



Scenario Planning and Explanation of the Key Drivers Affecting the Resilience of Metropolitan Areas Against the Earthquake Crisis (A Case Study: Tabriz Metropolis)

Mostafa Movasati¹, Hassan Ahmadzadeh², Ali Panahi³

1. Department of Geography and Urban Planning, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: mostafa.movasati20@yahoo.com

2. Corresponding author, Department of Geography and Urban Planning, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: Hassan.ahmadzadeh@iau.ac.ir.

3. Department of Geography and Urban Planning, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: panahin@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Objective: This study aims to identify the key factors influencing the reduction of vulnerability and enhancing resilience in various districts of Tabriz metropolitan area in the face of earthquake crises, as well as to develop potential scenario strategies.
Article history: Received: 14 October 2024 Revised: 14 January 2025 Accepted: 05 March 2025 Published: 04 February 2026	Methods: This research is applied in terms of its purpose, analytical-exploratory in terms of its nature, descriptive-survey in terms of data collection method, and mixed (quantitative-qualitative) data analysis. The statistical population of the research is a group of 35 interdisciplinary experts in the fields of vulnerability and resilience and the future research approach, who were selected by purposeful sampling. In this research, firstly, with the technique of environmental scanning and Delphi in two rounds, 44 primary factors were extracted, and with structural analysis in the Mik-Mac software, 11 main factors were identified as key drivers effective in reducing the vulnerability and resilience of the case.
Keywords: Resilience, Earthquake, Scenario Planning, Tabriz Metropolis.	Results: Based on the results of the matrix of influencing factors, out of a total of 3398 relationships of direct influencing factors, the variables of the physical part have had the greatest impact on the future vulnerability of different areas of the Tabriz metropolis against the earthquake crisis. Finally, by determining the critical uncertainties through the consensus index as well as the inductive method, three golden, static, and critical scenarios have been obtained for the horizon of 2043. The findings also indicated that the best-case scenario, or the resilience enhancement of Tabriz metropolitan area against earthquakes, would occur when the structural and physical factors are aligned with favorable trends, and the service and infrastructural facilities move toward increasing resilience across different regions of Tabriz.
	Conclusions: An examination of the vulnerability levels across different districts of Tabriz metropolitan area during earthquake crises reveals that the planning, forecasting, and measures implemented to enhance resilience have been relatively ineffective. One of the primary objectives of urban planning is to reduce vulnerability and strengthen the city's resilience against earthquakes. Identifying, assessing, and analyzing the factors influencing resilience are crucial steps in developing effective earthquake mitigation and disaster management strategies. In this study, among the three prospective scenarios for Tabriz, only the first scenario—referred to as the "best-case" or resilience-enhancement scenario—can ensure the resilience of various districts of the metropolis against earthquake hazards. The key assumptions of this scenario include the quality of construction and implementation of structural measures, as well as focused efforts on the retrofitting and renovation of buildings, especially in high-vulnerability areas within Tabriz.

Cite this article: Movasati, M., Ahmadzadeh, H., & Panahi, A. (2026). Scenario Planning and Explanation of the Key Drivers Affecting the Resilience of Metropolitan Areas Against the Earthquake Crisis (A Case Study: Tabriz Metropolis). *Journal of Urban Space and Social Life*, 4 (15), 83-103.



<http://doi.org/10.22034/jprd.2025.64086.1143>

© The Author(s).

Publisher: University of Tabriz.

DOI: <http://doi.org/10.22034/jprd.2025.64086.1143>

Introduction

One of the types of natural disasters that threaten urban communities is the earthquake crisis. Earthquakes are destructive and unpredictable natural hazards. From the years 2000 to 2019, earthquakes have caused an estimated loss of about 721,318 deaths and damage to the global economy of about 636 billion \$. The enormous costs and damages caused by earthquakes create new risks for human societies and limit social and economic development. Due to population growth and urbanization, the occurrence of natural disasters such as earthquakes causes heavy damages and losses and interrupts the development of cities and the country. Reducing the vulnerability and making cities resilient against this phenomenon is one of the main goals of urban and physical planning. In this regard, the first step is to identify the factors affecting the resilience of cities so that by identifying and analyzing these factors, it is possible to provide scientific and practical solutions in the field of reducing the effects of earthquakes. The mentioned issues suggest the need to change the scale of attitude towards the issue of earthquakes from buildings to urban areas. For this change of attitude, new planning approaches, especially foresight and future research, can be used as one of the main factors in dealing with the adverse effects of earthquakes, and at different levels of urban planning, to examine and provide practical solutions to reduce the effects. The earthquake hit the cities. In the meantime, the evaluation and analysis of the factors affecting the resilience of urban areas against the earthquake crisis can be considered as one of the first effective measures in developing plans to reduce the effects of earthquakes in the form of crisis management plans. This study aims to identify the key factors influencing the reduction of vulnerability and enhancing resilience in various districts of Tabriz metropolitan area in the face of earthquake crises, as well as to develop potential scenario strategies.

Materials and Methods

This research is applied in terms of its purpose, analytical-exploratory in terms of its nature, descriptive-survey in terms of data collection method, and mixed (quantitative-qualitative) data analysis. The statistical population of the research is a group of 35 interdisciplinary experts in the fields of vulnerability and resilience and the future research approach, who were selected by purposeful sampling. In this research, firstly, with the technique of environmental scanning and Delphi in two rounds, 44 primary factors were extracted, and with structural analysis in the Mik-Mac software, 11 main factors were identified as key drivers effective in reducing the vulnerability and resilience of the case.

Results

Based on the results of the matrix of influencing factors, out of a total of 3398 relationships of direct influencing factors, the variables of the physical part have had the greatest impact on the future vulnerability of different areas of the Tabriz metropolis against the earthquake crisis. Finally, by determining the critical uncertainties through the consensus index as well as the inductive method, three golden, static, and critical scenarios have been obtained for the horizon of 2043. Furthermore, the results indicated that the best-case scenario, or the enhancement of Tabriz's resilience to earthquakes, would occur when the structural-physical factors are aligned with a favourable trend and when service and infrastructural facility factors progress toward supporting resilience across various districts. The findings of the study highlight that structural and physical factor have the greatest influence on the future resilience of the studied areas against earthquake hazards.

Conclusion

Due to its location along the 150 km long North Tabriz fault, the metropolis of Tabriz is always at risk of accidents and disasters such as earthquakes, floods and landslides. In today's era, the unplanned and inappropriate development of the city in recent decades, construction in the boundaries of faults and areas prone to tectonic instability, the design and implementation of buildings and facilities and vital arteries disproportionate to the intensity of the city's seismicity, the lack of a plan and operational capabilities necessary for crisis management in the response phase and dealing with the complications and consequences of an earthquake and the existence of numerous and scattered vulnerable and worn structures in the city have made the metropolis of Tabriz vulnerable to the earthquake crisis. Therefore, it is very necessary to identify the drivers affecting the vulnerability of this area in times of crisis, emphasizing the earthquake crisis.

An examination of the vulnerability levels across different districts of the Tabriz metropolitan area during earthquake crises indicates that the planning, forecasting, and measures implemented to enhance resilience have been largely ineffective. One of the primary objectives of urban planning is to reduce vulnerability and strengthen cities against seismic events. Identifying, assessing, and analyzing the factors influencing resilience to earthquakes

are key steps in developing effective disaster risk reduction strategies within broader emergency management plans. In this study, among the three scenarios facing Tabriz, only the first scenario—the "best case" or scenario of improving the city's resilience to earthquakes—can sufficiently prepare various districts within Tabriz to withstand such crises. The main assumptions of this scenario focus on the quality of construction and implementation of structural systems, as well as prioritizing building reinforcement and restoration, especially in areas with high vulnerability levels within the city.



سناریونگاری و تبیین پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری مناطق کلان‌شهری در برابر بحران زلزله مطالعه‌ی موردی: کلان‌شهر تبریز

مصطفی مواساتی^۱، حسن احمدزاده^۲✉، علی پناهی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mostafa.movasati20@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: hassan.ahmadzadeh@iau.ac.ir

۳. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: panahin@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: هدف این پژوهش شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر کاهش آسیب‌پذیری و تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله و تدوین سناریوهای محتمل برای افق ۱۴۲۲، می‌باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹	روش پژوهش: این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی، از نظر ماهیت پژوهش، تحلیلی-اکتشافی، از نظر روش گردآوری داده‌ها به صورت توصیفی-پیمایشی و تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت آمیخته (کمی-کیفی) می‌باشد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵	جامعه آماری پژوهش گروه ۳۵ نفری از خبرگان متخصص میان‌رشته‌ای در زمینه‌های آسیب‌پذیری و تاب‌آوری و رویکرد آینده پژوهی هستند که با روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده‌اند. در این پژوهش ابتدا با تکنیک پوشش محیطی و دلفی طی دو راند، ۴۴ عامل اولیه استخراج شده و با تحلیل ساختاری در نرم‌افزار میک‌مک، یازده عامل اصلی به عنوان پیشران‌های کلیدی مؤثر بر کاهش آسیب‌پذیری و تاب‌آوری مورد شناسایی قرار گرفته‌اند.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵	نتایج: بر اساس نتایج حاصل از ماتریس اثرگذاری عوامل، از مجموع ۳۳۹۸ رابطه اثرگذاری مستقیم عوامل، متغیرهای بخش کالبدی، بیشترین تأثیر را بر آینده آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله داشته‌اند. در نهایت نیز با تعیین عدم قطعیت‌های بحرانی از طریق شاخص اجماع و همچنین روش استقرایی، سه سناریو طلایی، ایستا و بحرانی برای افق ۱۴۲۲ به دست آمده است. همچنین نتایج نشان داد سناریوی طلایی یا همان ارتقا تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله زمانی که وضعیت عوامل ساختاری-کالبدی با روند مطلوب مواجه بوده و عوامل خدمات و تأسیسات زیرساختی در راستای تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز حرکت کنند، به وقوع خواهد پیوست.
کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، زلزله، سناریونگاری، کلان‌شهر تبریز.	نتیجه‌گیری: بررسی وضعیت میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مواقع بحران زلزله نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی‌ها، پیش‌بینی‌ها و اقدامات انجام‌شده برای تاب‌آور ساختن این مناطق، کارایی آن‌چنانی نداشته است. یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری کاهش آسیب‌پذیری و تاب‌آور ساختن شهرها در برابر زلزله، است. شناسایی، ارزیابی و تحلیل عوامل مؤثر بر تاب‌آوری در برابر زلزله، از اقدام‌های مؤثر در تدوین برنامه‌های کاهش آثار زمین‌لرزه در قالب برنامه‌های مدیریت بحران می‌باشد. در این پژوهش، از بین سه سناریوی پیش روی کلان‌شهر تبریز، تنها سناریو اول (سناریوی طلایی یا همان ارتقاء تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله) می‌تواند شرایط تاب‌آوری مناطق مختلف این کلان‌شهر را در برابر بحران زلزله فراهم نماید. پیش‌فرض‌های اصلی این سناریو کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها و توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها به‌ویژه در مناطق با سطح بالای آسیب‌پذیری در کلان‌شهر تبریز می‌باشد.

استناد: مواساتی، مصطفی؛ احمدزاده، حسن؛ و پناهی، علی (۱۴۰۴). سناریونگاری و تبیین پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری مناطق کلان‌شهری در برابر بحران

زلزله مطالعه‌ی موردی: کلان‌شهر تبریز. *فصلنامه علمی و حیات اجتماعی*، ۴ (۱۵)، ۸۳-۱۰۳.

<http://doi.org/10.22034/jprd.2025.64086.1143>



مقدمه

طی ۵۰ سال گذشته جمعیت جهان بیش از دو برابر شده و به ۷/۲ میلیارد نفر رسیده است. با توجه به نرخ رشد فعلی ۱/۲ درصد در سال، با گذشت کمتر از ۶۰ سال جمعیت جهان بالغ بر ۱۴/۴ میلیارد نفر خواهد شد (قائدرحمتی و ضرغام فرد^۱، ۲۰۲۰). به طور کلی تا سال ۲۰۷۰، ۶۰ درصد جمعیت جهان در شهرها به سر خواهند برد (یو ان هبیت^۲، ۲۰۲۲). در همه کشورهای جهان به خصوص کشورهای در حال توسعه، روند فزاینده شهرنشینی به سرعت ادامه دارد و این خود به عنوان پتانسیلی برای وارد آمدن خسارت زیادی هنگام وقوع بلایای طبیعی می باشد. از جمله حوادثی که گریبان گیر شهرها و کاربری های شهری می باشد حوادث طبیعی می باشد (الکساندر^۳، ۲۰۰۲: ۳۸).

یکی از انواع بلایای طبیعی که جوامع شهری را تهدید می کند، بحران زلزله می باشد. زلزله یک خطر طبیعی مخرب و غیرقابل پیش بینی است (یوکسل^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، زمین لرزه ها باعث تلفات تخمینی، در حدود مرگ ۷۲۱۳۱۸ نفر و خسارت به اقتصادی جهانی در حدود ۶۳۶ میلیارد دلاری شده اند (رهاک^۵ و همکاران، ۲۰۱۹). هزینه ها و خسارات هنگفت ناشی از زلزله خطرات جدیدی را برای جوامع بشری ایجاد کرده و توسعه اجتماعی و اقتصادی را محدود می کند (چولاقیان^۶ و همکاران، ۲۰۱۹).

در طی سال های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ میلادی، حدود ۱۱۰۰ زلزله مرگبار در ۷۵ کشور جهان رخ است (ابولماسو^۷ و همکاران، ۲۰۱۱). ایران با ۱۲۰ هزار نفر تلفات انسانی در زمره این کشورهاست. همچنین در سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵ کشور ایران بیشترین تعداد زلزله را تجربه کرده است. در این میان کلان شهر تبریز با رشد سریع و بی برنامه حاشیه های بدون دفاع شهری، تمرکز روزافزون جمعیت در محله های پرتراکم، برج سازی های بدون مطالعه در ارتباط با طرح های جامع، گسترش بی رویه شبکه های گازرسانی، بی توجهی به احتمال وقوع سوانح در توسعه و نحوه استقرار مراکز جمعیتی، عدم رعایت ابتدایی ترین نکات ایمنی در ساخت و سازها و وضعیت نامناسب بخش اعظم ساخت و سازهای شهری و بی برنامه بودن آن ها، پیش بینی خسارت های سنگین ناشی از هرگونه حادثه ای را در آینده دور از ذهن نمی دارد. ویژگی های اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و سیاسی شهری بزرگ همچون تبریز سبب می شود که وقوع هرگونه زمین لرزه در این شهر بر کل کشور اثرات منفی و جبران ناپذیری بگذارد (علیزاده و همکاران، ۲۰۲۱: ۳). بنابراین، مطالعات کاهش خطر برای کاهش ویرانی های فاجعه بار ناشی از چنین رویدادی ضروری است.

علاوه بر مسائل مطرح شده، نکته قابل توجه اینکه، نگاهی که تاکنون در مدیریت حوادث و مدیریت شهری وجود داشته، نگاه مقابله ای و کاهش مخاطره بوده است؛ که این نگاه، باید با توجه به تحولات ایجاد شده در شهرها و نیز وجود مدل ها و روش های منطقی، در راستای مقابله با خطرات شهری باید بهبود یابد. چراکه هرچه ظرفیت شهرها در تحمل فشارهای گسترش شهری کمتر باشد؛ تأثیر منفی بیشتری بر روی زمین خواهد گذاشت. بنابراین کاهش خطر سوانح از اهمیت خاصی برخوردار است و ضرورت دارد جایگاهی مناسب در سیاست گذاری های ملی هر کشور باز کرده تا بتوان شرایط مطلوبی برای کاهش خطر مؤثر و کارا در سطوح مختلف ایجاد نمود (دیویس و ایزدخواه^۸، ۲۰۰۵). از این رو، در شرایطی که ریسک و عدم قطعیت در حال رشد می باشند، تاب آوری به عنوان مفهوم مواجهه با اختلالات، غافلگیری ها و تغییرات معرفی می شود (محمدی و پاشازاده، ۱۳۹۶: ۱۱۳). شهرهای تاب آور از طریق تعمیق درک ما از وضعیت موجود و حرکت به سمت راهکارهای پایدارتر می توانند نقطه عزیمت مناسبی فراهم کنند. این رویکرد به پیوند فرآیندهای اقتصادی، اجتماعی با فرآیندهای زیست محیطی کمک کرده و از آسیب پذیری فضایی، اقتصادی و اجتماعی شهرها جلوگیری نموده و در نتیجه منجر به افزایش ظرفیت برای مقابله با تغییرات آهسته و ناگهانی است که در شهرها

^۱ . Ghaedrahmati & Zarghamfard

^۲ . UN Habitat

^۳ . Alexander

^۴ . yuksel

^۵ . Rehak

^۶ . Chaulagain

^۷ . Abolmasov

^۸ . Davis & Izadkhah

رخ می‌دهند (نامجویان و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۲). لذا در این پژوهش سعی می‌گردد، به‌منظور مدیریت بحران در مقابل بحران زلزله، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز با رویکرد آینده‌پژوهی شناسایی و تحلیل شوند و در نهایت سناریوهای محتمل تاب‌آوری تدوین گردد.

پیشینه پژوهش

به دنبال سوانح مختلف، مفهوم تاب‌آوری در سطح جهانی به‌عنوان یک الگوی مدیریت ریسک شهری و مدیریت اضطراری جدید ظهور کرده است (بالکلی^۱، واتس^۲، ۲۰۱۷؛ خو^۳ و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیانگ و لی^۴، ۲۰۲۰). به‌طوری که نگرش جهانی در برابر خطرات و تغییرات از کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری تغییر کرده است و جوامع شهری باید به دنبال ایجاد و تقویت تاب‌آوری و توجه به مفهوم آن در برابر بحران‌ها باشند (بسطامی نیا^۵ و همکاران، ۲۰۱۷: ۲۶۹). تاب‌آوری یکی از موضوعات بسیار بااهمیت در شهرسازی روز دنیاست و بسیاری از کشورها سرمایه‌گذاری‌های زیادی را در این مقوله انجام می‌دهند. در جایی که ریسک و عدم قطعیت‌ها در حال رشد هستند، تاب‌آوری به‌عنوان مفهوم مواجهه با اختلالات، غافل‌گیری‌ها و تغییرات معرفی می‌شود (میشل و هریس^۶، ۲۰۱۲: ۲).

تاکنون هیچ مجموعه ویژه‌ای از شاخص‌ها یا چارچوب‌های سازمان‌یافته برای کمی سازی تاب‌آوری سوانح به وجود نیامده است؛ باوجود این، در جامعه علمی، اجماعی وجود دارد مبنی بر اینکه تاب‌آوری، مفهومی چندجانبه و دارای ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی است. به‌طور کلی، افزایش تاب‌آوری شهری برای مقابله با مخاطرات و اپیدمی‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است (گایدا و کارپنتیری^۷، ۲۰۲۰: ۱)؛ و مسیر جدیدی برای توسعه پایدار شهرها در آینده است (فنگ^۸ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). هارولد فاستر ابعاد تاب‌آوری را شامل سیستم‌های کلی، کالبدی، عملیاتی، زمان‌سنجی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی می‌داند (فاستر^۹، ۱۹۹۷). باکل مؤلفه‌هایی همچون دانش مخاطرات، ارزش‌های مشترک اجتماع، ساختارهای اجتماعی بنا نهاده شده (همچون کانال‌های ارتباط و شبکه‌ها و سازمان‌های اجتماع)، روندهای اجتماعی و اقتصادی مثبت، شراکت و همیاری بین دولت و بخش خصوصی و سازمان‌های اجتماعی و درنهایت منابع و مهارت‌ها را برای تاب‌آوری اجتماع در برابر مخاطره ضروری می‌داند (باکل^{۱۰}، ۲۰۰۶). بوردن و همکاران از دیدگاه کالبدی- زیرساختی به این مسئله نگریده‌اند و بنا بر پژوهش آن‌ها زیرساخت‌ها و ساختمان‌های دارای استقامت ناکافی، عدم کفایت زیرساخت‌های عمومی و توسعه و رشد صنعتی و تجاری، سطح آسیب‌پذیری شهرها را در برابر مخاطرات افزایش می‌دهد (بوردن و همکاران، ۲۰۰۷) درحالی‌که میانگین پنج نوع سرمایه اجتماعی، اقتصادی، فیزیکی، انسانی و طبیعی را به‌عنوان معیارهای ارزیابی جوامع تاب‌آور معرفی می‌کند (مایانگا^{۱۱}، ۲۰۰۷). از نظر اولشانسکی از آنجاکه آسیب به شبکه معابر و بزرگراه‌ها تجدید حیات کاربری تجاری را مورد تهدید قرار می‌دهد و رشد اقتصادی را به‌شدت کاهش می‌دهد، استقرار مجدد حمل‌ونقل مهم‌ترین اولویت برای تاب‌آور ساختن یک جامعه است (اولشانسکی^{۱۲}، ۲۰۰۷). کالتین و همکاران، توجه به کالبد اجتماعات شهری را که از طریق تدوین استانداردهای ساخت‌وساز مقاوم شهری باعث کاهش آسیب‌پذیری و ارتقای تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی نظیر زلزله می‌شوند را حیاتی می‌دانند (کالتن^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۸). تیلیو و همکاران، سه جنبه ساختار طبیعی، جمعیت ساکن و فعالیت‌های دولتی را جهت افزایش مقاومت و هضم فشارها جهت ایجاد یک جامعه تاب‌آور ضروری می‌دانند

1. Bulkeley

2. Watts

3. Xue

4. Liang & li

5. Bastaminia

6. Mitchell & Harris

7. Guida & Carpentieri

8. Feng

9. Foster

10. Buckle

11. Mayunga

12. Olshansky

13. Colten

(تیلیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). لانگستاف و همکاران (۲۰۱۰) ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری شامل مواردی نظیر ویژگی‌های اکولوژیکی، اقتصادی، زیرساخت‌های فیزیکی، اجتماع شهری و دولت می‌شود (لانگستاف^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). آلن و برایانت بر نقش فضاهای باز در زمان وقوع زلزله تأکید می‌کنند (آلن و برایانت^۳، ۲۰۱۰). از منظر نورمندین و همکاران ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری عبارت‌اند از: درآمد؛ دسترسی به منابع آب؛ داشتن برنامه شرایط اضطراری؛ رشد جمعیت؛ انرژی؛ پوشش بیمه؛ مخابرات؛ شرایط محیط‌زیستی؛ شرایط مسکن؛ استانداردها و کدهای ایمنی؛ سن؛ تحصیلات؛ جنسیت؛ اشتغال؛ سلامت؛ برنامه‌ریزی شهری؛ درگیری جامعه؛ آموزش؛ ارزیابی ریسک (نورمندین^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). در جدول ۱ ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری به‌طور خلاصه نشان داده می‌شود:

جدول ۱. ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری

ابعاد	تعریف	شاخص‌ها
اجتماعی	از تفاوت ظرفیت اجتماعی جوامع، در نشان دادن واکنش مثبت، انطباق با تغییرها و حفظ رفتار سازگارانه و بازیابی از سوانح به دست می‌آید که می‌توان آن را از طریق بهبود ارتباطات، آگاهی از خطر، آمادگی، توسعه و اجرای طرح‌های مدیریت سوانح و بیمه برای کمک به فرایند بازیابی ارتقا داد.	آگاهی، دانش، مهارت، نگرش، شبکه‌های اجتماعی، ارزش‌های جامعه، سازمان‌های مبتنی بر صداقت، درک محلی از خطر، خدمات مشاوره‌ای، سلامتی و رفاه، سن، دسترسی، زبان، نیازهای ویژه، دل‌بستگی به مکان، مشغولیت سیاسی، مذهب، درگیری اجتماعی، تمایل به حفظ معیارهای فرهنگی قبل و بعد از سانحه.
اقتصادی	واکنش و سازگاری افراد و جوامع به‌طوری‌که آن‌ها را قادر به کاهش خسارت‌های بالقوه سانحه سازد که بیشتر قابلیت حیات اقتصادی جوامع را نشان می‌دهد.	شدت (میزان) خسارت‌ها، ظرفیت یا توانایی جبران خسارت‌ها و توانایی برگشت به شرایط شغلی و درآمدی مناسب در قالب درآمد، منابع درآمد، سرمایه، دسترسی به خدمات مالی، پس‌اندازها و سرمایه‌های خانوار، بیمه، احیای فعالیت‌های اقتصادی بعد از یک سانحه، اشتغال، وابستگی اشتغال به یک بخش ویژه.
نهادی	حاوی ویژگی‌های مربوط به تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه سوانح قبلی است. در اینجا تاب‌آوری، از ظرفیت جوامع برای کاهش خطر، اشتغال افراد محلی در تقلیل خطر برای ایجاد پیوندهای سازمانی و بهبود و حفاظت از سیستم‌های اجتماعی در یک جامعه تأثیر می‌پذیرد.	بستر، زیرساخت، روابط و عملکرد نهادها، ویژگی‌های فیزیکی نهادها نظیر تعداد نهادهای محلی، دسترسی به اطلاعات، نیروهای آموزش دیده و داوطلب، قوانین و مقررات، تعامل نهادهای محلی با مردم و نهادها، رضایت از عملکرد نهادها، مسئولیت‌پذیری، مراکز تصمیم‌گیری، نحوه مدیریت یا واکنش به سوانح مانند ساختار سازمانی، ظرفیت، رهبری، آموزش و تجربه.
کالبدی	ارزیابی واکنش جامعه و ظرفیت بازیابی بعد از سانحه نظیر پناهگاه‌ها، واحدهای مسکونی، تسهیلات سلامتی و زیرساختی مانند خطوط لوله، جاده‌ها و وابستگی آن‌ها به زیرساخت‌های دیگر را به همراه دارد	تعداد شریان‌های اصلی، خطوط لوله، جاده‌ها و زیرساخت‌های حیاتی، شبکه حمل‌ونقل، کاربری زمین، ظرفیت پناهگاه، نوع مسکن، جنس مصالح، مقاومت بنا، کیفیت و قدمت بنا، مالکیت، نوع ساخت‌وساز، ارتفاع ساختمان‌ها، فضای باز ساختمان محل سکونت، فضای سبز، تراکم محیطی، دسترسی، ویژگی‌های جغرافیایی (ویژگی‌های ژئوتکنیک و شیب)، شدت و تکرار مخاطره‌ها، گسل‌ها.

مأخذ: رضایی، ۱۳۸۹: ۲۸

در ارتباط با موضوع پژوهش حاضر مطالعات متعددی صورت گرفته است که در ذیل به برخی از مهم‌ترین این پژوهش‌ها پرداخته می‌شود:

آراسته و همکاران (۱۳۹۹)، به شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری شهری با رویکرد آینده‌نگاری در کلان‌شهر مشهد پرداخته‌اند. بر اساس نتایج پژوهش، ۳۱ متغیر اولیه تأثیرگذار بر تاب‌آوری در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، ساختاری-کالبدی و محیط‌زیستی انتخاب شده و در نهایت بر مبنای نظرات ۳۰ کارشناس، شش متغیر کلیدی حاشیه‌نشینی، مهاجرت، تراکم جمعیت و درصد شهرنشینی از گروه شاخص اجتماعی و متغیرهای سطح درآمد و قیمت مسکن از گروه شاخص اقتصادی به‌عنوان پیشران کلیدی به دست آمده‌اند. اسدی (۱۴۰۰)، به ارزیابی مؤلفه‌های اجتماعی-اقتصادی تبیین‌کننده تاب‌آوری در سکونتگاه‌های غیررسمی (مطالعه‌ی موردی: شهر تبریز) پرداخته و نشان می‌دهد که ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی افراد تأثیر قابل‌توجهی بر

۱. Tilio

۲. Longstaff

۳. Allan and Bryant

۴. Normandin

تاب‌آوری فردی و اجتماعی در سکونتگاه‌های غیررسمی دارد که بیشترین تأثیرگذاری در شاخص‌های اقتصادی مربوط به متغیرهای وضعیت اشتغال، میزان درآمد و مالکیت مسکن و در بین شاخص‌های اجتماعی بیشترین تأثیرگذاری مربوط به متغیرهای میزان تحصیلات و احساس تعلق مکانی به محله می‌باشد. لطیفی و همکاران (۱۴۰۱)، به تحلیل و سطح‌بندی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران با تأکید بر منطقه ۱۰ در برابر زلزله پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که پیشران "کلاس دانه‌بندی" با بیشترین قدرت نفوذ، زیربنا و محرک اصلی تاب‌آوری کالبدی شهری بوده و هرگونه اقدام برای افزایش تاب‌آوری کالبدی نمونه مورد مطالعه در برابر زلزله، مستلزم اصلاحات در این پیشران است. پیشران‌های "توزیع خدمات" و "استحکام بناهای با کاربری عمومی" نیز به ترتیب با میزان قدرت نفوذ ۱ و ۳ کمترین تأثیر را در تاب‌آوری کالبدی نمونه مورد مطالعه دارند. جوی‌نر و ساسانی^۱ (۲۰۲۰)، در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری ساختمان‌ها در مقابل زلزله پرداخته‌اند. بر مبنای نتایج پژوهش ایشان، عملکرد لرزه‌ای ساختمان نقش مهمی در مقاوم‌سازی و تاب‌آوری در برابر زلزله دارد. عملکرد لرزه‌ای ساختمان را هم می‌توان با افزایش استحکام ساختمان از طریق مقاوم‌سازی و استفاده از مصالح مقاوم بهبود بخشید. لی و ژو^۲ (۲۰۲۰)، در پژوهش خود از بین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری در مقابل زلزله به اهمیت نقش شبکه جاده‌ای اشاره کرده و معتقدند شبکه جاده‌ای یکی از مهم‌ترین راه‌های حیات شهری است و انعطاف‌پذیری آن پس از زلزله برای امداد و نجات سریع و مطمئن بسیار مهم است. بنابراین بایستی به سرمایه‌گذاری و ارائه استراتژی‌های لازم در راستای بهبود شبکه جاده‌ای پرداخت. چن و ژانگ^۳ (۲۰۲۱)، در پژوهش خود به ارزیابی شاخص‌های تأثیرگذار بر تاب‌آور منطقه‌ای در برابر زلزله پرداخته‌اند. بر مبنای نتایج این پژوهش که در نپال انجام شده است، نوع فونداسیون ساختمان (پی‌ریزی)، نوع دیوار داخلی و تراکم جمعیت حساس‌ترین عواملی هستند که در تاب‌آوری در مقابل زلزله نقش دارند. نیازی و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهش خود ضمن اشاره به اینکه ایران در یکی از زلزله‌خیزترین مناطق جهان قرار دارد، معتقدند در بین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری در مقابل زلزله، توجه ویژه به عملکرد مراکز بهداشتی درمانی پس از وقوع زلزله برای شناسایی نحوه خدمات‌رسانی به بیماران و شناسایی آن‌ها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. بتارا^۴ و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهش خود به بررسی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری ساختمان‌های ساخته‌شده بومی در امتداد قوس هیمالیا در برابر زلزله پرداخته و نتیجه می‌گیرند ساختمان‌هایی که در این محدوده با شیوه‌های سنتی و بومی ساخته‌شده ولی در مقابل تمامی ویژگی‌های مقاوم‌سازی رعایت شده، در مقابل زلزله بسیار مقاوم و تاب‌آور هستند. همچنین از نظر ایشان، باید تعادل مناسب بین مصالح و شیوه‌های ساخت‌وساز سنتی و مدرن در ساخت‌وسازها رعایت شود. آعو دو^۵ و همکاران (۲۰۲۳)، در مقاله خود به ارزیابی ریسک لرزه‌ای و تاب‌آوری منطقه‌ای با رویکرد جدید آینده‌پژوهی پرداخته‌اند. ایشان در پژوهش خود نتیجه می‌گیرند، با توجه به خسارات مخرب ناشی از زلزله‌های بزرگ گذشته، به دلیل رشد جمعیت و شهرنشینی، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری استراتژیک برای کمک به ذینفعان در اتخاذ تصمیم‌های متفکرانه‌تر مورد نیاز است. چنین پشتیبانی تصمیم‌گیری با ارزیابی ریسک لرزه‌ای و تاب‌آوری منطقه‌ای با رویکرد آینده‌نگری امکان‌پذیر می‌شود، که به‌طور کل نگر فرآیندهای مختلف فیزیکی و عدم قطعیت‌های زیربنایی را برای ارزیابی کمی و احتمالی اثرات خطر لرزه‌ای منطقه‌ای در بر می‌گیرد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد آینده‌پژوهی، به شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تاب‌آوری در مقابل بحران زلزله در مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز و تدوین سناریوهای محتمل تاب‌آوری در افق ۱۴۲۲ می‌پردازد. در این پژوهش با توجه به ماهیت اکتشافی آن از تکنیک پویش محیطی و با توجه به رویکرد غالب این پژوهش که آینده‌پژوهی می‌باشد، از تکنیک دلفی استفاده شده است. چراکه به دلیل ماهیت متخصص محور آن، از طریق روش‌های مرسوم نظرسنجی از مردم، روش‌های تجربی و روش‌های میدانی قابل

1. Joyner & sasani

2. Li & Zhou

3. Chen & Zhang

4. Bothara

5. Ao Du

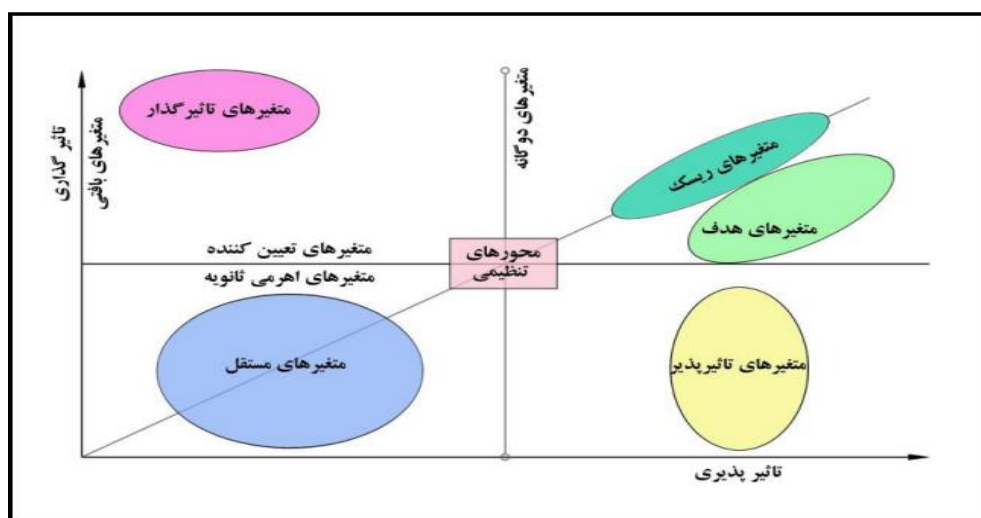
انجام نیست. از این رو، نیازمند یک پنل از خبرگان متخصص در زمینه موضوع مورد مطالعه هستیم. لذا جامعه نمونه این پژوهش را گروه ۳۵ نفری از خبرگان متخصص در دو زمینه «رویکرد آینده‌پژوهی» و «تاب‌آوری» تشکیل می‌دهند. بر اساس ادبیات علمی موجود در روش دلفی نظرات حداقل ۳۰ نفر خبره برای انجام یک دلفی کفایت می‌کند (Powell, 2003; Landeta, 2006). در جدول شماره ۲، قالب اصلی تخصص خبرگان نشان داده می‌شود:

جدول ۲. گروه خبرگان و متخصصین پژوهش

مشخصات	گزینه	تعداد نمونه در پنل
جنسیت	مرد	۲۵
	زن	۱۰
تحصیلات	دکتر	۴
	دانشجوی دکتری	۵
	کارشناسی ارشد	۱۶
	کارشناسی	۱۰
تخصص و سمت سازمانی	کارشناسان اجرایی شهرداری های مناطق مختلف کلانشهر تبریز	۲۰
	کارشناسان اجرایی سازمان مدیریت بحران کلانشهر تبریز	۵
	اساتید و دانشجویان دکتری	۱۰

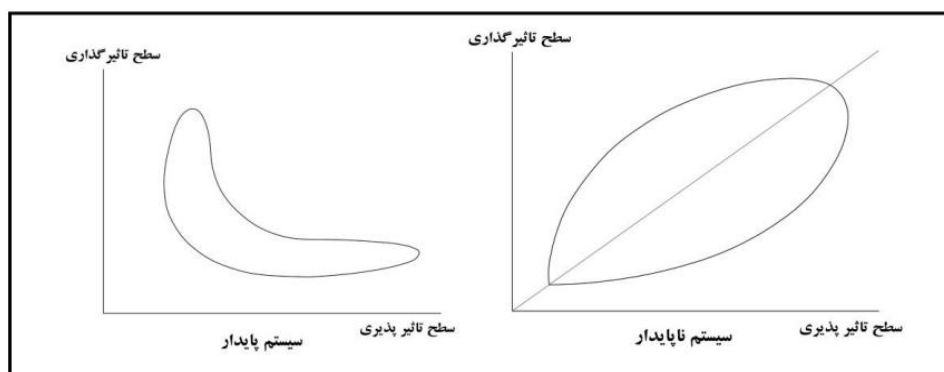
مأخذ: یافته‌های پژوهش: ۱۴۰۳

روش کار بدین صورت می‌باشد که از مقالات آنلاین و مروری بر نوشتارهای منتشرشده در زمینه عوامل مؤثر بر تاب‌آوری در برابر بحران زلزله، شاخص‌های موفق استخراج‌شده سپس توسط پرسشنامه تحقیق (شامل پاسخ‌های طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت و یک پرسش باز جهت اضافه شدن مؤلفه‌های جدید احتمالی) به نظر خبرگان دانشگاهی، سازمانی و حرفه‌ای آشنا با موضوع رسیده و پس از اخذ نظرات اصلاحی کیفی و کمی، نهایتاً طی دو دور رفت‌و برگشت مؤلفه‌ها و ترکیب عوامل به اجماع نخبگان رسیده است. در تمام مراحل، تعیین میزان اهمیت عوامل در قالب طیف لیکرت و شامل گزینه‌های «تأثیر بسیار زیاد»، «تأثیر زیاد»، «تأثیر متوسط»، «تأثیر کم» و «تأثیر بسیار کم» صورت می‌گرفت. در مرحله اول دلفی تعداد ۸۳ سؤال در قالب ۳۵ پرسشنامه بین خبرگان توزیع گردید که تمامی آن‌ها به سؤالات مربوطه در آن پاسخ دادند. در این مرحله ضریب توافق کندیال بین اعضاء پانل پایین و معادل ۰/۲۹۳ به دست آمد. میانگین پاسخ‌های داده‌شده در دور اول دلفی نیز بین ۳ تا ۵ است. با توجه به زیاد بودن تعداد شاخص‌ها و سؤالات پرسشنامه که اغلب اعضای پانل نیز به آن اشاره و بعضاً از آن شکایت داشتند، کلیه شاخص‌هایی که میانگین آن‌ها کمتر از ۳ (بر اساس نظر خبرگان) بود برای اجرای دور دوم دلفی حذف شدند. در مرحله دوم دلفی مجدداً تعداد ۳۵ پرسشنامه بین اعضای گروه توزیع و جمع‌آوری شد که با توجه به آن‌ها، ضریب توافق کندیال در این مرحله ۰/۴۹۵ به دست آمد. در این مرحله با توجه به اینکه ضریب توافق بین اعضای پانل در خصوص سؤالات پرسشنامه در مقایسه با دور اول افزایش محسوسی داشته از ادامه دلفی صرف‌نظر شده و در این مرحله تعداد ۴۴ عامل به عنوان شاخص نهایی جهت تحلیل ساختاری به نرم‌افزار میک مک وارد شده است. نرم‌افزار میک مک یکی از بهترین نرم‌افزارهایی است که جهت محاسبات ماتریس تحلیل اثرات متقاطع، طراحی شده است؛ روش این نرم‌افزار بدین گونه است که ابتدا متغیرها و مؤلفه‌های مهم در حوزه موردنظر را شناسایی کرده و آن‌ها را در ماتریس اثرات وارد نموده و سپس میزان ارتباط میان این متغیرها باهم توسط خبرگان تشخیص داده می‌شود. متغیرهای موجود در سطرها بر روی متغیرهای موجود در ستون‌ها تأثیر می‌گذارند. بدین ترتیب متغیرهای سطرها، تأثیرگذار و متغیرهای ستون‌ها، تأثیرپذیر می‌باشند (Godet, 2008: 1; Gordon, 2009: 1). این ماتریس را می‌توان با نمودار متناظر آن نمایش داد (شکل ۱).



شکل ۱. تأثیرگذاری - تأثیرپذیری متغیرها در تحلیل اثرات متقاطع

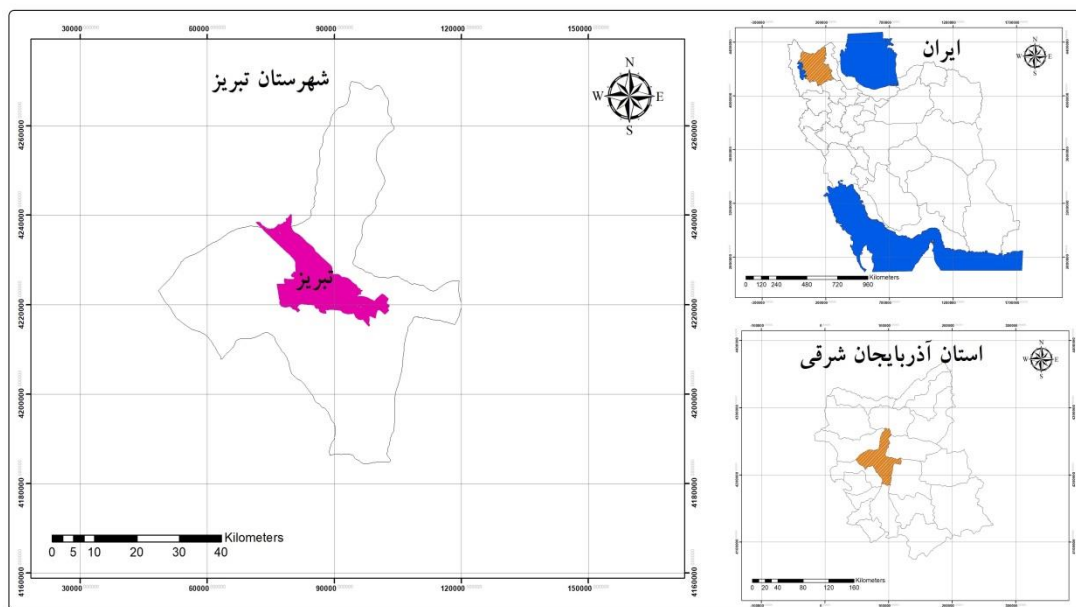
نحوه پراکنش عوامل بر روی این نمودار گویای آن است که سیستم در چه وضعیتی قرار دارد. آیا سیستم پایدار است یا ناپایدار؟ این فهم اولیه از وضعیت سیستم بر نحوه تحلیل عوامل تأثیرگذار است. در سیستم‌های پایدار پراکنش عوامل به صورت L می‌باشد یعنی برخی عوامل دارای تأثیرگذاری و برخی دارای تأثیرپذیری بالا می‌باشند؛ بنابراین در سیستم‌های پایدار مجموعاً سه دسته عوامل تأثیرگذار، عوامل تأثیرپذیر و عوامل مستقل مشاهده می‌گردد. در مقابل در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر از سیستم‌های پایدار است. در این سیستم‌ها عوامل در حول محور قطری بردار و در تمامی صفحه پراکنده‌اند و عوامل در اکثر مواقع حالتی بینابینی دارند (شکل ۲). تحلیل این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های پایدار پیچیده‌تر است زیرا عوامل بیشتری در این سیستم‌ها دخیل می‌باشد. این عوامل در مجموع به پنج دسته تقسیم می‌شوند که شامل: ۱- عوامل تعیین کننده یا تأثیرگذار؛ ۲- عوامل دوجبهی که خود دارای دو زیرمجموعه عوامل ریسک و هدف تقسیم می‌شود؛ ۳- عوامل تأثیرپذیر یا نتیجه سیستم؛ ۴- عوامل مستقل که خود به دو بخش عوامل گسسته و عوامل اهرمی ثانویه تقسیم می‌شود؛ ۵- عوامل تنظیمی می‌باشند.



شکل ۲. پایداری یا ناپایداری سیستم

در مرحله بعدی نیز سید سناریوها از طریق شناسایی عدم قطعیت‌های بحرانی با استفاده از شاخص اجماع به دست آمده است. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش کلانشهر تبریز می‌باشد. این شهر مرکز استان آذربایجان شرقی و بزرگ‌ترین شهر منطقه‌ی شمال غرب کشور بوده و قطب اداری، ارتباطی، بازرگانی، سیاسی، صنعتی، فرهنگی و نظامی این منطقه شناخته می‌شود. این شهر در ۴۱ درجه و ۲۵ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه‌ی عرض شمالی از نصف‌النهار مبدأ واقع شده است و ارتفاع متوسط آن از سطح آب‌های آزاد حدود ۱۳۴۰ متر است. همچنین این شهر ششمین شهر پرجمعیت ایران پس از شهرهای تهران، مشهد،

اصفهان، کرج و شیراز محسوب می‌شود. رشد فیزیکی و جمعیتی این شهر باعث ایجاد انواع فشارها در ساختار شهر و نظام مدیریتی آن گردیده و همچنین وجود بحران‌های بالقوه همچون زلزله «وجود ۱۰ گسل فعال و نیمه فعال در اطراف شهر» توجه به تاب‌آوری و مدیریت بحران را ضروری ساخته است.



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر تبریز

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

نتایج

تعداد ۴۴ عامل اثرگذار که ماحصل پرسش از خبرگان و متخصصان تاب‌آوری و مدیریت بحران بوده است توسط نرم‌افزار میک مک پردازش و تحلیل شده است تا بر اساس خروجی میک مک پیرامون‌های کلیدی مؤثر بر آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر بحران زلزله با تأکید بر مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز، شناسایی گردد. این ۴۴ عامل به‌قرار جدول (۳) در چهار بعد شناسایی شده‌اند:

جدول ۳. عوامل مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری در برابر بحران زلزله با تأکید بر کلان‌شهر تبریز

متغیر	بعد
(x1) تراکم ابنیه (دانه‌بندی)، (x2) ترکیب توده و فضا (نسبت فضاهای ساخته شده به ساخته نشده)، (x3) درصد بافت شطرنجی به اورگانیک محدوده، (x4) نسبت قطعه‌بندی‌های منظم به نامنظم محدوده، (x5) تعداد طبقات ساختمانی، (x6) کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)، (x7) کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها، (x8) قدمت ابنیه، (x9) مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)، (x10) سطح اشغال واحدهای مسکونی، (x11) تراکم ابنیه، (x12) فاصله از گسل، (x13) فاصله از مراکز خطرآفرین (x14)، همجواری با کاربری‌های ناسازگار، (x15) توسعه و گسترش مراکز جمعیتی بر روی پهنه‌های لرزه‌خیز، (x16) توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها، (x17) وضعیت زمین‌شناسی و لیتولوژی کلان‌شهر تبریز	ساختاری- کالبدی
(x18) نسبت میانگین عرض معابر به تراکم جمعیتی، (x19) دانه‌بندی بافت شهری (x20)، وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر، (x21) جنس مصالح و وضعیت کف معبر، (x22) قابلیت اطمینان اجرای شبکه (جاده و پل ها)، (x23) درصد معابر بن نیست محدوده نسبت به کل مساحت معابر محدوده، (x24) شیب معابر، (x25) امنیت معابر	شبکه راه‌ها و سلسله‌مراتب دسترسی
(x26) مکان‌یابی محدوده‌های خاص برای اسکان موقت، (x27) مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران، (x28) پراکنش متعادل مراکز امداد رسان، (x29) دسترسی به مراکز آتش‌نشانی، (x30) دسترسی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، (x31) دسترسی به مراکز انتظامی، (x32) دسترسی به مرکز هلال احمر، (x33) دسترسی به اورژانس‌های اضطراری، (x34) دسترسی به فضای باز و ایمن، (x35) ایمن‌سازی شبکه‌های زیرساختی شهر (گاز، آب، برق، فاضلاب) در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر بحران زلزله، (x36) وجود زیرساخت‌های ارتباطاتی از جمله خطوط پیام‌رسان، (x37) وجود دستگاه‌های هشدار زلزله	وضعیت خدمات و تأسیسات زیرساختی

اجتماعی - اقتصادی	(x38)، تراکم جمعیتی، (x39)، آموزش نیروها در بخش عملیاتی و مدیریتی، (x40)، توانایی مردم در استفاده از روش‌های صحیح مقابله با بحران، (x41)، آموزش مردم برای مقابله با خطرات احتمالی، (x42)، منابع دولت برای مدیریت ریسک (x43)، وجود فرهنگ نهادی و مشارکتی به‌منظور خودسازمانی، (x44)، جلوگیری از گسترش فقر و اسکان افراد با درآمد پایین در مناطق با ریسک بالا
----------------------	---

مأخذ: یافته‌های پژوهش: ۱۴۰۳

با توجه به ۴۴ عامل اولیه شناسایی شده، ماتریس اثرات متقاطع با ابعاد ۴۴ * ۴۴ تشکیل گردید و جهت پردازش داده‌ها وارد نرم‌افزار میک مک شد. جدول (۴) نشان‌دهنده ابعاد ماتریس و ویژگی‌های آن است.

جدول (۴). مشخصات کلی ماتریس

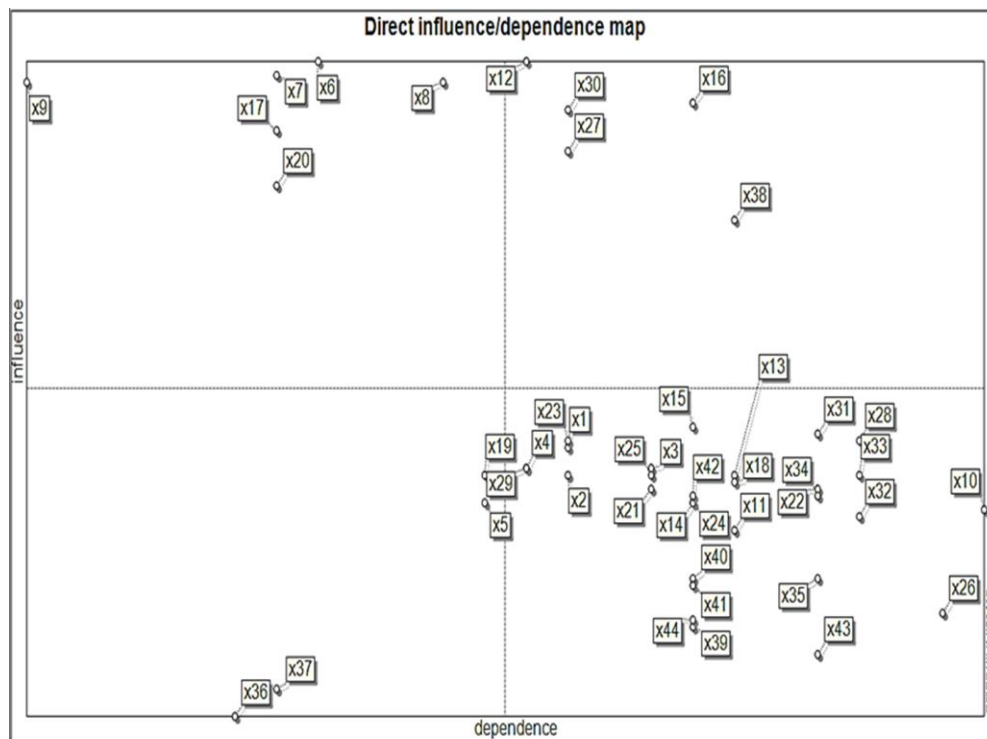
شاخص	مقدار
ابعاد ماتریس	۴۴
تعداد تکرار	۲
تعداد صفرها (عدم تأثیر)	۸۰
تعداد یک (تأثیر کم)	۷۱۲
تعداد دو (تأثیر متوسط)	۷۴۶
تعداد ۳ (تأثیر زیاد)	۳۹۸
تعداد p	۰
کل	۱۸۵۶
درجه پرشدگی	۹۵/۸۶٪

مأخذ: یافته‌های پژوهش: ۱۴۰۳

چنانکه مشاهده می‌شود، درجه پرشدگی ماتریس ۹۵/۸۶ درصد است. سهم بالای پرشدگی ماتریس، می‌تواند تبیین‌کننده وجود ارتباط بین پیشران‌های انتخاب‌شده و روابط دودویی همسان بین پیشران‌ها باشد. این مسئله دشواری تصمیم‌گیری در مورد آسیب-پذیری کلان‌شهر تبریز را در مقابل بحران زلزله آشکار می‌نماید، چراکه وجود ارتباط زیاد بین پیشران‌ها بیانگر ضرورت اتخاذ راهکارهای دقیق و مطلوب برای پیشران‌های مختلف است چراکه عدم ارائه راهکار مطلوب برای هر پیشران، با توجه به ارتباط بین پیشران‌ها، ضرورتاً باعث افت وضعیت سایر پیشران‌ها خواهد شد. در ارتباط با بقیه روابط نیز، بر اساس نتایج تحلیل ساختاری در نرم‌افزار میک مک، از مجموع روابط، امتیاز ۸۰ رابطه، عدد صفر بوده است. این امر نشان‌دهنده این است که عوامل بر یکدیگر تأثیر نداشته یا از همدیگر تأثیر نپذیرفته‌اند که این تعداد نزدیک به ۴/۳۱ درصد از کل حجم ماتریس را به خود اختصاص داده است. همچنین از مجموع ۱۸۵۶ رابطه ممکن در این ماتریس، ۷۱۲ رابطه عدد یک (۳۸/۳۶ درصد)، ۷۴۶ رابطه عدد دو (۴۰/۱۹ درصد) و ۳۹۸ رابطه، عدد سه (۲۱/۴۴ درصد) می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌گر این است که روابط با شدت متوسط بالاترین میزان و روابط با شدت زیاد پایین‌ترین میزان را در سیستم دارا هستند. همچنین ماتریس بر اساس شاخص‌های آماری با ۵ بار چرخش داده‌ای از مطلوبیت و بهینه‌شدگی ۱۰۰ درصد برخوردار بوده که حاکی از روایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن است.

در مرحله بعدی به تحلیل عوامل کلیدی بر اساس موقعیت قرارگیری در پلان اثرگذاری اثرپذیری پرداخته می‌شود. میزان اثرپذیری پیشران‌ها در کنار اثرگذاری مشخص‌کننده ماهیت یک پیشران است، پیشران‌هایی که تأثیرگذاری زیادی روی سایر پیشران‌ها دارند اما خود کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند، جزو پیشران‌های محیطی یا ورودی سیستم محسوب می‌شوند، در مقابل پیشران‌هایی که بیشترین اثرپذیری و کمترین اثرگذاری را دارند پیشران‌های هدف یا خروجی سیستم هستند. چنانکه در بخش روش‌شناسی تحلیل ساختاری و نرم‌افزار میک مک ذکر شد، متغیرهای سیستم بعد از ارزیابی اثراتشان بر یکدیگر توسط کارشناسان و بر اساس روابط ریاضی بین آن‌ها، روی یک نمودار (شبکه مختصات) با عنوان پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری قرار می‌گیرند که

موقعیت آن‌ها در نمودار بیانگر وضعیت پیشران در سیستم و نقش آن‌ها در پویایی و تحولات سیستم در آینده است. بر اساس موقعیت پیشران‌ها در نمودار، پیشران‌ها به تأثیرگذار، دووجهی (هدف ریسک)، تأثیرپذیر، مستقل و تنظیمی و میانی تقسیم می‌شوند:



شکل ۴. پلان اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم

آنچه از وضعیت صفحه پراکندگی متغیرهای مؤثر بر آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مقابل بحران زلزله می‌توان فهمید، وضعیت ناپایداری سیستم است. بر این اساس پنج نوع متغیر به‌قرار جدول (۵)، قابل‌شناسایی است:

جدول ۵. نحوه توزیع متغیرها بر اساس طبقه‌بندی آن‌ها

طبقه‌بندی	متغیر
متغیرهای تعیین‌کننده یا تأثیرگذار	(x6)، کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)، (x7)، کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها، (x8)، قدمت ابنیه، (x9)، مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)، (x17)، وضعیت زمین‌شناسی و لیتولوژی کلان‌شهر تبریز، (x20)، وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر
متغیرهای دووجهی	(x12)، فاصله از گسل، (x16)، توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها، (x30)، دسترسی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، (x27)، مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران، (x38)، تراکم جمعیتی
متغیرهای تنظیمی	(x29)، دسترسی به مراکز آتش‌نشانی، (x4)، نسبت قطعه‌بندی‌های منظم به نامنظم محدوده، (x5)، تعداد طبقات ساختمانی، (x19)، دانه‌بندی بافت شهری، (x23)، درصد معابر بن نسبت محدوده نسبت به کل مساحت معابر محدوده، (x1)، تراکم ابنیه (دانه‌بندی)، (x2)، ترکیب توده و فضا (نسبت فضاهای ساخته شده به ساخته نشده)

(x3)، درصد بافت شطرنجی به اورگانیک محدوده، (x10)، سطح اشغال واحدهای مسکونی، (x11)، تراکم ابنیه، (x13)، فاصله از مراکز خطرآفرین، (x14)، همجواری با کاربری‌های ناسازگار، (x15)، توسعه و گسترش مراکز جمعیتی بر روی پهنه‌های لرزه‌خیز، (x18)، نسبت میانگین عرض معابر به تراکم جمعیتی، (x21)، جنس مصالح و وضعیت کف معبر، (x22)، قابلیت اطمینان اجزای شبکه (جاده و پل ها)، (x24)، شیب معابر، (x25)، امنیت معابر، (x26)، مکان‌یابی محدوده‌های خاص برای اسکان موقت، (x28)، پراکنش متعادل مراکز امداد رسانی (x31)، دسترسی به مراکز انتظامی، (x32)، دسترسی به مرکز هلال‌احمر، (x33)، دسترسی به اورژانس‌های اضطراری، (x34)، دسترسی به فضای باز و ایمن، (x35)، ایمن‌سازی شبکه‌های زیرساختی شهر (گاز، آب، برق، فاضلاب) در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر بحران زلزله، (x39)، آموزش نیروها در بخش عملیاتی و مدیریتی، (x40)، توانایی مردم در استفاده از روش‌های صحیح مقابله با بحران، (x41)، آموزش مردم برای مقابله با خطرات احتمالی، (x42)، منابع دولت برای مدیریت ریسک (x43)، وجود فرهنگ نهادی و مشارکتی به‌منظور خودسازمانی، (x44)، جلوگیری از گسترش فقر و اسکان افراد با درآمد پایین در مناطق با ریسک بالا	متغیرهای تأثیرپذیر
(X36)، وجود زیرساخت‌های ارتباطاتی از جمله خطوط پیام‌رسان، (x37)، وجود دستگاه‌های هشدار زلزله	متغیرهای مستقل

مأخذ: یافته‌های پژوهش: ۱۴۰۳

در مرحله بعدی برای استخراج عوامل کلیدی، به جابجایی و همچنین رتبه‌بندی متغیرهای موردنظر به لحاظ تأثیرگذاری و تأثیرپذیری (مستقیم و غیرمستقیم) پرداخته می‌شود (جدول ۶). با توجه به اینکه برای محاسبات اثرهای غیرمستقیم نرم‌افزار ماتریس را چند بار به توان می‌رساند، جمع اثرگذاری و اثرپذیری‌های غیرمستقیم اعداد چندرقمی درمی‌آید و مقایسه آن با اثرهای مستقیم دشوار می‌شود. برای رفع این مشکل نرم‌افزار، جدول سهم عوامل بر اساس اثرهای مستقیم و غیرمستقیم را در مقیاس ۱۰ هزار ارائه می‌دهد. بر این اساس، مجموع اثرگذاری و اثرپذیری‌ها ۱۰ هزار محاسبه شده و سهم هر کدام از عوامل از این عدد نشان‌دهنده سهم آن از کل سیستم است.

جدول ۶. عوامل کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مقابل بحران زلزله

مستقیم		غیرمستقیم		
رتبه	متغیر	تأثیرگذاری	متغیر	تأثیرگذاری
۱	x6	379	x6	377
۲	x12	379	x12	377
۳	x7	373	x7	368
۴	x8	370	x8	363
۵	x9	370	x9	363
۶	x16	361	x16	353
۷	x30	359	x30	349
۸	x17	350	x17	341
۹	x27	341	x27	330
۱۰	x20	326	x20	321
۱۱	x38	311	x38	316

مأخذ: یافته‌های پژوهش: ۱۴۰۳

بر اساس جدول (۶)، تعداد ۱۱ متغیر شامل متغیرهای، (x6)، کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)، (x12)، فاصله از گسل، (x7)، کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها، (x8)، قدمت ابنیه، (x9)، مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)، (x16)، توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها، (x30)، دسترسی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، (x17)، وضعیت زمین‌شناسی و لیتولوژی کلان‌شهر تبریز، (x27)، مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران، (x20)،

وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر، (x38)، تراکم جمعیتی، به‌عنوان پیشران‌های کلیدی مؤثر بر آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مقابل بحران زلزله، به دست آمدند. متغیرهای مطرح‌شده در تأثیرگذاری غیرمستقیم بدون جابجایی، در اثرگذاری غیرمستقیم نیز تکرار شده‌اند

در این مرحله به‌منظور تدوین سناریوهای محتمل، ابتدا بایستی عدم قطعیت‌های بحرانی پژوهش مشخص گردد. بدین منظور در این قسمت از شاخص اجماع به‌منظور تعیین عدم قطعیت‌های بحرانی استفاده شده است. شاخص اجماع نشان‌دهنده این است که خبرگان تا چه حد بر موضوع مورد بحث اجماع و توافق دارند. هر چه شاخص اجماع به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که درباره آن موضوع تشتت آراء وجود دارد و اجماعی بر یکی از آن دو حالت حدی وجود ندارد و بنابراین می‌توان گفت که متغیر مذکور همراه با عدم قطعیت است. نتایج حاصل از تحلیل و اندازه‌گیری این شاخص برای یازده گزاره همراه با عدم قطعیت در تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز، در جدول (۷) گزارش شده است.

جدول ۷. تعیین عدم قطعیت‌های بحرانی با استفاده از شاخص اجماع

شاخص اجماع	عدم قطعیت
-۰/۰۵	(x6) کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)
۰/۹۱۲	(x12)، فاصله از گسل
۰/۰۵	(x7)، کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها
۱/۳۴	(x8)، قدمت ابنیه
۰/۰۸	(x9)، مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)
۰/۱۲	(x16)، توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها
۰/۹۴۲	(x30)، دسترسی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها
۱/۷۵	(x17)، وضعیت زمین‌شناسی و لیتولوژی کلان‌شهر تبریز
۰/۱۴	(x27)، مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران
۱/۷	(x20)، وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط
۱/۲۵	(x38)، تراکم جمعیتی

مأخذ: یافته‌های پژوهش: ۱۴۰۳

با توجه به نتایج درج شده در جدول (۷)، مشاهده می‌شود که این شاخص برای عدم قطعیت (x6)، کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)، برابر با -۰/۰۵، عدم قطعیت (x7)، کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها برابر با ۰/۰۵، عدم قطعیت (x9)، مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)، برابر با ۰/۰۸، عدم قطعیت (x16)، توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها برابر با ۰/۱۲، (x30)، عدم قطعیت (x27)، مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران برابر با ۰/۱۴ و بسیار نزدیک به صفر می‌باشند. به عبارتی درباره این پنج عدم قطعیت در بین خبرگان اجماع وجود ندارد و می‌توان این پنج عدم قطعیت را به‌عنوان عدم قطعیت‌های بحرانی انتخاب شده توسط شاخص اجماع در نظر گرفت. قابل ذکر است که مقدار شاخص اجماع برای دیگر عدم قطعیت‌های موردبررسی در این پژوهش اختلاف بسیاری با پنج عدم قطعیت بحرانی انتخاب شده دارد و نمی‌توان بر اساس این شاخص آن‌ها را عدم قطعیت بحرانی در نظر گرفت. حال با مشخص شدن عدم قطعیت‌های بحرانی به تدوین سناریوها پرداخته می‌شود:

جدول ۸. وضعیت‌های محتمل عوامل پیشران

نام اختصاری	میزان مطلوبیت	پیشران‌های کلیدی	وضعیت‌های محتمل
A	مطلوب بینابین و ایستا بحرانی	کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)	A1: افزایش کیفیت واحدهای مسکونی و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها A2: ادامه روند وضع موجود A3: افزایش قطعات مرمتی و تخریبی و به دنبال آن افزایش آسیب‌پذیری در مقابل بحران زلزله
B	مطلوب بینابین و ایستا بحرانی	کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها	B1: تهیه و تدقیق ضوابط ساخت‌وساز با توجه ویژه به ویژگی‌های لرزه‌ای هر محله B2: ادامه روند وضع موجود B3: عدو رعایت ضوابط ساخت‌وساز و کاهش ایمنی ساختمان‌ها
C	مطلوب بینابین و ایستا بحرانی	مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)،	C1: استفاده از روش‌های مختلف سبک‌سازی ساختمان‌ها با به‌کارگیری مصالح نوین ساختمانی به‌منظور کاهش وزن تمام‌شده ساختمان C2: ادامه روند وضع موجود C3: استفاده از مصالح نامناسب در ساخت‌وسازها و ساختار سست‌بنیاد خانه‌ها و ساختمان‌ها
D	مطلوب بینابین و ایستا بحرانی	توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها	D1: تهیه طرح‌های ساماندهی و مرمت شهری در بافت‌های فرسوده و ناکارآمد و کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در مقابل حوادث D2: ادامه روند وضع موجود D3: فرسودگی شدید بافت کالبدی محلات مختلف کلان‌شهر تبریز
F	مطلوب بینابین و ایستا بحرانی	مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران	F1: رعایت عدالت مکانی - فضایی مراکز خدمات رسان هنگام بحران F2: ادامه روند وضع موجود F3: توزیع نامناسب مراکز خدمات رسان در مواقع بحران

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

بر اساس داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها توسط نرم‌افزار سناریوویزارد، نتایج زیر برای سناریوهای مختلف به‌دست‌آمده است:

سناریوهای بسیار قوی: ۳ سناریو

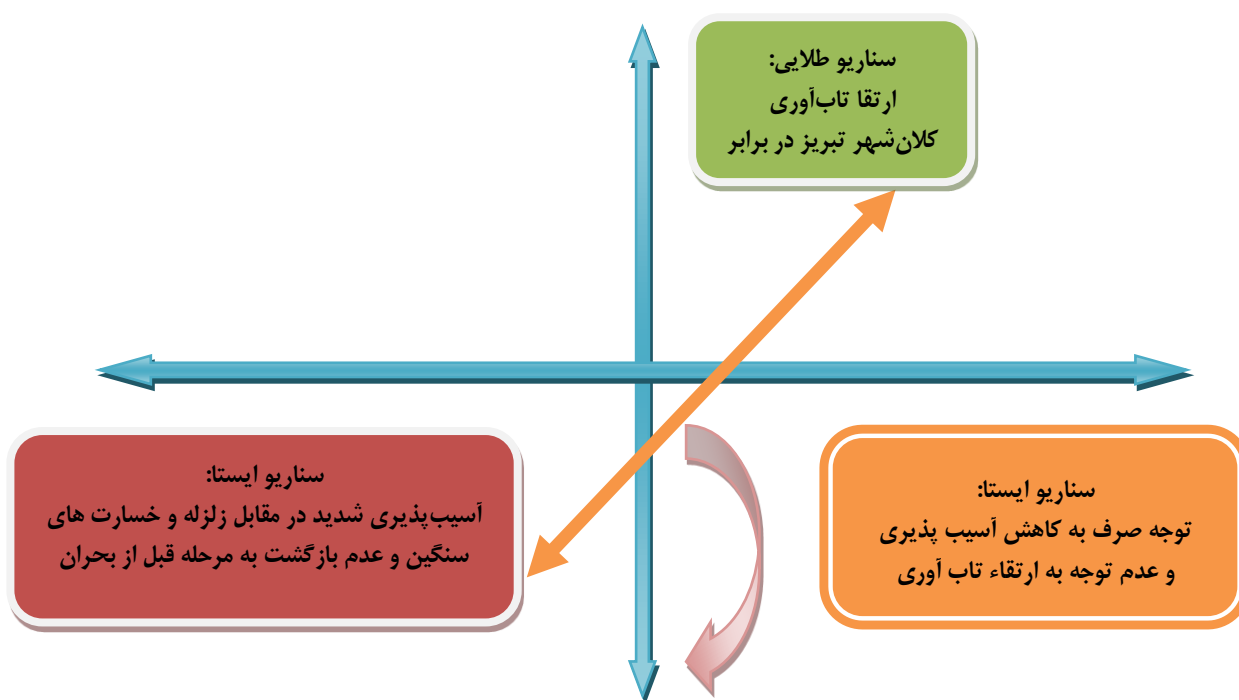
سناریوهای ضعیف: ۷۵۰ سناریو

سناریو با سازگاری بالا: ۲۰ سناریو

در مرحله بعدی این پژوهش، برای شکل‌دهی به سناریوها از روش استقرایی استفاده شده است. روش استقرایی برخلاف روش قیاسی که فقط عوامل پیشران تحقیق که بالاترین عدم قطعیت‌های بحرانی را دارا هستند در تدوین سناریوها به کار می‌برد این روش (استقرایی)، تمامی عوامل پیشران و عوامل کلیدی را در نظر می‌گیرد و برای ایجاد و معرفی سناریوها همه عوامل را در تک‌تک سناریوها دخیل می‌داند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزارهای میک مک، ۱۱ عامل کلیدی شناسایی و با تعیین عدم قطعیت‌های بحرانی، ۵ عامل به‌عنوان پیشران شناسایی شدند که وضعیت‌های محتمل این ۵ عامل تعریف گردید و تمامی این ۵ عامل نیز در تدوین سناریوها به کار گرفته شد و سناریوها بر اساس نظر کارشناسان با استفاده از نرم‌افزار سناریوویزارد به دست آمد که سه سناریو به‌عنوان قوی‌ترین سناریو، تعداد ۲۰ سناریو باورکردنی و تعداد ۷۵۰ سناریو هم جزو سناریوهای ضعیف به دست آمدند. در اینجا، از روش و تحلیل کیفی برای انطباق سناریوهای به‌دست‌آمده از نرم‌افزارها با منطق ایجاد سناریوها استفاده می‌شود تا در ضمن اینکه نتایج کمی را تکمیل می‌نماید و اعتبار بیشتری به نتایج تحقیق می‌دهد همچنین ارائه ملموس‌تری از موضوع، اشراف و تسلط بیشتری را به محقق خواهد داد.

بر اساس روش استقرایی در جهت ایجاد منطق سناریوها بایستی هر ۱۱ عامل کلیدی به‌دست‌آمده در شکل‌دهی سناریوها دخالت داده شوند. این عوامل را بایستی بتوان در دو بُعد یا دو گروه‌بندی به‌عنوان نگه‌دارنده‌های پیشران‌های مختلف گنجانند و خلاصه کرد. دوبعدی که در اینجا می‌تواند این ۱۱ عامل را در برگیرند بعدهای ساختاری-کالبدی و وضعیت خدمات و تأسیسات

زیرساختی می‌باشند. این دو بعد متفاوت از ابعاد در نظر گرفته شده در ابتدای تحقیق (در تعریف عوامل کلیدی) است و تفاوت آن نیز در مقیاس عوامل است. در عوامل کلیدی تحقیق مقیاس عوامل در نظر گرفته شد اما در اینجا به ماهیت و پیامد عامل اولویت داده شده است. به این دسته‌بندی و تعریف این دو بُعد به خوبی می‌تواند تمام عوامل پیشران را در خود جای دهد. هرکدام از این ابعاد تعدادی از عوامل را پوشش می‌دهند. بعد یا محور ساختاری-کالبدی، (x6)، کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)، (x12)، فاصله از گسل، (x7)، کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها، (x8)، قدمت ابنیه، (x9)، مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)، (x16)، توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها، (x17)، وضعیت زمین‌شناسی و لیتولوژی کلان‌شهر تبریز، و بعد وضعیت خدمات و تأسیسات زیرساختی، (x30)، دسترسی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، (x27)، مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران، (x20)، وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر، (x38) و تراکم جمعیتی را شامل می‌شود. با توجه به این توضیحات در شکل (۵)، شکل‌گیری منطق سناریو با دو بعد ساختاری-کالبدی- و بعد وضعیت خدمات و تأسیسات زیرساختی در زمینه آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مقابل بحران زلزله نشان داده می‌شود:



شکل ۵. شکل‌گیری منطق سناریو با دو بُعد در زمینه آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مقابل بحران زلزله

بر اساس شکل (۵)، سه سناریوی طلایی، سناریو ایستا و سناریوی فاجعه موقعیت خود را در محور می‌یابند. سناریوی طلایی یا همان ارتقا تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله زمانی که وضعیت عوامل ساختاری-کالبدی با روند مطلوب مواجه بوده و عوامل خدمات و تأسیسات زیرساختی در راستای تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز حرکت کنند، به وقوع خواهد پیوست. در واقع در این سناریوها عوامل کلیدی بیشتر از حالت بحرانی دارای حالت مطلوب و یا حداقل حفظ وضعیت موجود و کمی رو به بهبود می‌باشند.

سناریو فاجعه نیز دقیقاً در جهت عکس و برخلاف شرایط سناریو طلایی اتفاق خواهد افتاد. درواقع در این گروه علیرغم اینکه برخی از عوامل کلیدی دارای حالت مطلوب و کمی روبه بهبود هستند، اما در این گروه از سناریوها، حالت بحرانی غالب‌تر است. اما سناریو باورکردنی یا توجه صرف به کاهش آسیب‌پذیری و عدم توجه به ارتقا تاب‌آوری در ناحیه کمی رو به بهبود عوامل خدمات و تأسیسات زیرساختی و افت عوامل ساختاری-کالبدی قرار می‌گیرد.

در سناریو اول وضعیت تمامی عوامل کلیدی مثبت خواهد بود و مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مقابل انواع بحران‌ها به‌ویژه بحران زلزله تاب آور خواهد بود. پیش‌فرض‌های اصلی این سناریو کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها و توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها به‌ویژه در مناطق با سطح بالای آسیب‌پذیری در کلان‌شهر تبریز می‌باشد که در نتیجه آن قطعات مرمتی و تخریبی بازسازی شده و با استفاده از مصالح نوین در ساخت‌وسازها، آسیب‌پذیری بافت کالبدی این سکونتگاه‌ها کاهش می‌یابد.

در سناریوهای گروه دوم، وضعیت ایستای پیشران‌های پژوهش بیش از وضعیت مطلوب و بحرانی است. البته وضعیت ایستا در محدوده مورد مطالعه به معنای شرایط مناسب نیست بلکه در صورت ادامه این وضعیت و عدم مدیریت صحیح، ممکن است این حالت‌های ایستا به حالت بحرانی تبدیل گردد. لذا برنامه‌ریزی برای مدیریت بحران و تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در این حالت باید با شرایط کاملاً محتاطانه انجام گیرد تا از حرکت به سمت بحران در محدوده جلوگیری به عمل آید.

سناریو سوم، شرایط سختی را برای آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در مقابل بحران زلزله متصور می‌شود. در این شرایط پیش‌فرض‌های منفی پیشران وقوع یافته و افزایش قطعات مرمتی و تخریبی در منطقه و عدم نوسازی آن‌ها، استفاده از مصالح نامناسب در ساخت‌وسازها باعث آسیب‌پذیری بیشتر منطقه در مقابل زلزله شده و با مکان‌یابی و توزیع نادرست مراکز خدمات رسان بعد از بحران زلزله، امکان بازگشت منطقه به مرحله پیش از بحران کمتر می‌گردد. در مقابل این مشکلات، برنامه‌ریزی برای مدیریت بحران و افزایش تاب‌آوری با رویکرد متفاوت از قبل و به‌صورت جامع و آینده‌نگر در مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز ضروری خواهد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

بحث

کلان‌شهر تبریز به دلیل استقرار در امتداد گسل شمال تبریز به طول ۱۵۰ کیلومتر، همواره در معرض خطر حوادث و بلایا از جمله زلزله، سیل و فرونشست زمین قرار دارد. در واقع کلان‌شهر تبریز در محل تلاقی ۲ گسل شمال تبریز و آذرشهر ایجاد شده است و این مکان جغرافیایی می‌تواند عامل وقوع زلزله‌های خطرناکی در این شهر باشد. این شهر در طول تاریخ بارها بر اثر زمین‌لرزه‌های مهلک و ویرانگر نابود شده و از نو ساخته شده است. در عصر حاضر نیز توسعه بی‌رویه، ناهماهنگ و غیراصولی شهر در چند دهه‌ی اخیر، ساخت‌وساز در حریم گسل‌ها و مناطق مستعد ناپایداری‌های تکتونیکی، طراحی و اجرای ساختمان‌ها و تأسیسات و شریان‌های حیاتی نامتناسب با شدت لرزه‌خیزی شهر، نبود برنامه و توانمندی‌های عملیاتی لازم برای مدیریت بحران در مرحله‌ی پاسخ و مقابله با عوارض و تبعات وقوع زلزله و وجود بافت‌های آسیب‌پذیر و فرسوده متعدد و پراکنده در سطح شهر، کلان‌شهر تبریز را در برابر بحران زلزله آسیب‌پذیر ساخته است. از این‌رو شناسایی پیشران‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری این محدوده در مواقع بحران با تأکید بر بحران زلزله بسیار ضروری است.

مقایسه نتایج این پژوهش با سایر پژوهش‌های مطرح‌شده در قسمت پیشینه نشان می‌دهد، نتایج این تحقیق هم‌راستا با پژوهش آراسته و همکاران (۱۳۹۹)، می‌باشد، چراکه بر مبنای آخرین پیشران به دست آمده در پژوهش حاضر - (x38)، تراکم جمعیتی - در پژوهش ایشان نیز به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر شناسایی شده، می‌توان گفت نتایج دو پژوهش هم‌راستا با یکدیگر می‌باشند.

همچنین بر مبنای پیشران مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)، نیز می‌توان گفت نتایج این پژوهش با پژوهش جویهر و ساسانی (۲۰۲۰)، پیشران وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر با پژوهش لی و ژو (۲۰۲۰)، پیشران مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی) با پژوهش چن و ژانگ (۲۰۲۱)، پیشران دسترسی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها با پژوهش نیازی و همکاران (۲۰۲۱)، هم‌راستا می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، به‌منظور مدیریت بحران زلزله در کلان‌شهر تبریز بایستی رویکردی استراتژیک در سه مرحله‌ی قبل از بحران، در حین بحران و پس از بحران تدوین و جنبه‌ی اجرایی داشته باشد.

الف) قبل از بحران

یکی از مهم‌ترین اصول مدیریت بحران، پیش‌بینی و آمادگی در مقابل بحران است و به همین دلیل باید بیشترین بودجه را به این مرحله اختصاص داد. این مرحله معمولاً ۳۰ درصد از ۱۰۰ درصد هزینه‌ها را دربر می‌گیرد. هر اندازه که به مرحله‌ی قبل از بحران اهمیت بیشتری داده شود، هزینه‌های مربوط به مرحله‌ی حین بحران و پس از بحران کاهش خواهد یافت. احداث سدها، اقدامات انجام‌شده جهت جلوگیری از طغیان رودخانه‌ها، مقاوم‌سازی ساختمان‌ها برای مقابله با زلزله، تدابیر لازم جهت جلوگیری از نشست گاز و نفت به محیط رودخانه و ... از جمله اقدامات پیشگیرانه می‌باشد. آمادگی شامل کلیه‌ی عملیات و اقداماتی است که دولت‌ها، جوامع و همچنین افراد را قادر به انجام عکس‌العمل سریع و کارا در مواقع بروز بحران می‌نماید. در کلان‌شهر تبریز این رویکرد تا حدودی مناسب می‌باشد، با این حال مقاوم‌سازی مسکن به‌ویژه در مناطق حاشیه‌ای و مرکز شهر توصیه می‌گردد. همچنین بایستی بودجه‌ی مناسب در این حوزه در نظر گرفته شود و با نظارت مناسب به مقاوم‌سازی و توانمندسازی شهر پرداخته شود. از طرفی وجود معابر تنگ و باریک در مناطق حاشیه‌ای به‌ویژه مناطق ۱۰ و ۱، موجب عدم خدمات‌رسانی مناسب خواهد گردید، بنابراین نیاز است با در نظرگیری منافع شهروندان و با تجمیع قطعات مختلف، کشش‌پذیری این معابر را موجب گردید. یکی دیگر از موارد الزامی در مرحله‌ی قبل از بحران تأکید بر طرح‌های ممیزی املاک و اراضی به‌منظور جلوگیری از ساخت‌وسازهای غیرمجاز می‌باشد. همانطور که ذکر شد این مرحله نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیک و بلندمدت در ساختار فضایی شهری است.

ب) حین بحران

این مرحله شامل مراحل پاسخگویی (واکنش) و امداد رسانی (خدمات اضطراری) می‌باشد. هدف از واکنش، به حداقل رساندن میزان جراحت انسان‌ها و تخریب تأسیسات و دارایی‌ها با انجام یک رشته اقدام فوری مانند اعلام خطر، تخلیه‌ی منطقه‌ی خطر، جستجو و انتقال قربانیان به مناطق امن و ارائه‌ی خدمات فوری پزشکی به مجروحان است. در این مرحله نیازمند تدابیر گسترده‌ای می‌باشیم. کلان‌شهر تبریز با بافت متراکم و فشرده دارای مکان‌های اسکان موقت پایین می‌باشد. از طرفی عدم دسترسی مناسب به خدمات امداد رسانی در کل سطوح شهر به‌ویژه مناطق شمالی، جنوبی و مرکزی با توجه به معابر نامطلوب، آسیب‌های بسیاری را در صورت وقوع زلزله‌های احتمالی به همراه خواهد داشت. بنابراین مکان‌یابی و احداث خدمات امداد و نجات در سطح مختلف شهر ضروری می‌باشد. می‌توان برنامه‌های این مرحله را در بازه‌های زمانی میان‌مدت اجرایی نمود.

ج) پس از بحران

این مرحله مشتمل بر دو مرحله‌ی بهبودی و بازتوانی است. بهبودی شامل عملیاتی است که به‌منظور عادی‌سازی شرایط وقوع بحران صورت می‌پذیرد. مرحله‌ی بهبودی و عادی‌سازی اوضاع معمولاً توأم با بهسازی، بازسازی و بازتوانی می‌باشد. معطوف کردن کوشش‌ها به آثار و مسائل پس از وقوع بحران، چیزی جز گرفتار شدن در چرخه‌ی حاکمیت بحران‌زدگی مضاعف نیست. بنابراین بایستی به برنامه‌ریزی استراتژیک در مرحله‌ی قبل از بحران پرداخته شود. با این حال، در این مرحله نیاز به ساختار اقتصادی و اجتماعی توانمند و نظام مدیریتی اثربخش احساس می‌گردد. در کلان‌شهر تبریز همانند سایر شهرهای ایران، افراد کم‌درآمد و ناتوان در اولویت سازمان‌های مالی نمی‌باشند، بنابراین ضروری است تا با تغییر قوانین و تعریف بودجه برای این اقشار، مقدمات مواجهه با بحران‌های مختلف شکل گیرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی، وقوع حوادث طبیعی مانند زلزله، خسارت‌ها و تلفات سنگینی را به بار می‌آورد و توسعه شهرها و کشور را دچار وقفه می‌کند. کاهش آسیب‌پذیری و تاب‌آور ساختن شهرها در برابر این پدیده، یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری و کالبدی محسوب می‌شود. در این راستا، اولین گام، شناسایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری شهرهاست تا بتوان با شناسایی و تحلیل این عوامل بتوان، به ارائه راهکارهای علمی و عملی در زمینه کاهش آثار زلزله پرداخت. مسائل یادشده، لزوم تغییر مقیاس نگرش به مسئله زلزله را از ساختمان به مناطق شهری مطرح می‌سازد. برای این تغییر نگرش می‌توان رویکردهای جدید برنامه‌ریزی به‌ویژه رویکرد آینده‌نگری و آینده‌پژوهی را به‌عنوان یکی از عوامل اصلی مقابله با آثار سوء زمین‌لرزه به کار گرفت

و در سطوح مختلف برنامه‌ریزی شهری، به بررسی و ارائه راهکارهای عملی کاهش آثار زمین‌لرزه در شهرها پرداخت. در این میان، ارزیابی و تحلیل عوامل مؤثر بر تاب‌آوری مناطق شهری در برابر بحران زلزله را می‌توان از اولین اقدام‌های مؤثر در تدوین برنامه‌های کاهش آثار زمین‌لرزه در قالب برنامه‌های مدیریت بحران دانست. در برخورد با بحران‌های موجود در برابر بحران زلزله راه‌حل‌های مختلفی برای تاب‌آور ساختن مناطق ارائه و تجربه‌شده است ولی وضعیت کنونی، نشانگر ناکارآمد بودن راهکارهای در پیش گرفته شده چند دهه گذشته است. به نظر می‌رسد در عرصه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای به‌عنوان یکی از شاخه‌های علوم انسانی و اجتماعی که در آن پیش‌بینی آینده بیشترین کاربرد را دارد؛ لزوم تغییر رویکرد از پیش‌بینی به آینده‌نگاری ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است و هم‌اکنون فرایند مطالعات شهری و منطقه‌ای نیازمند مهندسی مجدد جهت استفاده از رویکرد آینده‌نگاری است.

در همین راستا در این پژوهش، به شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بربر کاهش آسیب‌پذیری و تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله و تدوین سناریوهای محتمل پرداخته‌شده است. بدین منظور ابتدا در با تکنیک پویش محیطی و روش دلفی ۴۴ عامل اولیه در ۴ حوزه مختلف استخراج و با تحلیل ساختاری در نرم‌افزار میک مک میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل، پایداری و ناپایداری سیستم و درنهایت عوامل پیشران مؤثر بر کاهش آسیب‌پذیری و تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله مشخص شد. نتایج پژوهش نشانگر این بود که عوامل بخش ساختاری-کالبدی بالاترین تأثیر را بر آینده تاب‌آوری مناطق مختلف محدود مورد مطالعه در برابر بحران زلزله دارند. همچنین بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل ساختاری در نرم‌افزار میک‌مک، ۱۱ عامل به‌عنوان پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری در برابر بحران زلزله انتخاب شدند. این پیشران‌ها به ترتیب عبارت بودند از: (x6)، کیفیت واحدهای مسکونی (نسبت قطعات مرمتی و تخریبی به کل مساحت ساخته شده)، (x12)، فاصله از گسل، (x7)، کیفیت ساخت و اجرای سازه‌ها، (x8)، قدمت ابنیه، (x9)، مصالح ساختمانی (مصالح اسکلت و مصالح پی)، (x16)، توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان‌ها، (x30)، دسترسی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، (x17)، وضعیت زمین‌شناسی و لیتولوژی منطقه ۲۰، (x27)، مکان‌یابی صحیح مراکز خدمات رسان در موقع بحران، (x20)، وجود دسترسی‌های متنوع و متعدد با کیفیت مناسب به نقاط مختلف شهر و (x38)، تراکم جمعیتی.

در مرحله بعدی به‌منظور تدوین سناریوهای منطقی میزان تاب‌آوری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله با استفاده از شاخص اجماع و روش استقرایی، سه سناریو طلایی، ایستا و بحرانی برای آینده این محدوده ایجاد شدند. از بین سه سناریوی پیش روی مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز، در دو سناریوی ایستا و بحرانی این محدوده با بحران در مقابل زلزله مواجه خواهد شد و تنها سناریو اول می‌تواند شرایط تاب‌آوری مناطق مختلف این کلان‌شهر را در برابر بحران زلزله فراهم نماید. در پایان پژوهش نیز پیشنهادات عملیاتی زیر جهت ارتقای تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز در برابر بحران زلزله پیشنهاد می‌گردد:

۱. اتخاذ سیاست‌های سخت‌گیرانه در راستای کاهش ساخت‌وسازهای غیرمجاز و کم‌دوام؛
۲. تدوین طرح‌های بازآفرینی در محدوده‌های مرکزی و تاریخی شهری (مناطق ۴ و ۸ کلان‌شهر تبریز)؛
۳. بازاندیشی در برنامه‌ریزی کاربری اراضی و جابه‌جایی کاربری‌های خطرزا در محدوده مرکزی شهر از یک‌سو و دسترسی‌پذیری به خدمات امدادرسانی برای سطوح مختلف شهر؛
۴. برنامه‌ریزی در راستای ایجاد فضاهای باز و اسکان‌های موقت شهر (به‌ویژه در حوزه‌ی استحفاظی شهرداری مناطق ۱، ۴، ۸ و ۱۰)؛
۵. بهره‌مندی از فناوری‌های نوین به‌منظور قطع انرژی‌ها در مواقع بحران به‌منظور کاهش اثرات بحران‌ها؛
۶. ارتقاء کشش‌پذیری معابر در مناطق حاشیه‌ای و مرکزی شهر برای تسهیل آمدوشد وسایل نقلیه‌ی اضطراری همچون آتش‌نشانی، آمبولانس و ...

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به خاطر حمایت معنوی در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- آراسته، مژگان، باغبان، امیر، باغبان، ساجده (۱۳۹۹). شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری شهری با رویکرد آینده نگاری (مطالعه موردی: کلان شهر مشهد)، برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۵(۲): ۶۳ - ۷۸.
- اسدی، احمد (۱۴۰۰). ارزیابی مؤلفه‌های اجتماعی-اقتصادی تبیین‌کننده تاب‌آوری در سکونتگاه‌های غیررسمی مطالعه موردی شهر تبریز، فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای. مقالات آماده انتشار.
- انصاری، محمدرضا، برک پور، ناصر. (۱۴۰۱). ارزیابی برنامه‌های توسعه شهری و منطقه‌ای از منظر پایداری اجتماعی. فضای شهری و حیات اجتماعی، ۱(۳): ۱-۱۶.
- پورمحمدی، محمدرضا، سعادت جو، مهری. (۱۴۰۳). ارزیابی ابعاد رویکرد توسعه پایدار شهری در بهبود فضاهای سبز شهری (نمونه موردی: منطقه ۱۰ کلانشهر تبریز). فضای شهری و حیات اجتماعی، ۳(۸): ۱۹-۴۴.
- لطیفی، امین، زیاری، کرامت اله، نادری، سیدمجید (۱۴۰۱). تحلیل و سطح‌بندی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل‌سازی ساختاری-تفسیری ISM (مورد پژوهی: منطقه ۱۰)، جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۱ (۳): ۲۸۵-۳۰۹.
- محمدی، علیرضا؛ پاشازاده، اصغر (۱۳۹۶). سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر وقوع زلزله مطالعه موردی شهر اردبیل، پژوهش‌های دانش زمین، ۸(۳۰): ۱۱۲-۱۲۶.
- مرادیان، میثم، رخشانی نسب، حمیدرضا، طیب‌نیا، سیدهدادی. (۱۴۰۱). ارزیابی کارایی معابر جهت تعیین بهینه‌ترین مسیر خروج از بافت در زمان بروز زلزله (مطالعه موردی: بافت مرکزی شهر زاهدان). فضای شهری و حیات اجتماعی، ۱(۳): ۳۹-۵۳.
- نامجویان، فرخ؛ رضویان، محمدتقی؛ سرور، رحیم (۱۳۹۶). تاب‌آوری شهری چارچوبی الزام آور برای مدیریت آینده شهرها، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۱۴(۵۵): ۸۱-۹۵.

- Arasteh, M., Baghban, A. & Baghban, S. (2020). Identification of Key Factors Affecting Urban Resilience with a Foresight Approach (Case Study: Mashhad Metropolis). *Physical Social Planning*, 7(2), 63-78. <https://doi.org/10.30473/psp.2020.7007> [In Persian]
- Asadi, A. (2022). Evaluation of socio-economic components explaining resilience in informal settlements (Case study: Tabriz metropolis). *Regional Planning*, 12(47), 196-181. <https://doi.org/10.30495/jzpm.2022.5400> [In Persian]
- Ansari, M. and Barakpour, N. (2023). Evaluation of urban and regional development plans from social sustainability viewpoint. *Urban Space and Social Life*, 1(3), 1-16. <https://doi.org/10.22034/jprd.2023.55228.1029> [In Persian]
- Pourmohammadi, M. and Saadat jou, M. (2024). Evaluation of the Urban Environment in the Improvement of Green Space (Case Study: District 10 of Tabriz Metropolis). *Urban Space and Social Life*, 3(8), 44-19. <https://doi.org/10.22034/jprd.2024.59688.1072> [In Persian]
- Latifi, A. , Ziari, K. and Naderi, S. M. (2022). The Analysis and Leveling of Key Drivers Affecting the Increase of Physical Resilience in Tehran against Earthquakes using Interpretive Structural Modeling (Case Study: District 10). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 11(3), 285-309. <https://doi.org/10.22067/geoh.2021.72853.1117> [In Persian]

- Mohammadi, A. and Pashazadeh, A. (2017). Measurement of urban resilience against the risk of earthquake incidence Case study: Ardebil City. *Researches in Earth Sciences*, 8(2), 112-126. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20088299.1396.8.2.8.8> [In Persian]
- Moradian, M. , Rakhshaninasab, H. and Tayyebnia, S. H. (2023). Evaluate the efficiency of passages to determine the optimal exit route from the tissue at the time of earthquake (Case study: Central texture of Zahedan). *Urban Space and Social Life*, 1(3), 39-53. <https://doi.org/10.22034/jprd.2023.50613.1002> [In Persian]
- Namjooyan, Farrokh, Razavian, Mohammad taghi, & Sarvar, Seyed Rahim. (2017). Urban Rsilience A binding framework for managing future cities. *GEOGRAPHICAL JOURNAL OF TERRITORY*, 14(55), 81-95. SID. <https://sid.ir/paper/116291/en> [In Persian]
- Abolmasov, B., Jovanovski, M., Ferić, P., & Mihalić, S. (2011). Losses due to historical earthquakes in the Balkan region: Overview of publicly available data. *Geofizika*, 28(1), 161-181.
- Alexander, D. (2002), "From civil defense to civil protection – and back again", *Disaster Prevention and Management*, Vol. 11 No. 3, pp. 209-213. <https://doi.org/10.1108/09653560210435803>
- Alizadeh, M., Zabihi, H., Rezaie, F., Asadzadeh, A., Wolf, I. D., Langat, P. K., & Pradhan, B. (2021). Earthquake Vulnerability Assessment for Urban Areas Using an ANN and Hybrid SWOT-QSPM Model. *Remote Sensing*, 13(22): 4519.
- Ao, D., Xiaowei, W., Yazhou, X., You, D. (2023). Regional seismic risk and resilience assessment: Methodological development, applicability, and future research needs – An earthquake engineering perspective, *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 233.
- Bastaminia, A. & Rezaei, M.R. & Dastoorpoor, M. (201). Identification and evaluation of the components and factors affecting social and economic resilience in city of Rudbar, Iran, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol.22: 269–280.
- Borden, Kevin A., Mathew C. Schmidtlein, Christopher C. Emrich, , Walter W. Piegorsch, and Susan L. Cutter. (2007). Vulnerability of U.S. Cities to Environmental Hazards. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 4(2).
- Bothara, J., Ingham, J., Dizhur, D. (2022). Qualifying the earthquake resilience of vernacular masonry buildings along the Himalayan arc, *Journal of Building Engineering*, Volume 52, 15 July 2022, 104339, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2022.104339>.
- Buckle P. (2006). Assessing Social Resilience in Disaster Resilience an Integrated Approach edited by D. Paton and D. Johnston, pg 88-104, Charles C Thomas Publisher, Springfield, Illinois.
- Bulkeley, H., (2010). *Cities and Climate Change*, 1st Edition, London, <https://doi.org/10.4324/9780203219256>.
- Chaulagain, Suja & Wiitala, Jessica & Fu, Xiaoxiao. (2019). The impact of country image and destination image on US tourists' travel intention. *Journal of Destination Marketing & Management*. 12. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2019.01.005>
- Chen, W., Zhang, L. (2021). Resilience assessment of regional areas against earthquakes using multi-source information fusion, *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 215, November 2021, 107833, <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107833>.
- Colten, C. E., Kates, R.W., Laska, B. (2008). Community resilience: lessons from New Orleans and Hurricane Katrina –CARRI Research Report 3. Community and regional resilience initiative. pp 1-5.
- Davis, I., Izadkhah, Y. (2006). *Building resilient urban communities*. Article from OHT, 31(1): 11-21.
- Feng, X., Xiu, C., Bai, L., Zhong, Y., & Wei, Y. (2020). Comprehensive evaluation of urban resilience based on the perspective of landscape pattern: A case study of Shenyang city. *Cities*, 104, 102722.

- Foster, H. D. (1997). *The Ozymandias principles: Thirty-one strategies for surviving change*, UBC Press, Victoria, Canada.
- Ghaedrahmati, S and Zarghamfard, M. (2020). Housing policy and demographic changes: the case of Iran, *International Journal of Housing Markets and Analysis*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-06-2019-0064>
- Guida, C., & Carpentieri, G. (2020). Quality of life in the urban environment and primary health services for the elderly during the Covid-19 pandemic: An application to the city of Milan (Italy). *Cities*, 110, 103038.
- Joyner, M.D., Sasani, M. (2020). Building performance for earthquake resilience, *Engineering Structures*, Volume 210, 1 May 2020, 110371, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110371>
- Landeta, J.(2006). Current validity of the Delphi method in social sciences, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.73, No. 5: 467-482.
- Li, J., Zhou, Y. (2020). Optimizing risk mitigation investment strategies for improving post-earthquake road network resilience, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 9(4): 277-286, <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.01.005>.
- Liang, J., & Li, y. (2020). Resilience and sustainable development goals based social-ecological indicators and assessment of coastal urban areas A case study of Dapeng New District, Shenzhen, China, *Watershed Ecology and the Environment* 1(2), 2020, 6-15.
- Longstaff, P.H., Armstrong, N.J., Perrin, K.A., Parker, W.M. & Hidek, M. (2010). Community Resilience: A Function of Resources and Adaptability, Institute for National Security and Counterterrorism, Syracuse University, June 2010.
- Mayunga, J. S. (2007). Understanding and applying the concept of community disaster resilience: a capital-based approach, *Summer academy for social vulnerability and resilience building*, Vol.1, No.1:1-16.
- Mitchell, T. and Harris, K. (2012). Endurance: a risk management approach, background note, ODI, 2 p. - Mileti, D., *Disasters by Design, a Reassessment of Natural Hazards in the United States*, Washington, DC: Joseph Henry Press, 1999.
- Normandin, M.D., Morris, E.D. (2011). Estimating neurotransmitter kinetics with ntPET: A simulation study of temporal precision and effects of biased data. *NeuroImage* 39, 1162–1179.
- Olshansky, B. (2008). *The power of pictures: Creating pathways to literacy through art*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Powell, C. (2003). The Delphi technique: myths and realities, *J Adv Nurs*, Vol.41, No.4: 376-382.
- Rehak D., Senovsky P., Hromada M., Lovecek T. (2019). Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, pp. 125-138. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.03.003>.
- Tilio, L. et al. (2011). *Resilient City and Seismic Risk: A Spatial Multi criteria Approach*, ICCSA, Part I, Springer Verlag, Berlin. Heidelberg: 410 - 422.
- UN Habitat. (2022). World cities report 2022. Envisaging the future of cities. Retrieved from.Nairobi: Kenya: *United Nations Human Settlements Programme*.
- Watts, G. (2017). Tranquillity in the city - building resilience through identifying, designing, promoting and linking restorative outdoor environments, *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 30 (1), <https://doi.org/10.1121/2.0000543>.
- Xue, X., L. Wang, and R. J. Yang. (2018). Exploring the science of resilience: critical review and bibliometric analysis. *Natural Hazards* 90(1):477–510. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3040-y> <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-017-3040-y>.

Yüksel, M., Börklü, H.R., Sezer, H.K., Canyurt, O.E. (2023). Review of artificial intelligence applications in engineering design perspective, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 118, February 2023, 105697, <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105697>.