

آینده‌پژوهی.

چکیده

زلزله تا حد زیادی غیرقابل‌پیش‌بینی هست و آتش‌سوزی‌های ناشی از زمین‌لرزه‌های بزرگ حتی کمتر از آن قابل‌پیش‌بینی هستند. سوابق تاریخی نشان می‌دهد که آتش‌سوزی‌های کوچک که غالباً در اثر زلزله آغاز شده‌اند، گاهی اوقات به آتش‌سوزی‌های گسترده و مخرب تبدیل‌شده و باعث آسیب شدید، بر زندگی و اموال مردم شده‌اند. در همین راستا پژوهش حاضر با توجه به ماهیت آن و افقی که شناسایی پیشران‌ها در نظر گرفته‌شده است مبتنی بر رویکرد آینده‌پژوهی است که از لحاظ هدف کاربردی، از نظر روش تحقیق توصیفی تحلیلی است. جامعه آماری تحقیق عبارت‌اند از کلیه متخصصان و خبرگانی که در زمینه آتش‌نشانی و ایمنی از دانش و تجربه لازم برخوردار هستند، بوده و در شهر ارومیه انتخاب شدند. برای استخراج پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی طی چند مرحله با کمک نخبگان و الهام از مبانی نظری ۳۰ متغیر منبعث از طرح‌ها و مقالات علمی پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی مؤثر تشخیص داده شد. بر اساس نتایج و خروجی مدل ساختاری متقاطع (میک مک) این پیشران‌ها یا متغیرها غالباً با شدت‌های متفاوت و در سطوح مختلفی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد ایستگاه‌ها مؤثر بوده‌اند. در این راستا در طرح یا پلان تأثیرگذاری‌های مستقیم و غیرمستقیم متغیرها، مواردی همچون تأثیر منابع انسانی بر اطمینان سیستم‌های ارتباطی، ارتباط دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل بر هماهنگی بین سازمانی، تأثیر قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی بر پیش‌بینی و کاهش شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای، نقش تخصیص منابع مالی بر هماهنگی بین سازمانی، ارتباط سطح آگاهی و آمادگی جامعه با تخصیص منابع مالی، اثرگذاری تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر بهبود مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی، قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی بر مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی، تأثیر تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر تخصیص منابع مالی کلیدی تشخیص داده شدند.

استناد: جمشیدی، علیرضا؛ و رحیمی عیبلو، امیرمحمد. (۱۴۰۵). پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی با تأکید بر زلزله (مطالعه موردی شهر ارومیه). فصلنامه جغرافیا و آینده‌پژوهی منطقه‌ای، ۴(۳)، ۸۲-۱۰۲.

ناشر: دانشگاه ارومیه.

© نویسندگان حق چاپ و حقوق کامل نشر را حفظ می‌کنند.



DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.56698.1170>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1405.4.3.5.4>



مقدمه

هر جامعه‌ای، به‌عنوان یک کل واحد، از تعاملات دوسویه میان افراد، سازمان‌ها و ساختارهای ارتباطی شکل می‌گیرد. در این میان، زیرساخت‌های فیزیکی و مهندسی از جمله ساختمان‌ها، پل‌ها و شریان‌های انتقال انرژی، نقش ستون فقرات را در حفظ پویایی و کارایی جامعه ایفا می‌کنند و زمینه اجرای کنش‌های اقتصادی-اجتماعی را مهیا می‌سازند. با این وجود، این سیستم یکپارچه در برابر تهدیدات طبیعی مانند زمین‌لرزه، سیل و طوفان به شدت شکننده است (RamYar & Shamsoddini, 2025- Mousavi et al., 2023). بلایای طبیعی، همراه با تغییرات آب و هوایی، سالانه بیش از ۵۰۰ میلیارد دلار خسارت به بار می‌آورند (Mohammadi et al., 2025). همچنین با توجه به اینکه پدیده‌های موردنظر محدوده‌های وسیعی را در بر می‌گیرد، لذا پیچیده‌تر از سایر مخاطرات (انسانی) بوده و توانایی تأثیرگذاری خیلی بالایی بر جمعیت مناطق موردنظر را داشته و به عبارتی، دارای هزینه‌ای بسیار بیشتر خواهد بود (Jamshidi & Anabestani, 2020). در مناطق شهری، پیامدهای زیان‌بار ناشی از سوانح طبیعی، معمولاً تلفیقی از تخریب‌های فیزیکی و اختلال در عملکرد اجزای شهری را به همراه دارد. از جمله این آسیب‌ها می‌توان به ویرانی سازه‌ها و ساختمان‌های مسکونی، شبکه معابر و راه‌های دسترسی نظیر پل‌ها و جاده‌های ارتباطی، و همچنین تأسیسات حیاتی مانند مخازن آب، نیروگاه‌ها و خطوط انتقال تلفن، برق، آب و گاز اشاره کرد. به عبارتی دیگر، وقوع خطرات و بلایای مختلف زیست‌محیطی، کیفیت کلی زندگی شهروندان را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده است (Shabani Hosainabadi & Jamini, 2015; Jamini & Jamshidi, 2025). در این میان، شبکه حمل‌ونقل به‌عنوان مهم‌ترین رکن برای ارائه خدمات امدادی و مدیریت بحران پس از وقوع زلزله شناخته می‌شود. این شبکه در نجات جان انسان‌ها و امدادسانی نقش حیاتی ایفا می‌کند و عملکرد کارآمد آن می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیم بحران را کاهش دهد. از این رو، اهمیت زمان امدادسانی و کاهش تأخیر در کمک‌رسانی به مصدومان در شبکه حمل‌ونقل آشکار می‌شود (Rashidi Fard et al., 2011).

بحران‌های طبیعی همچون زلزله قادرند خسارات جبران‌ناپذیری به جوامع انسانی و محیط‌زیست وارد کنند. زمین‌لرزه به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی، سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی بر جای می‌گذارد. خوشبختانه امروزه با پیشرفت علوم و فناوری، بستر مناسبی برای شناخت و کاهش این خطرات فراهم شده و ارزیابی ریسک به منظور مدیریت اثربخش و کاهش خسارات، از ضروریات محسوب می‌شود (Majidy Nik & Biglari, 2023). زلزله یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی برای بسیاری از شهرهای ایران است. در این راستا، ارزیابی فضایی و ریز پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری، از ملزومات اساسی در برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات زلزله به شمار می‌آید. شواهد حاکی از آن است که خطر زلزله در مناطق شهری در مقیاس جهانی رو به گسترش است و این تهدید فزاینده، به یکی از چالش‌های اصلی کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است (Madadi et al., 2023).

آتش‌سوزی پس از زلزله به‌عنوان حادثه‌ای تعریف می‌شود که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم ناشی از زمین‌لرزه است. در میان حوادث ثانویه پس از زلزله، آتش‌سوزی اغلب به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین موارد شناخته می‌شود که تجربیات تاریخی زمین‌لرزه‌ها نیز بر این موضوع صحنه می‌گذارند. حوادث ثانویه‌ای مانند آتش‌سوزی می‌تواند خساراتی به‌مراتب بیشتر از خود زلزله ایجاد کرده و جامعه را به‌طور جدی در معرض تهدید قرار دهند (Jie, 2001).

زلزله‌های بزرگ می‌توانند صدمات شدیدی به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها وارد کنند. از سویی، زلزله تا حد زیادی غیرقابل پیش‌بینی است و آتش‌سوزی‌های ناشی از زمین‌لرزه‌های بزرگ حتی از این هم غیرقابل پیش‌بینی‌تر هستند. مدارک تاریخی نشان می‌دهد که آتش‌سوزی‌های کوچک آغاز شده توسط زلزله، گاهی به آتش‌سوزی‌های گسترده و فاجعه‌باری تبدیل شده و خسارات جانی و مالی شدیدی به بار آورده‌اند. یکی از نگرانی‌های اصلی در این زمینه، خسارت به ساختمان‌های بلندمرتبه است که احتمال تلفات جانی در آن‌ها در مقایسه با ساختمان‌های کوتاه‌مدت بسیار بیشتر است. نگرانی دیگر، احتمال تخریب گسترده شهری در اثر آتش‌سوزی‌های وسیع است. عواملی همچون میزان خسارت ناشی از زلزله، نوع و تراکم ساختمان‌ها، شرایط جوی مانند وزش باد، قطعی منابع آب و کاهش ظرفیت عملیاتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در تبدیل آتش‌سوزی‌های کوچک به حوادث بزرگ تأثیرگذارند (Bouting, 2000). مطالعات تاریخی نشان می‌دهد که خطرات ناشی از آتش‌سوزی پس از زلزله در برخی موارد می‌تواند به‌مراتب شدیدتر و تهدیدکننده‌تر از خود زمین‌لرزه باشد (Borden, 1996). به‌عنوان نمونه، آتش‌سوزی‌های پس از زلزله‌های ۱۹۰۶ سان‌فرانسیسکو و ۱۹۲۳ کانتو از بزرگ‌ترین حوادث از این دست محسوب می‌شوند. آتش‌سوزی پس از زلزله، رویدادی است که می‌تواند عملکرد جامعه در مناطق لرزه‌خیز را به‌شدت مختل کرده و تاب‌آوری دستگاه‌های زیرساختی را با چالش مواجه سازد. زلزله با پارگی خطوط برق و واژگونی تجهیزات الکتریکی، احتمال بروز آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، پاسخ‌دهی اضطراری ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیز ممکن است به دلیل کاهش فشار و جریان آب ناشی از شکستگی خطوط لوله، آسیب به تأسیسات آب‌رسانی، و عدم عملکرد

پمپ ایستگاه‌ها به علت قطعی برق، با مشکل مواجه شود. در صورت کنترل نشدن به موقع آتش، این حادثه می‌تواند به فاجعه‌ای در محیط‌های شهری پرتراکم و پرجمعیت تبدیل گردد (Sarreshtehdari & Elhami Khorasani, 2021).

با توجه به مطالب مطرح‌شده، مسئله اصلی پژوهش حاضر شناسایی و تبیین پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر ارومیه پس از وقوع زلزله است. وقوع زلزله نه تنها موجب تخریب فیزیکی و اختلال در زیرساخت‌های حیاتی شهری می‌شود، بلکه با ایجاد آتش‌سوزی‌های ثانویه، بحران را پیچیده‌تر می‌کند. در چنین شرایطی، عملکرد بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی به عنوان نخستین پاسخ‌دهندگان اضطراری، نقشی تعیین‌کننده در کنترل بحران، کاهش تلفات جانی و محدود کردن خسارات مالی ایفا می‌کند. با این حال، این عملکرد تحت تأثیر عوامل و پیشران‌های متعددی قرار دارد که ممکن است در شرایط بحرانی ناشی از زلزله، توان عملیاتی آن‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، این پژوهش در پی آن است تا با تمرکز بر شهر ارومیه، به عنوان مطالعه موردی، مهم‌ترین عوامل کلیدی که می‌توانند کارایی و توان پاسخ‌دهی و چابکی ایستگاه‌های آتش‌نشانی را در بحران پسا زلزله تضمین یا تضعیف کنند، موردبررسی و تحلیل قرار دهد.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

سرشته و الهامی خراسانی^۱ (۲۰۲۱) در پژوهش خود هشدار می‌دهند که آتش‌سوزی‌های متعاقب زلزله، به‌ویژه در مناطق لرزه‌خیز، می‌توانند عملکرد جوامع را به شدت مختل کرده و تاب‌آوری شریان‌های حیاتی را با چالش‌های جدی مواجه سازند. آن‌ها بر این نکته تأکید دارند که زمین‌لرزه با پاره کردن خطوط برق و واژگون کردن تجهیزات الکتریکی، احتمال بروز حریق را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد و در صورت عدم کنترل به موقع، این آتش‌سوزی‌ها می‌توانند در بافت‌های فرسوده و پرتراکم شهری به فاجعه‌ای غیرقابل جبران تبدیل شوند.

الهامی خراسانی^۲ و همکاران (۲۰۱۷) یک چارچوب چهار مرحله‌ای برای سنجش تاب‌آوری جامعه در برابر این پدیده ارائه کرده‌اند. این چارچوب شامل: ۱) شناسایی کانون‌های بالقوه اشتعال، ۲) شبیه‌سازی الگوی گسترش آتش به ساختمان‌های مجاور، ۳) مدل‌سازی اقدامات آتش‌نشانان برای مهار آتش و کاهش سرعت گسترش آن، و ۴) برآورد دقیق خسارات وارده به سازه‌های واقع در محدوده حریق است.

نیشینو^۳ (۲۰۲۱) نیز به این واقعیت اشاره می‌کند که وقوع هم‌زمان شمار زیادی از آتش‌سوزی‌ها پس از یک زمین‌لرزه بزرگ، ظرفیت و توان عملیاتی نیروهای اطفای حریق را به سرعت تحت تأثیر قرار داده و آن را اشباع می‌کند.

از منظر مدیریت بحران، سوندو^۴ و همکاران (۲۰۱۸) آتش‌سوزی پس از زلزله را یک سناریوی چند خطری بالقوه می‌دانند که باید هم در طراحی سازه‌های جدید و هم در بهسازی سازه‌های موجود موردتوجه قرار گیرد. آن‌ها خاطرنشان می‌کنند که ویژگی‌های ساختمان و وجود تأسیساتی مانند خطوط گاز و برق، می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی خطر حریق را افزایش دهند.

مارکیوس^۵ و همکاران (۲۰۱۷) فراتر از عوامل فنی، به متغیرهای مؤثر بر تصمیم‌گیری‌های مدیریت بحران، مانند نقش بیمه آتش‌سوزی، مقررات ایمنی و قوانین ساختمانی در ساختمان‌های تجاری و بلندمرتبه پرداخته‌اند.

در یک نگاه دلاکلان‌تر^۶ و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده‌اند که می‌توان با به‌کارگیری مدل‌های ساده، خسارات ترکیبی ناشی از زلزله و آتش‌سوزی‌های متعاقب آن را ارزیابی کرد. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن است که دستگاه‌های حفاظت ضد حریق در جلوگیری از خسارات ثانویه به سازه‌ها بسیار مؤثر هستند.

در زمینه آمادگی عملیاتی، پاداش و خیر دست^۷ (۲۰۲۳) با تحلیل ایستگاه‌های آتش‌نشانی به این نتیجه رسیدند که نیروهای عملیاتی و ناوگان خودرویی این ایستگاه‌ها با ظرفیت موردنیاز منطقه تناسبی ندارد و تجهیزات موجود، پاسخگوی نیازهای بحرانی پس از زلزله نخواهد بود. این کاستی، مهار آتش‌سوزی را در چنین شرایطی به امری ناممکن تبدیل کرده و بحران را تشدید خواهد کرد.

قوچانی^۸ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود به شاخص‌های کلیدی ارزیابی ریسک این پدیده، از جمله جنس سازه، تعداد علمک‌های گاز و ارتفاع ساختمان دست یافتند. آن‌ها تأکید کردند که غفلت از هر یک از این معیارها می‌تواند به گسترش حادثه و افزایش تلفات بینجامد و استفاده از پوشش‌های ضد حریق در مقاوم‌سازی را پیشنهاد نمودند.

1 Sarreshtehdari & Elhami Khorasani

2 Elhami Khorasani

3 Nishino

4 Suwondo

5 Marquis

6 Della Corte

7 Padash and Kheirdast

8 Ghouchani

در سطح برنامه‌ریزی کلان‌شهری، صادقی^۱ (۲۰۱۷) بر این باور است که سیاست‌گذاری‌های مربوط به کاربری اراضی و استقرار جمعیت در مجاورت پهنه‌های پرخطر، باید بر اساس نقشه‌های خطر و با در نظر گرفتن ریسک آتش‌سوزی‌های پس از زلزله باشد. هرگونه توسعه زیرساختی و عمرانی مستلزم شناخت کافی از این شرایط است.

درنهایت، رشیدی فردا و همکاران (۲۰۱۱) نقش حیاتی شبکه حمل‌ونقل را در مدیریت بحران پس از زلزله یادآور می‌شوند. آن‌ها خاطرنشان می‌کنند که پایداری و عملکرد بهینه این شبکه، نقشی تعیین‌کننده در امدادرسانی به‌موقع و کاهش اثرات مستقیم و غیرمستقیم بحران ایفا می‌کند.

با تلفیق یافته‌های پژوهش‌های فوق، می‌توان دریافت که پدیده آتش‌سوزی پس از زلزله یک چالش چندبعدی و پیچیده است که مدیریت آن مستلزم رویکردی سامانمند و یکپارچه هست. این رویکرد باید از یک‌سو با تقویت زیرساخت‌های حیاتی مانند شبکه حمل‌ونقل و دستگاه‌های آبرسانی، ارتقای استانداردهای ساختمانی و تجهیز پایگاه‌های عملیاتی آتش‌نشانی، تاب‌آوری کالبدی را افزایش دهد و از سوی دیگر، با تدوین مقررات و سیاست‌گذاری‌های هوشمند در حوزه بیمه، کاربری اراضی و مدیریت بحران، بستری برای کاهش یکپارچه ریسک فراهم آورد. غفلت از هر یک از این ارکان، می‌تواند جامعه را در برابر این حادثه ثانویه که گاهی از خود زلزله ویرانگرتر است، به‌شدت آسیب‌پذیر کند.

اثرات زلزله و آتش‌سوزی پس از زلزله

رخداد زمین‌لرزه‌ها عمدتاً در کمربندها و پهنه‌های مشخصی از پوسته زمین متمرکز شده است که منطبق بر مرزهای صفحه‌های زمین‌ساختی (تکتونیکی) هستند. این صفحات، پوسته سخت زمین (لیتوسفر) را به بخش‌های عظیمی تقسیم کرده‌اند. حرکت نسبی این صفحات در امتداد مرزهای مشترکشان، عموماً به‌صورت یک لغزش تدریجی و آرام نیست، بلکه در بسیاری از موارد، صفحات در محل مرزها در هم قفل می‌شوند. این پدیده قفل‌شدگی موجب می‌شود سنگ‌های دو سوی گسل تحت تغییر شکل الاستیک (کشسان) قرار گیرند و به‌تدریج انرژی و تنش در آن‌ها انباشته شود.

مقاومت سنگ‌ها در برابر این تنش‌های فزاینده، تابعی از خواص مکانیکی و ساختار کانی‌شناسی آن‌هاست. زمانی که میزان تنش‌های انباشته‌شده از حد تحمل سنگ‌ها فراتر رود، ناگهان در نقطه‌ای از گسل شکست رخ می‌دهد. این شکست ناگهانی، دو سوی گسل را به لرزه درآورده و بخشی از انرژی الاستیک ذخیره‌شده را به‌صورت امواج لرزه‌ای آزاد می‌کند. در پی این رویداد، سنگ‌های اطراف تا حدی به حالت اولیه خود بازمی‌گردند (پدیده بازگشت کشسان). گسیختگی ایجادشده سپس در امتداد یک سطح گسل گسترش می‌یابد تا به منطقه‌ای با تنش‌های کمتر یا سنگ‌های با مقاومت بالاتر برسد. مقیاس و بزرگی این گسیختگی مستقیماً به عواملی همچون مقدار تنش ذخیره‌شده، نوع سنگ‌ها و ویژگی‌های ساختاری گسل وابسته است (Coburn & Apence, 2010).

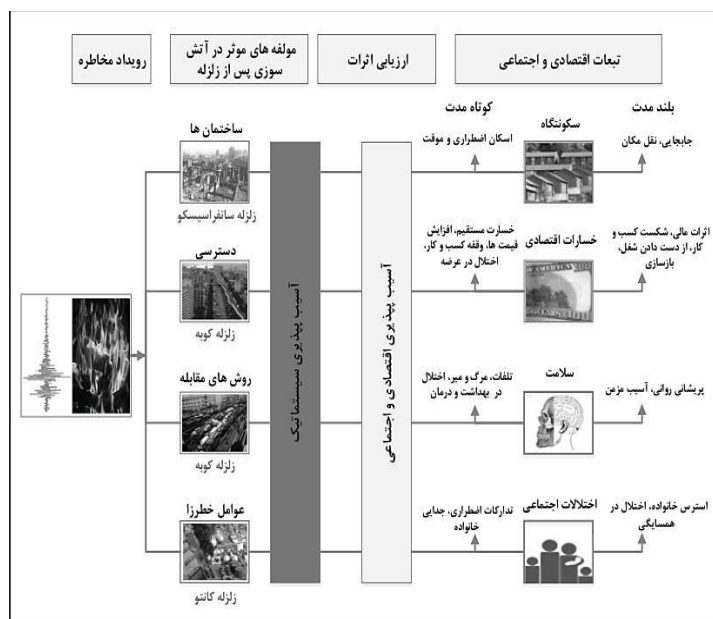
زلزله به‌عنوان یک پدیده طبیعی قدرتمند، آثار گسترده و متنوعی را بر محیط اطراف خود تحمیل می‌کند. هنگامی که شهرها به‌عنوان یک سیستم پیچیده در نظر گرفته می‌شوند، این آثار را می‌توان به دودسته کلی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی نمود:

الف) اثرات مستقیم زلزله

این دسته شامل تأثیراتی است که بلافاصله و بدون هیچ واسطه‌ای در حین رویداد زمین‌لرزه و در اثر نیروهای مستقیم ناشی از امواج لرزه‌ای ظاهر می‌شوند. نمونه‌های بارز این آثار، تخریب فیزیکی و کالبدی است که شامل فروریزی ساختمان‌ها، پل‌ها، راه‌ها و شریان‌های حیاتی می‌شود. به‌طورکلی، بیشتر آثار کالبدی زلزله در این گروه قرار می‌گیرند.

ب) اثرات غیرمستقیم زلزله

این تأثیرات به‌صورت ثانویه و در سایه پیامدهای ناشی از اثرات مستقیم پدیدار می‌گردند. به‌عبارت‌دیگر، این اثرات نتیجه زنجیره‌ای از اتفاقات پس از حادثه اصلی هستند. ازجمله این آثار می‌توان به آتش‌سوزی‌های گسترده ناشی از انفجار خطوط گاز، شیوع بیماری‌ها به دلیل آلودگی آب و تخریب دستگاه‌های بهداشتی، اختلالات شدید اقتصادی و اجتماعی، و ایجاد بحران‌های روانی در میان بازماندگان اشاره کرد.



شکل ۱- مدل آسیب‌پذیری نواحی شهری در اثر آتش‌سوزی پس از زلزله
(Bekdash & Givehji, 2017)

آتش‌سوزی پس از زلزله: ماهیت، ویژگی‌ها و مؤلفه‌های تأثیرگذار

به بیان ساده، آتش‌سوزی پس از زلزله، حریق است که به‌طور مستقیم ناشی از خسارات اولیه وارده توسط زمین‌لرزه است. این پدیده، برخلاف آتش‌سوزی‌های متعارف، از ویژگی‌های منحصربه‌فرد و پیچیده‌ای برخوردار است که مدیریت آن را با دشواری‌های مضاعفی روبرو می‌سازد.

ویژگی‌های متمایز آتش‌سوزی پس از زلزله

- **وقوع هم‌زمان و چندکانونی:** این آتش‌سوزی‌ها عمدتاً به‌صورت پراکنده و در نقاط متعددی از شهر به‌طور تقریباً هم‌زمان رخ می‌دهند. این ویژگی ناشی از آن است که زمین‌لرزه به‌طور هم‌زمان به بخش‌های مختلفی از زیرساخت‌های شهر (مانند شبکه برق، گاز و سازه‌ها) آسیب می‌زند و هر یک از این آسیب‌ها می‌تواند به‌صورت مستقل، کانون یک حریق جدید باشند.
- **پتانسیل گسترش سریع و مهارناپذیر:** دومین ویژگی خطرناک، امکان توسعه و گسترش فوق‌العاده سریع این آتش‌سوزی‌ها است. این موضوع دو دلیل اصلی دارد:

- **محدودیت در دسترسی و منابع:** خرابی‌های ناشی از زلزله در شبکه معابر، راه‌های دسترسی و شریان‌های حیاتی مانند خطوط آب، توانایی آتش‌نشانان را برای رسیدن به محل حادثه و دسترسی به منابع آب موردنیاز برای اطفاء به‌شدت محدود می‌کند.
- **اشباع ظرفیت پاسخگویی:** تعدد کانون‌های آتش‌سوزی، نیروها و تجهیزات محدود آتش‌نشانی را در چندین جبهه مختلف پراکنده کرده و آن‌ها را با کمبود شدید منابع مواجه می‌سازد.
- **عوامل تشدیدکننده:** در صورتی که خطوط گازرسانی نیز دچار حریق یا نشت شوند، انفجارهای پیاپی و غیرقابل‌پیش‌بینی، آتشی مهارناپذیر را به وجود می‌آورند که به‌سرعت گسترش می‌یابد (Taslih Hafshjani, 2013).

مؤلفه‌های کلیدی تأثیرگذار در آتش‌سوزی پس از زلزله

بر اساس مطالعات و بررسی‌های پیشین، مؤلفه‌های اصلی تأثیرگذار بر این پدیده را می‌توان در چهار معیار کلی ۱- دسترسی (Accessibility)، ۲- سازه‌ها (Structures)، ۳- روش‌های مقابله (Response Measures) و ۴- عوامل خطرزا (Hazard Factors) دسته‌بندی نمود.

دسترسی

دسترسی به‌عنوان یکی از مؤثرترین معیارها در ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری، از زیر معیارهای متعددی تشکیل شده است. با توجه به محدودیت‌های اطلاعاتی و پرهیز از تکرار، سه زیر معیار کلیدی زیر برای این پژوهش در نظر گرفته شده است (Shokohi Dehkordi, 2013):

- **نزدیکی به خیابان اصلی:** در شرایط بحرانی، خیابان‌های اصلی به دلیل عرض بیشتر و طراحی مناسب‌تر، ظرفیت بالاتری برای تردد خودروهای امدادی و تخلیه اضطراری دارند. قوانین ترافیکی معمول (مانند یک‌طرفه بودن یا محدودیت توقف) در بحران قابل‌اتکا نیستند، بنابراین صرف «نزدیکی» به این شریان‌های حیاتی، اولویت دارد.
- **معابر غیرقابل‌دسترسی:** این معابر شامل موارد زیر می‌شوند:
 - معابری با محدودیت‌های خاص که احتمال مسدود شدن آن‌ها در بحران بالا است.
 - معابری با عرض کمتر از ۶ متر.
 - بن‌بست‌ها که ظرفیت دسترسی و تخلیه را به شدت کاهش می‌دهند.
 - حتی وجود مقدار کمی آوار یا موانع پیش‌بینی‌نشده می‌تواند دسترسی به این معابر را کاملاً مختل کند.

سازه‌ها

سازه‌ها و ساختمان‌ها، اصلی‌ترین منبع آسیب‌پذیری فیزیکی در برابر زلزله و حریق هستند. آسیب‌پذیری فیزیکی عمدتاً بر اساس ویژگی‌های ساختمان‌ها ارزیابی می‌شود. ازجمله زیر معیارهای این بخش می‌توان به سن بنا، نوع مصالح، تعداد طبقات (ارتفاع)، تراکم ساختمانی، کاربری و میزان اشغال آن بر اساس استانداردهای مبحث سوم مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۵) اشاره کرد.

روش‌های مقابله و نقش حیاتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

آمدگی و کارآمدی ایستگاه‌های آتش‌نشانی نقشی تعیین‌کننده در مدیریت بحران و مهار آتش‌سوزی‌های پس از زلزله دارد. شاخص‌های کلیدی عملکرد این ایستگاه‌ها از منظر ایمنی و آتش‌نشانی عبارت‌اند از (Vaira et al., 2017):

- **زمان واکنش سریع:** توانایی اعزام نیرو و تجهیزات در کوتاه‌ترین زمان ممکن برای جلوگیری از تبدیل یک آتش‌سوزی کوچک به فاجعه‌ای گسترده.
- **تجهیزات و منابع کافی:** در اختیار داشتن ناوگان خودرویی، تجهیزات پیشرفته اطفای حریق و منابع انسانی آموزش‌دیده به میزان کافی.
- **هماهنگی و ارتباطات:** ایجاد هماهنگی مؤثر بین آتش‌نشانی، پلیس، اورژانس و دیگر نهادهای امدادی و برقراری سیستم ارتباطی پایدار در شرایط بحران.
- **آموزش و آگاهی عمومی:** آموزش شهروندان درباره رفتارهای صحیح هنگام زلزله و آتش‌سوزی، که می‌تواند به‌طور چشمگیری از تلفات جانی و مالی بکاهد.
- **پایش و نظارت مستمر:** توانایی رصد و پایش دائمی وضعیت شهر و کانون‌های خطر با استفاده از فناوری‌های نوین برای دریافت اطلاعات به‌روز.
- **تمرینات دوره‌ای و شبیه‌سازی سناریوها:** برگزاری منظم مانورهای عملیاتی برای آماده‌سازی نیروها در مواجهه با شرایط واقعی بحران.

به‌صورت کلی، عملکرد بهینه ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ساعات اولیه پس از زلزله، عاملی کلیدی در نجات جان انسان‌ها و جلوگیری از تشدید فاجعه است. این ایستگاه‌ها سدی در برابر گسترش خسارات و حافظ جان و مال شهروندان هستند. بنابراین، ارزیابی مستمر سطح آمادگی و توان عملیاتی آن‌ها و اجرای برنامه‌های بهبود و تقویت ظرفیت، نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت انکارناپذیر در مدیریت ریسک شهرها در برابر زلزله است.

مواد و روش پژوهش

نوع پژوهش و چارچوب روش‌شناختی

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش گردآوری داده‌ها، در زمره پژوهش‌های آینده‌پژوهی و توصیفی-تحلیلی قرار می‌گیرد. چارچوب روش‌شناختی آن، تحلیل ساختاری مبتنی رویکرد میک‌مک^۱ است که به‌منظور شناسایی و تحلیل روابط متقابل بین پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات طبیعی در شهر ارومیه به کار گرفته شده است.

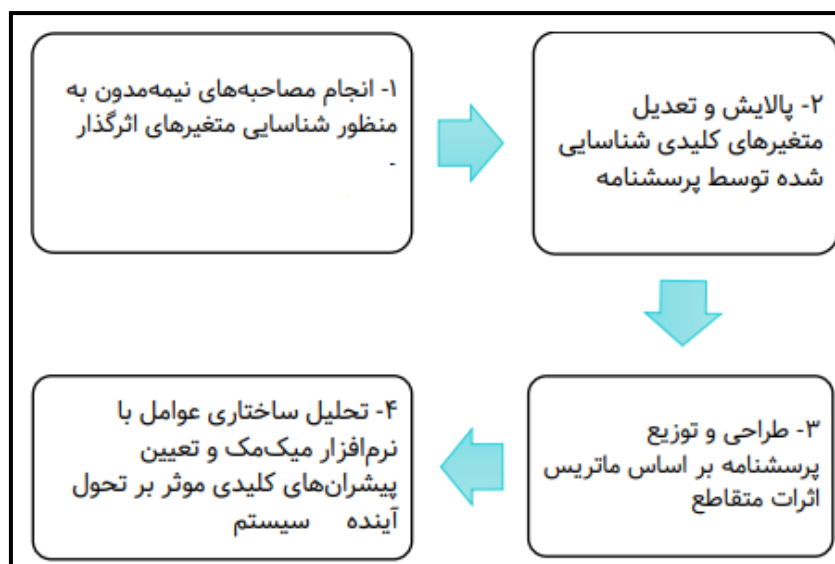
روش‌ها و ابزارهای گردآوری داده‌ها

این مطالعه در دو مرحله متوالی و تکمیلی انجام پذیرفته که به شرح زیر است:

- **مرحله اول: شناسایی اولیه پیشران‌ها:** با استفاده از روش مطالعه کتابخانه‌ای و مرور نظام‌مند ادبیات پژوهش‌های مرتبط با مدیریت شهری، برنامه‌ریزی شهری، مخاطرات طبیعی و توسعه خدمات شهری، فهرست اولیه‌ای از پیشران‌های مؤثر (متشکل از ۶۹ عامل) استخراج گردید.
- **مرحله دوم: پالایش نهایی پیشران‌ها و تشکیل ماتریس اثرات متقابل:** با تشکیل یک پنل خبرگان متشکل از ۵ نفر از صاحب‌نظران و متخصصان حوزه‌های مدیریت شهری، برنامه‌ریزی شهری، مخاطرات و آتش‌نشانی آشنا هدف اصلی مطالعه حاضر در شهر ارومیه، فهرست نهایی پیشران‌ها (جدول ۱) در قالب یک پرسشنامه محقق ساخته در اختیار آنان قرار گرفت. به عبارتی دیگر، پس از استخراج عوامل اولیه با استفاده از مصاحبه و مطالعات دیگران، از میان عوامل استخراج‌شده و دسته‌بندی آن‌ها با مشورت مجدد با کارشناسان موردنظر، ۳۰ عامل به‌عنوان مهم‌ترین پیشران‌های کلیدی (عوامل کلیدی) برای انجام تحلیل ساختاری و مشخص شدن ارتباط بین آن عوامل انتخاب شدند. به عبارتی پس‌ازاین مرحله ارتباط بین عوامل موردبررسی در زمینه هدف مطالعه مشخص‌شده، تأثیرگذاری بر هم دیگر و تأثیرپذیری از همدیگر عوامل مورد مطالعه نیز مشخص‌شده و سپس ماتریس اثرات متقابل و پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار مؤثر در عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات طبیعی در شهر ارومیه مشخص و تعیین شدند. شکل ۲ مراحل انجام تحلیل ساختاری در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ابعاد و شاخص‌های موردبررسی

ابعاد و شاخص‌های موردبررسی				
زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه و ظرفیت منابع انسانی در عملیات پس از زلزله (x1)	زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه و دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل در شرایط بحران (x2)	زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه و هماهنگی بین سازمانی (x3)	ظرفیت منابع انسانی و دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل در مرحله پاسخ‌دهی (x4)	ظرفیت منابع انسانی و قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی (x5)
ظرفیت منابع انسانی و تجهیزات و فناوری‌های امدادی (x6)	دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل و هماهنگی بین سازمانی (x7)	دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل و تشدید بحران (x8)	دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل و شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای (x9)	هماهنگی بین سازمانی و قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی (x10)
هماهنگی بین سازمانی و افزایش سطح آگاهی و آمادگی جامعه (x11)	هماهنگی بین سازمانی بهینه‌سازی تخصیص منابع مالی (x12)	قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی و پشتیبانی تجهیزات و فناوری‌های امدادی (x13)	قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی و مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی (x14)	قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی و پیش‌بینی شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای (x15)
تجهیزات و فناوری‌های امدادی و ارتقاء سطح آگاهی و آمادگی جامعه (x16)	تجهیزات و فناوری‌های امدادی و تخصیص منابع مالی (x17)	تجهیزات و فناوری‌های امدادی و بهبود مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه (x18)	عوامل محیطی و آب و هوایی و محدودیت ظرفیت منابع انسانی (x19)	عوامل محیطی و آب و هوایی و اختلال دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل (x20)
شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای و مشکل هماهنگی بین سازمانی (x21)	شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای و کاهش قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی (x22)	شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای و آسیب‌پذیری تجهیزات و فناوری‌های امدادی (x23)	سطح آگاهی و آمادگی جامعه و مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی (x24)	سطح آگاهی و آمادگی جامعه و کاهش شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای (x25)
سطح آگاهی و آمادگی جامعه و تخصیص منابع مالی (x26)	تخصیص منابع مالی و تقویت مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه (x27)	تخصیص منابع مالی و افزایش ظرفیت منابع انسانی (x28)	تخصیص منابع مالی و بهبود لجستیک حمل‌ونقل (x29)	تخصیص منابع مالی و هماهنگی بین سازمانی (x30)



شکل ۲- نمودار مراحل انجام تحلیل ساختاری با استفاده از نرم‌افزار Micmac

لازم به ذکر است که در زمان استفاده از تحلیل ساختاری، کلیه محاسبات در ماتریس $n \times n$ انجام می‌گردد. در این پژوهش یک ماتریس 30×30 تشکیل شد و تأثیر متقابل هر یک از عوامل موردبررسی به‌صورت زوجی ارزیابی شد. قدرت این مدل در مشخص کردن میزان ارتباط بین عوامل موردبررسی متغیرها و در آخر شناسایی عوامل کلیدی مؤثر (Haghlesan, 2025) در عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات طبیعی در شهر ارومیه است و به توصیف شبکه ارتباط بین موانع می‌پردازد و در نهایت عوامل یا پیشران‌های کلیدی شناسایی می‌شود. در این مدل جهت مقایسه‌های زوجی از اعداد صفر تا ۴ استفاده می‌شود که در ادامه هریک تشریح شده‌اند:

- عدد ۰ نشان‌دهنده «عدم تأثیر» دو متغیر برهم است؛

- عدد ۱ نشان‌دهنده «تأثیر ضعیف» دو متغیر برهم است؛

- عدد ۲ نشان‌دهنده «تأثیر متوسط» دو متغیر برهم است؛

- عدد ۳ نشان‌دهنده «تأثیر زیاد» دو متغیر برهم است؛ و

- p یا عدد چهار نشان‌دهنده تأثیر بالقوه دو متغیر موردنظر در آینده است.

به‌صورت کلی بر اساس اطلاعات استخراج‌شده از بخش میدانی را می‌توان در ماتریس دارای محوری دوبعدی (شکل ۳) ترسیم کرد. محور افقی این ماتریس دوبعدی، نشان‌دهنده مجموع امتیازهای سطری یک عامل است. محور عمودی این ماتریس، مشخص‌کننده مجموع امتیازهای ستونی یک عامل موردبررسی است. با جمع کردن سطری، ستونی و مقیاس بندی محورهای مختصات، به هر متغیر می‌توان امتیازی سطری و ستونی اختصاص داد و آن را در فضای دوبعدی مکان‌یابی کرد. مجموع امتیازهای سطری نشان‌دهنده تأثیرگذاری یک عامل بر همه عامل‌های موردبررسی دیگر و مجموع ستونی نشان‌دهنده میزان تأثیرپذیری یا وابستگی عامل به همه عامل‌های موردبررسی دیگر است. بنابراین، هر یک از مسائل یا متغیرها در فضای دوبعدی در نموداری چهاربخشی قابل مکان‌یابی خواهند بود (Godet et al., 2008; Waheed). (Mahan and Jamshidi, 2026).

	V1	V2	V3	V4	V5
V1	0	2	1	3	2
V2	1	0	2	0	3
V3	0	2	0	2	1
V4	1	0	1	0	3
V5	0	1	3	0	0

شکل ۳- ماتریس اثرات متقاطع به‌صورت فرضی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

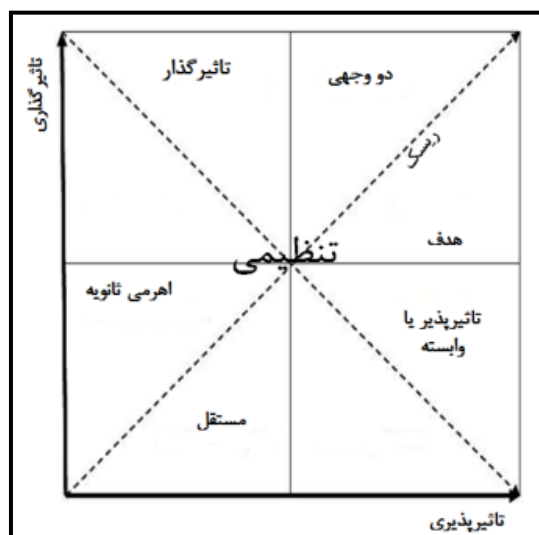
جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری این پژوهش را کلیه مدیران، کارشناسان ارشد و صاحب‌نظران در بخش آتش‌نشانی و مخاطرات محیطی و مدیریت شهری تشکیل دادند. با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند و گلوله برفی، گروهی ۱۲ نفره از خبرگان که دارای حداقل ۱۰ سال سابقه کاری مرتبط بودند، به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند. این تعداد نمونه با استناد به مطالعات مشابه (Sahara et al., 2025) برای تحلیل‌های ساختاری میک‌مک کافی و قابل‌اتکا تلقی می‌شود.

روش تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از ماتریس اثرات متقابل با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک مورد تحلیل قرار گرفت. مراحل تحلیل در این نرم‌افزار به شرح زیر است:

- **تشکیل ماتریس مستقیم (MDI):** داده‌های پرسشنامه‌های خبرگان جمع‌بندی و میانگین‌گیری شد تا یک ماتریس مستقیم ($N \times N$) (تعداد نهایی پیش‌ران‌ها N) ایجاد گردد.
- **محاسبه ماتریس مستقیم نرمال‌شده:** ماتریس مستقیم، نرمال‌سازی شد.
- **محاسبه ماتریس اثرات غیرمستقیم (MII):** با افزایش توان‌های ماتریس در فرآیند تکراری، اثرات غیرمستقیم و نهایی بین پیش‌ران‌ها محاسبه گردید.
- **ترسیم نقشه پراکندگی عوامل:** در این مرحله، برای هر عامل، دو شاخص قدرت نفوذ^۱ وابستگی^۲ محاسبه و عوامل بر اساس این دو شاخص در یک صفحه مختصات دوبعدی در چهار ربع (شکل ۴) دسته‌بندی می‌شوند:
 - **عوامل محرک/پیش‌ران (تأثیرگذار):** دارای قدرت نفوذ بالا و وابستگی کم. این عوامل، اهرم‌های کلیدی سیستم هستند.
 - **عوامل کلیدی/ارله:** دارای قدرت نفوذ بالا و وابستگی بالا. این عوامل ناپایدار بوده و هر تغییر در آن‌ها پیامدهای گسترده‌ای دارد و به‌صورت کلی شامل دو بخش دو وجهی و هدف است.
 - **عوامل متأثر (وابسته):** دارای قدرت نفوذ کم و وابستگی بالا. این عوامل عموماً خروجی سیستم محسوب می‌شوند.
 - **عوامل مستقل:** دارای قدرت نفوذ کم و وابستگی کم. این عوامل نقش کم‌رنگ‌تری در پویایی سیستم دارند.



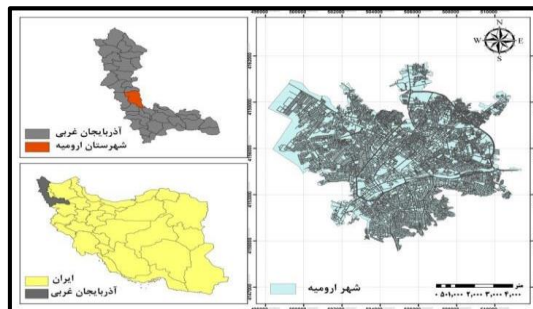
شکل ۴- نمودار تأثیرپذیری - تأثیرگذاری در نرم‌افزار Micmac

خروجی این تحلیل، شناسایی پیش‌ران‌های کلیدی و محرک است که بیشترین نقش را در شکل‌دهی به آینده عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی دارند. همچنین، ترسیم نقشه جابجایی^۳ امکان مقایسه اثرات مستقیم و غیرمستقیم و شناسایی عوامل با پتانسیل ناپایداری در بلندمدت را فراهم می‌آورد.

1 Influence Power
2 Dependence Power
3 Displacement Map

محدوده مورد مطالعه

شهر ارومیه، مرکز شهرستان ارومیه و مرکز استان آذربایجان غربی است که در فاصله ۱۸ کیلومتری دریاچه ارومیه، در داخل جلگه‌ای به طول ۷۰ کیلومتر و عرض ۳۰ کیلومتر قرار گرفته و مطابق آمار مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ حدود ۷۳۶۲۲۴ نفر جمعیت داشته است. این شهر با مساحت ۱۰۵۴۸ هکتار در ارتفاع ۱۳۳۲ دارای موقعیت استقرار مناسب بوده و تقریباً در میانه استان با تراکم جمعیت ۱۴۰۰۰ نفر در کیلومتر مربع واقع شده است.



شکل ۵- موقعیت جغرافیایی شهر ارومیه

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

بحث و ارائه یافته‌ها

تحلیل تأثیرگذاری متغیرهای بازآفرینی بر گردشگری به کمک مدل تحلیل ساختاری متقاطع (میک مک)

با عنایت به مطالب توصیفی و ادبیات تحقیق، استفاده از اطلاعات خبرگان و همچنین با بهره‌گیری از تجربیات اساتید دانشگاهی در حوزه حوادث و بحران، تعداد ۱۰ شاخص و ۳۰ متغیر تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی شناسایی شدند که در جدول (۲) بدان‌ها اشاره می‌شود.

جدول ۲- پیشران‌های تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی

عنوان	شاخص
زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه	مقاومت لرزه‌ای ساختمان‌ها، تجهیزات ذخیره‌سازی و سیستم‌های پشتیبان، وضعیت منابع آبی برای اطفاء حریق در آتش‌نشانی و مهار آن‌ها، تعداد شیرهای آتش‌نشانی، بررسی تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی
منابع انسانی و صلاحیت‌ها	تعداد، آموزش تخصصی و تجربه کارکنان در عملیات پس از بحران، تعداد نیروهای مستقر در آتش‌نشانی، انسداد مسیرها، ترافیک بحران‌زده و آسیب جاده‌ای، وضعیت دسترسی نیروهای امدادی، وضعیت تناسب خودروهای عملیاتی هنگام حادثه،
هماهنگی بین سازمانی	همکاری با نهادهایی مانند هلال احمر، شهرداری و پلیس
سیستم‌های ارتباطی و اطلاع‌رسانی	شبکه‌های رادیویی، ماهواره‌ای و دیجیتال در شرایط اختلال.
سیستم‌های ارتباطی و اطلاع‌رسانی	شبکه‌های رادیویی، ماهواره‌ای و دیجیتال در شرایط اختلال. وضعیت و ایمنی سیستم‌های ضد حریق (فعال - غیرفعال)
تجهیزات و فناوری‌های امدادی	دستگاه‌های پیشرفته مانند GIS برای مکان‌یابی و پهبادهای امدادی، نقشه مراکز آتش‌نشانی نقشه خطوط انتقال انرژی و نقشه تراکم آن‌ها (آب، برق، گاز، نفت، فیبر نوری) نقشه جایگاه‌های سوخت و نقشه تراکم آن‌ها نقشه موقعیت گسل‌های محدوده و نقشه تراکم آن‌ها نقشه سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی و نقشه تراکم آن‌ها
شرایط محیطی و آب و هوایی	عوامل تشدیدکننده مانند بارندگی یا باد که بر آتش‌سوزی ثانویه تأثیرگذارند.
شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای	مقیاس ریشتر، عمق کانون و الگوهای خسارت اولیه
آگاهی و آمادگی جامعه	سطح آموزش شهروندان برای خود امدادی و همکاری با خدمات اضطراری.
منابع مالی و بودجه‌ای	بودجه عملیاتی برای تعمیرات فوری و پشتیبانی لجستیک پس از حادثه.
وضعیت دستگاه‌های برقی آبی و گازی	وضعیت برق (تابلوها، تجهیزات و برق اضطراری) و عملکرد آن در هنگام زلزله ایمنی و کیفیت تأسیسات گازی و لوله کشی گاز در هنگام زلزله ایمنی و کیفیت تأسیسات آب و فاضلاب و لوله کشی در هنگام زلزله

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم متغیرها

ماتریس پژوهش حاضر با ابعاد 30×30 (متناسب با تعداد متغیرها) طراحی و در سه تکرار مستقل اجرا گردید. درجه پرشدگی این ماتریس به میزان ۱۰۰٪ محاسبه شد که بیانگر ضریب ارتباطی بسیار بالا میان متغیرهاست. این شاخص، حاکی از اثرگذاری و تعامل گسترده عوامل مختلف بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شرایط پس از مخاطرات محیطی هست (نگاه کنید به جدول ۴). بر اساس داده‌های مندرج در جدول ۳، توزیع روابط در این ماتریس به شرح زیر است: ۱۸۴ رابطه فاقد اثر (صفر)، ۳۱۲ رابطه با درجه اثر یک، ۲۴۱ رابطه با درجه اثر دو، ۱۴۹ رابطه با درجه اثر سه و ۱۴ رابطه با کد «P». افزون بر این، ماتریس مذکور با اعمال سه چرخش و بر مبنای شاخص‌های آماری، از سطوح مطلوبیت و بهینگی مطلق (صد درصد) برخوردار هست. در گام بعدی پژوهش، به‌منظور شناسایی جامع‌تر پیشران‌ها و عوامل مؤثر، تحلیل تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در مرحله پسا وقوع بحران، صورت خواهد پذیرفت.

جدول ۳- تحلیل اولیه داده‌های ماتریس

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	تعداد صفر	تعداد یک	تعداد دو	تعداد سه	تعداد P	جمع	درصد پرشدگی
مقدار	۳۰	۳	۱۸۴	۳۱۲	۲۴۱	۱۴۹	۱۴	۷۱۶	۱۰۰٪

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

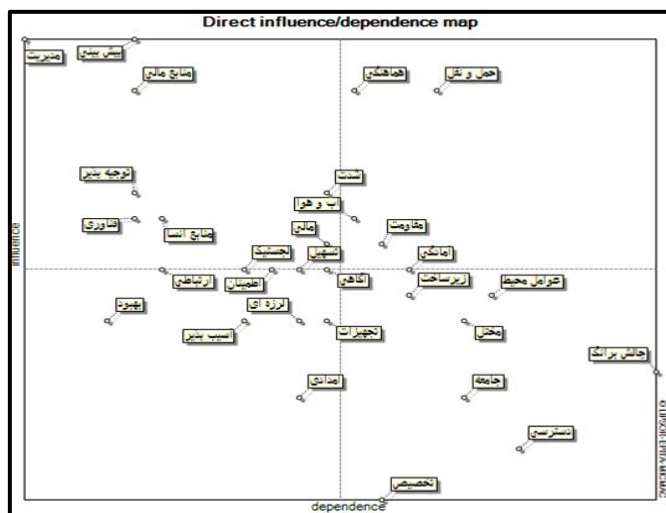
جدول ۴- درجه مطلوبیت و بهینگی‌شدگی ماتریس

چرخش	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری
۱	۹۳٪	۹۶٪
۲	۹۹٪	۱۰۱٪
۳	۱۰۰٪	۱۰۰٪

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

خروجی نرم‌افزار MICMAC در این پروژه، موقعیت و نقش هر یک از عوامل را در قالب یک نمودار و یک جدول مشخص می‌کند. بر این اساس، عوامل به چهار گروه متمایز تقسیم می‌شوند:

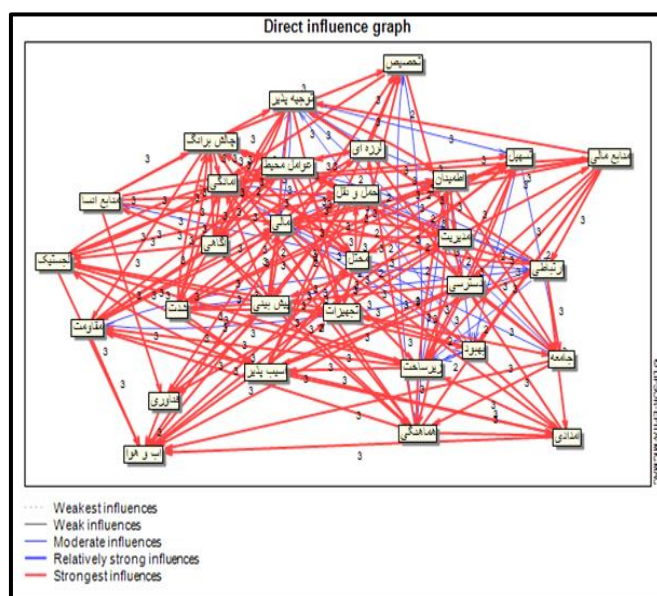
- ۱- عوامل تأثیرگذار (عوامل کلیدی محرک): این عوامل، اهرم‌های اصلی تغییر در سیستم شما هستند.
 - ۲- عوامل تأثیرپذیر (عوامل خروجی): این عوامل، شاخص‌های نهایی هستند که نتیجه تحولات سیستم در آن‌ها نمود پیدا می‌کند.
 - ۳- عوامل دوجبهی (عوامل ناپایدار): این عوامل، حلقه‌های بازخورد سیستم هستند که ثبات ندارند و هر تغییر کوچکی در آن‌ها می‌تواند کل سیستم را تحت تأثیر قرار دهد.
 - ۴- عوامل مستقل (عوامل کم‌اثر): این عوامل، نقش کم‌رنگی در پویایی سیستم ایفا می‌کنند.
- به‌صورت کلی و بر اساس آنچه گفته شد، مشاهده نمودار این پراکندگی در شکل (۶) و داده‌های دقیق آن در جدول (۵) میسر است.



شکل ۶- روابط مستقیم بین متغیرها

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

شکل ۷ رابطه تأثیر مستقیم بین متغیرها را نشان می‌دهد. در این شکل، پیکان‌های قرمز، متغیرهایی را نشان می‌دهند که دارای اساسی‌ترین رابطه مستقیم هستند. جهت پیکان به سمت داخل نشان‌دهنده آن است که آن متغیر، تحت تأثیر سایر متغیرها قرار می‌گیرد. در مقابل، جهت پیکان قرمز به سمت بیرون حاکی از آن است که آن متغیر به‌طور قوی بر سایر متغیرها تأثیر می‌گذارد. همان‌طور که مباحث پیش توضیح داده شد تأثیر متغیرها نسبت به یکدیگر از صفر تا سه و بر اساس نظر متخصصان می‌باشد. آن مقدار تأثیری که یک عامل از عامل دیگر می‌پذیرد به‌عنوان تأثیرپذیری و آن مقدار تأثیری که یک عامل به عامل دیگر می‌گذارد به‌عنوان تأثیرگذاری ثبت شده است. در جدول ۵ تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هریک از متغیرها نشان داده شده است.



شکل ۷- روابط مستقیم بین متغیرها

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

جدول ۵- وضعیت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی

ردیف	عامل	مجموع تأثیرگذاری	مجموع تأثیرپذیری
۱	زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه و ظرفیت منابع انسانی در عملیات پس از زلزله	۳۶	۴۳
۲	زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه و دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل در شرایط بحران	۳۹	۴۱
۳	زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه و هماهنگی بین سازمانی	۴۳	۴۸
۴	ظرفیت منابع انسانی و دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل در مرحله پاسخ‌دهی	۴۹	۳۴
۵	ظرفیت منابع انسانی و قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی	۴۰	۴۱
۶	ظرفیت منابع انسانی و تجهیزات و فناوری‌های امدادی	۴۲	۳۹
۷	دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل و هماهنگی بین سازمانی	۴۷	۳۹
۸	دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل و تشدید بحران	۴۳	۴۳
۹	دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل و شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای	۴۱	۳۹
۱۰	هماهنگی بین سازمانی و قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی	۳۶	۴۱
۱۱	هماهنگی بین سازمانی و افزایش سطح آگاهی و آمادگی جامعه	۴۲	۴۱
۱۲	هماهنگی بین سازمانی بهینه‌سازی تخصیص منابع مالی	۳۵	۴۸
۱۳	قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی و پشتیبانی تجهیزات و فناوری‌های امدادی	۳۵	۴۳
۱۴	قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی و مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی	۳۱	۵۰
۱۵	قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی و پیش‌بینی شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای	۳۵	۵۰
۱۶	تجهیزات و فناوری‌های امدادی و ارتقاء سطح آگاهی و آمادگی جامعه	۴۱	۳۶
۱۷	تجهیزات و فناوری‌های امدادی و تخصیص منابع مالی	۴۴	۳۲
۱۸	تجهیزات و فناوری‌های امدادی و بهبود مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه	۴۴	۴۲
۱۹	عوامل محیطی و آب و هوایی و محدودیت ظرفیت منابع انسانی	۴۸	۴۰
۲۰	عوامل محیطی و آب و هوایی و اختلال دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل	۴۶	۴۸

ردیف	عامل	مجموع تأثیرگذاری	مجموع تأثیرپذیری
۲۱	شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای و مشکل هماهنگی بین سازمانی	۵۴	۳۷
۲۲	شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای و کاهش قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی	۴۲	۴۴
۲۳	شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای و آسیب‌پذیری تجهیزات و فناوری‌های امدادی	۳۹	۳۹
۲۴	سطح آگاهی و آمادگی جامعه و مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی	۴۵	۴۱
۲۵	سطح آگاهی و آمادگی جامعه و کاهش شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای	۴۷	۳۶
۲۶	سطح آگاهی و آمادگی جامعه و تخصیص منابع مالی	۳۵	۴۴
۲۷	تخصیص منابع مالی و تقویت مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه	۴۵	۴۰
۲۸	تخصیص منابع مالی و افزایش ظرفیت منابع انسانی	۴۲	۴۲
۲۹	تخصیص منابع مالی و بهبود لجستیک حمل‌ونقل	۳۴	۳۹
۳۰	تخصیص منابع مالی و هماهنگی بین سازمانی	۴۱	۴۱
	جمع کل	۱۲۴۱	۱۲۴۱

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

ناحیه اول (متغیرهای تأثیرگذار)

در این ناحیه مهم‌ترین و بارزترین متغیرها و شاخص‌ها قرار دارند. بنابراین در این ناحیه هم شاخص‌های اصلی تأثیرگذار هم شاخص‌های تأثیرپذیر بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی قرار دارند. درواقع پایداری و عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی به این متغیرها وابسته است و به‌عنوان متغیرهای کلیدی و تعیین‌کننده در این پژوهش شناخته می‌شوند. این متغیرها عبارت است از: تأثیر منابع انسانی بر اطمینان سیستم‌های ارتباطی - ارتباط دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل بر هماهنگی بین سازمانی - تأثیر قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی بر پیش‌بینی و کاهش شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای - نقش تخصیص منابع مالی بر هماهنگی بین سازمانی - ارتباط سطح آگاهی و آمادگی جامعه با تخصیص منابع مالی - اثرگذاری تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر بهبود مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی - قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی بر مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی - تأثیر تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر تخصیص منابع مالی

ناحیه دوم (متغیرهای دوجویی)

در این ناحیه متغیرها و شاخص‌هایی هستند که بیشتر تأثیرگذار و کمتر تأثیرپذیرند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شاخص‌های تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی عبارت‌اند از: تأثیر هماهنگی بین سازمانی بر قابلیت اطمینان دستگاه‌های - تأثیر دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل بر عوامل محیطی و آب و هوایی در تشدید بحران - ارتباط عوامل محیطی و آب و هوایی بر محدودیت ظرفیت منابع انسانی - تأثیر تخصیص منابع بر تقویت مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه - سطح آگاهی و آمادگی جامعه بر کاهش ویژگی‌های لرزه‌ای.

ناحیه سوم (متغیرهای مستقل)

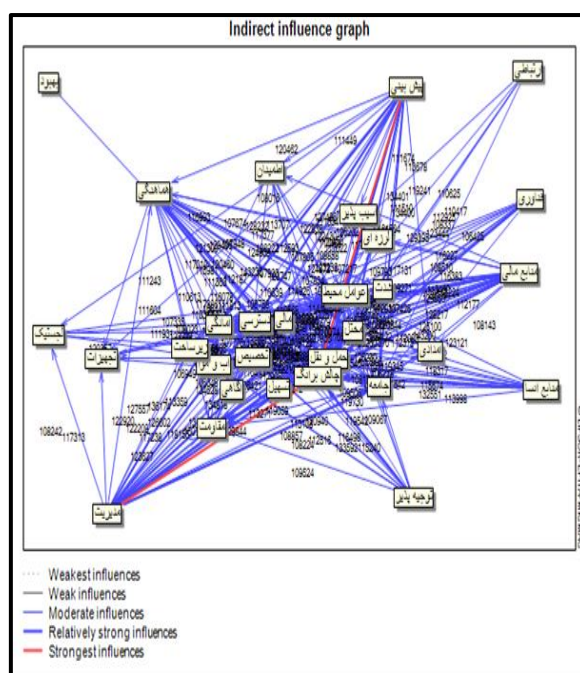
این ناحیه مشتمل بر شاخص‌هایی است که رفتار مستقلی در عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی دارند و نشان‌دهنده متغیرهایی که هم میزان تأثیرگذاری و هم میزان تأثیرپذیری کمی بر متغیرهای دیگر در عملکرد ایستگاه‌ها دارند و عبارت‌اند از: تأثیر قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی بر پشتیبانی تجهیزات و فناوری‌های امدادی - تأثیر شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای بر کاهش قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی - تأثیر شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای بر آسیب‌پذیری تجهیزات و فناوری‌های امدادی - ارتباط تخصیص منابع مالی بر بهبود دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل - تأثیر شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای بر آسیب‌پذیری تجهیزات و فناوری‌های امدادی؟ - تأثیر ظرفیت منابع انسانی بر تقویت یا محدودیت تجهیزات و فناوری‌های امدادی - ارتباط سطح آگاهی و آمادگی جامعه بر کاهش ویژگی‌های لرزه‌ای - تأثیر تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر ارتقا سطح آگاهی و آمادگی جامعه.

ناحیه چهارم (متغیرهای تأثیرپذیر)

در این ناحیه شاخص‌هایی قرار گرفته‌اند که بیشتر تأثیرپذیر و کمتر تأثیرگذارند. نتایج حاصل از پژوهش شاخص‌هایی که بیشتر تأثیرپذیری را دارند عبارت‌اند از: تأثیر هماهنگی بین سازمانی بر بهینه‌سازی تخصیص منابع مالی - ارتباط زیرساخت‌های فیزیکی ایستگاه بر دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل در شرایط بحران - تأثیر هماهنگی بین سازمانی بر افزایش سطح آگاهی و آمادگی جامعه - تأثیر شدت و ویژگی‌های

[illegible]

شکل ۸ نشان‌دهنده جابجایی عوامل در دو گروه تحلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم هست که به ترتیب میزان اثرگذاری مرتب‌شده‌اند. بر این اساس مدیریت، پیش‌بینی، منابع مالی، هماهنگی، توجیه‌پذیری، فناوری، منابع انسانی، اطمینان و آگاهی بیشترین میزان تأثیرگذاری را خواهند داشت. همه عوامل در هر دو روش مستقیم و غیرمستقیم تکرار شده‌اند. همچنین، در شکل ۹ می‌توان به ارتباط شاخص‌ها با همدیگر پی برد، که هرچقدر میزان ارتباط شاخص‌ها از همدیگر بیشتر باشد، رنگ خط ارتباطی آن‌ها از همدیگر قرمزتر و هرچقدر میزان ارتباط کم‌تر باشد رنگ خط ارتباطی شاخص‌ها با همدیگر نازک‌تر و مایل به خط آبی خواهد بود.



شکل ۹- روابط غیرمستقیم بین متغیرها
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

برای استخراج پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی مراحل فوق انجام و اجرا شده است و طی چند مرحله با کمک نخبگان و الهام از مبانی نظری ۳۰ متغیر منبع از طرح‌ها و مقالات علمی پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات محیطی مؤثر تشخیص داده شد. آنگاه برای حصول نتیجه علمی پیشران‌ها (متغیرها) در نرم‌افزار میک مورد سنجش قرار گرفتند. بر اساس نتایج و خروجی مدل ساختاری متقاطع (میک مک) این پیشران‌ها یا متغیرها غالباً با شدت‌های مختلف و در سطوح مختلفی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد ایستگاه‌ها مؤثر بوده‌اند. در این راستا در طرح یا پلان تأثیرگذاری‌های مستقیم، غیرمستقیم متغیرهای: تأثیر منابع انسانی بر اطمینان دستگاه‌های ارتباطی، ارتباط دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل بر هماهنگی بین سازمانی، تأثیر قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی بر پیش‌بینی و کاهش شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای، نقش تخصیص منابع مالی بر هماهنگی بین سازمانی، ارتباط سطح آگاهی و آمادگی جامعه با تخصیص منابع مالی، اثرگذاری تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر بهبود مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی، قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی بر مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی، تأثیر تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر تخصیص منابع مالی.

جدول ۷- پیشران‌های نهایی و تأثیرگذار

ردیف	پیشران‌های تأثیرگذار و کلیدی
۱	تأثیر منابع انسانی بر اطمینان سیستم‌های ارتباطی
۲	ارتباط دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل بر هماهنگی بین سازمانی
۳	تأثیر قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی بر پیش‌بینی و کاهش شدت و ویژگی‌های لرزه‌ای
۴	نقش تخصیص منابع مالی بر هماهنگی بین سازمانی
۵	ارتباط سطح آگاهی و آمادگی جامعه با تخصیص منابع مالی
۶	اثرگذاری تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر بهبود مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی
۷	قابلیت اطمینان دستگاه‌های ارتباطی بر مدیریت عوامل محیطی و آب و هوایی
۸	تأثیر تجهیزات و فناوری‌های امدادی بر تخصیص منابع مالی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تحلیل کلی و بینش‌های کلیدی

❖ نقش محوری "سیستم‌های ارتباطی":

شاخص‌های ۱، ۳ و ۷ همگی به "قابلیت اطمینان سیستم‌های ارتباطی" می‌پردازند. این موضوع نشان می‌دهد که ارتباطات، ستون فقرات و زیربنای اصلی عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در پس از وقوع مخاطرات محیطی است، این دستگاه‌ها:

- بر عملکرد نیروی انسانی تأثیر می‌گذارند (شاخص ۱).
- امکان پیش‌بینی و کاهش اثرات بلایای طبیعی مانند زلزله را فراهم می‌کنند (شاخص ۳).
- مدیریت شرایط متغیر و خطرناک محیطی را ممکن می‌سازند (شاخص ۷).

❖ "تخصیص منابع مالی" به عنوان موتور محرک:

شاخص‌های ۴، ۵ و ۸ نقش مرکزی منابع مالی را نشان می‌دهند. پول تنها یک منبع نیست، بلکه یک عامل توانمند ساز یا محدودکننده است که بر سایر حوزه‌ها اثر می‌گذارد:

- هماهنگی بین سازمانی را تقویت یا تضعیف می‌کند (شاخص ۴).
- سطح آگاهی و آمادگی جامعه را مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (شاخص ۵).
- توسط کیفیت و کمیت تجهیزات امدادی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (شاخص ۸ - احتمالاً به دلیل هزینه‌های خرید و نگهداری).

❖ ارتباط تنگاتنگ "سخت‌افزار" و "نرم‌افزار" مدیریت بحران:

شاخص‌های ۶ و ۲ این رابطه را به خوبی نشان می‌دهند:

- شاخص ۶: "تجهیزات و فناوری‌های امدادی" (سخت‌افزار) به طور مستقیم بر "مقاومت زیرساخت‌های فیزیکی" (سخت‌افزار دیگر) تأثیر می‌گذارد.

- شاخص ۲: "دسترسی و لجستیک حمل‌ونقل" (سخت‌افزار) به‌طور مستقیم بر "هماهنگی بین سازمانی" (نرم‌افزار/فرآیند) اثر می‌گذارد.

این موضوع ثابت می‌کند که سرمایه‌گذاری روی فناوری و زیرساخت‌های فیزیکی، بدون بهبود فرآیندها و هماهنگی‌های سازمانی، نتیجه مطلوب را نخواهد داشت و بالعکس.

❖ زنجیره ارزش مدیریت بحران:

با نگاهی کلی به شاخص‌ها، یک زنجیره ارزش قابل‌شناسایی است:

منابع مالی به تجهیزات و ارتباطات (ابزار) وابسته بوده و از طرفی دیگر، تجهیزات و ارتباطات با هماهنگی و آگاهی (فرآیند) در ارتباط است. لذا نتیجه نهایی این ارتباطات انعطاف‌پذیری و کاهش اثرات مخاطرات طبیعی خواهد بود و به عبارتی دیگر این همان زنجیره ارزش است.

جمع‌بندی نهایی و ارزیابی کلی:

این مجموعه شاخص‌ها به‌خوبی نشان می‌دهد که عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات طبیعی یک سیستم به‌هم‌پیوسته و پویا است و نه مجموعه‌ای از فعالیت‌های مجزا. نقاط قوت اصلی این چارچوب عبارت‌اند از:

- نگرش دستگاہی: توجه به تعامل بین عوامل مختلف به‌جای بررسی جداگانه آن‌ها.
 - تأکید بر عوامل توانمند ساز: تمرکز بر روی پیشران‌هایی مانند ارتباطات، مالی و هماهنگی که موفقیت سایر اقدامات را ممکن می‌سازند.
 - ترکیب منطقی عوامل سخت و نرم: در نظر گرفتن هم‌زمان فناوری، زیرساخت، منابع انسانی و فرآیندهای سازمانی.
 - پیشنهاد برای تکمیل: برای تکمیل این تحلیل، می‌توان شاخص‌های مرتبط با حکمرانی، قوانین و رهبری را نیز بررسی کرد، چراکه این عوامل بستر لازم برای اثربخشی تمامی شاخص‌های فوق را فراهم می‌کنند.
- به‌طورکلی، این لیست یک‌پایه بسیار قوی برای مدل‌سازی، ارزیابی و برنامه‌ریزی در حوزه عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی پس از وقوع مخاطرات طبیعی و کاهش خطرپذیری بلایا ارائه می‌دهد.

References:

- Bektash, N., & Givehji, S. (2017). Post-earthquake Fire Risk Assessment and Management. Fifth International Congress of Civil Engineering, Development and Architecture, Shahid Beheshti University. <https://civilica.com/doc/735739> [In Persian]
- Borden, F. W. (1997). The 1994 Northridge earthquake and the fires that followed. Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology.
- Botting, R., & Buchanan, A. (2000). Building design for fire after earthquake. In 12th World Conference on Earthquake Engineering. Christchurch, New Zealand, Oceania.
- Coburn, A., and Spence, R. (2010). Earthquake Safety, Translators: Dr. Fereydoun Ghadhbhan, Sahar Derakhshan and Dr. Babak Omidova, First Edition, Tehran University Press. [In Persian]
- Della Corte, G., Landolfo, R., & Mazzolani, F. M. (2003). Post-earthquake fire resistance of moment resisting steel frames. Fire Safety Journal, 38(7), 593-612. [https://doi.org/10.1016/s0379-7112\(03\)00047-x](https://doi.org/10.1016/s0379-7112(03)00047-x)
- Ghouchani, M., Taji M, Darbaniyan M. (2019). Evaluation of the Effective Factors on Increasing the Risk of Damages to Urban Buildings in Post-earthquake Fire Crisis by AHP Method. Disaster Prev. Manag. Know. 9 (3) :306-293. [20.1001.1.23225955.1398.9.3.1.4](https://doi.org/10.23225955.1398.9.3.1.4) [In Persian]
- Haghlesan, M. (2025). A Study of driving components influencing the development of urban tourism in Tabriz based on future studies. Journal of Geography and Regional Future Studies, 3(3), 157-176. <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.56037.1095> [In Persian]
- Jamini, D., & Jamshidi, A. (2015). Analysis of the factors that explain the social stability in rural areas (Case study: Chardavol township). Journal of Spatial Planning, 4(4), 147-165. https://gps.gu.ac.ir/article_8506.html?lang=en [In Persian]
- Jamshidi, A. and Anabestani, A. (2022). Interpretive Structural modeling of factors affecting the development of resilience to climate change (with emphasis on drought) of villagers in west of Urmia Lake. Journal of Arid Regions Geographic Studies, 11(42), 1-22. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161528_en.html [In Persian]
- Jie, L., Jian-Hua, J., & Ming-Hao, L. (2001). Hazard analysis system of urban post-earthquake fire based on GIS. Acta Seismologica Sinica, 14(4), 448-455. https://www.researchgate.net/publication/225538093_Hazard_analysis_system_of_urban_post-earthquake_fire_based_on_GIS

- Khorasani, N. E., Gernay, T., & Garlock, M. (2017). Data-driven probabilistic post-earthquake fire ignition model for a community. *Fire Safety Journal*, 94, 33-44. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/214608/1/2017-FSJ-Preprint-Ignition_NEK_TG_MG.pdf
- Lolli, F., Pergreffi, A., Gamberini, R., Rimini, B., & Regattieri, A. (2015). A bi-objective heuristic for supporting fire stations to respond quickly and efficiently in case of micro calamities. *Int. J. Oper. Quant. Manag*, 21(1), 21-36. https://www.academia.edu/106425709/A_Bi_Objective_Heuristic_for_Supporting_Fire_Stations_to_Respond_Quickly_and_Efficiently_in_Case_of_Micro_Calamities
- Madadi, A., Asghari, S., Zaremand, Z., & Ghale, E. (2023). Modeling and zoning the earthquake risk using fuzzy TOPSIS model (case study: Kermanshah City). *Emergency Management*, 11(2), 6-19. http://www.joem.ir/&url=http://www.joem.ir/article_702106.html?lang=en [In Persian].
- Majidy Nik, M., & Biglari, S. (2023). Earthquake Risk Assessment of Bushehr Province. *Emergency Management*, 11, 11-24. https://www.joem.ir/article_702192.html [In Persian].
- Marquis, F., Kim, J. J., Elwood, K. J., & Chang, S. E. (2017). Understanding post-earthquake decisions on multi-storey concrete buildings in Christchurch, New Zealand. *Bulletin of earthquake engineering*, 15(2), 731-758. https://www.researchgate.net/publication/277352765_Understanding_post-earthquake_decisions_on_multi-storey_concrete_buildings_in_Christchurch_New_Zealand
- Mohammadi, A., Jamini, D., & Atashbahar, R. (2025). Identification and analysis of areas exposed to flood risk in the informal settlement of Naysar - Sanandaj city. *Journal of Urban Environmental Planning and Development*, 5(17), 53-64. DOI: 10.30495/JUEP.1404.1128137. [In Persian]
- Mousavi, M., Zoghi Barani, K., Jahangirzadeh, J., Omidvarfar, S., & Bayramzadeh, N. (2023). Hospital Site Selection Using the Fuzzy Method and Passive Defense Approach (Case Study: Urmia City). *Passive Defense*, 14(1), 129-138. https://pd.ihu.ac.ir/article_207886.html [In Persian]
- MousaviRad, S. J., Tab, F. A., & Mollazade, K. (2012). Application of imperialist competitive algorithm for feature selection: a case study on bulk rice classification. *International Journal of Computer Applications*, 40(16). https://www.researchgate.net/publication/243457624_Application_of_Imperialist_Competitive_Algorithm_for_Feature_Selection_A_Case_Study_on_Bulk_Rice_Classification
- Nishino, T. (2023). Probabilistic urban cascading multi-hazard risk assessment methodology for ground shaking and post-earthquake fires. *Natural Hazards*, 116(3), 3165-3200. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05802-0>
- Padash, A. and Kheirdast, A. (2023). Investigation of the Capacity of Fire Stations in 19 Area Tehran Municipality in Post-earthquake Fires. *Journal of Urban Environmental Management*, 1(3), 14-31. doi: 10.48306/jumee.2023.416088.1019. [In Persian]
- Park, C. (2014). An Analysis of the importance in fire-stations' works and redesign by disaster management steps. *Journal of the Society of Disaster Information*, 10(4), 572-582. https://www.researchgate.net/publication/272411651_An_Analysis_of_the_importance_in_fire-stations'_works_and_redesign_by_disaster_management_steps
- RamYar, M. A., & Shamsoddini, A. (2025). Future study of socio-economic indicators affecting the resilience of Region 6 of Shiraz metropolis in the face of flooding. *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 3(2), 16- 33. : <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.55894.1085> [In Persian]
- Rashidi Fard, S.N., Keramati Asl, R. & Jamshidi, R. (2011). Reducing traffic in Yasuj city with emphasis on the distribution and construction of public parking lots at urban levels using a network analysis model, case study: Yasuj city. Conference on solutions to deal with urban traffic challenges, First National Conference on Traffic: Safety and its implementation solutions, Kerman. [In Persian]
- Sadeghi N. (2017). Planning for Risk Mitigation of Fire Following Earthquake Using GIS Technique in Tehran Province. *Disaster Prev. Manag. Know*. 6 (4) :305-317. [20.1001.1.23225955.1395.6.4.2.6](https://doi.org/10.1001.1.23225955.1395.6.4.2.6). [In Persian]
- Sarreshtehdari, A., & Elhammi Khorasani, N. (2021). Integrating the fire department response within a fire following earthquake framework for application in urban areas. *Fire Safety Journal*, 124, 103397. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103397>
- Shabani Hosainabadi, A., & Jamini, D. (2025). Zoning of Environmental Hazards in Rural Areas of Western Iran. *Journal of Sustainable Rural Development*, 9(1), 71-82. <https://doi.org/10.22034/jsrd.2025.508315.1214> : <https://doi.org/10.22034/jsrd.2025.508315.1214>.
- Shokohi Dehkordi, M. (2013). Assessing the vulnerability of urban areas to fire after an earthquake, a case study of District 10 of Tehran Municipality. Master's thesis, University of Tehran, Tehran. [In Persian]
- Suwondo, R., Gillie, M., Cunningham, L., & Bailey, C. (2018). Effect of earthquake damage on the behaviour of composite steel frames in fire. *Advances in Structural Engineering*, 21(16), 2589-2604. <https://research.manchester.ac.uk/en/publications/effect-of-earthquake-damage-on-the-behaviour-of-composite-steel-f/>
- Taslih Hafshjani, F. (2013). Fire Risk Assessment of Petrol Pump Stations in Urban Environments Following the Earthquake and Its Impact on Surrounding Land Uses: A Case Study of the Tehran Region 1. Master's thesis, University of Tehran, Tehran. [In Persian]
- Vaira, K. D., Rusnock, C. F., & Hammond, G. D. (2017). Improving Fire Station Turnout Time. In IISE Annual Conference. Proceedings (pp. 392-397). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).

Waheed Mahan, M and Jamshidi, A. (2026). Explaining the key drivers effective in the development of tourism-based urban policies in Iraq (case study of the city of Karbala). (e734455). Tourism management studies of the smart era, e734455 doi: 10.22072/tmsse.2026.2077991.1099. **[In Persian]**

Ziari, K., Givehchi, S., & Adeli, M. (2025). Fire Station's location Optimization using Classification and Imperialist Competitive algorithm with Earthquake Crisis Management Approach. The Journal of Spatial Planning and Geomatics, 21(3), 257-281. <https://www.magiran.com/paper/1772884/fire-station-s-location-optimization-using-classification-and-imperialist-competitive-algorithm-with-earthquake-crisis-management-approach?lang=en>



COPYRIGHTS



© Authors retain the copyright and full publishing rights. This is an open access article under the CC BY-NC license:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Publisher: Urmia University.