https://gep.ui.ac.ir/?lang=fa
Geography and Environmental Planning
E-ISSN: 2252- 0910
Document Type: Research Paper
Vol. 37, Issue 3, No.103, 2026, pp. 47- 78
Received: 14/04/2026 Accepted: 04/10/2026

Knowledge Network Analysis of Urban Seismic Resilience in the Global Research Literature (2016-2025)

Roya Moghabeli
Ph.D. student, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
r.moghabeli@uma.ac.ir

Alireza Mohammadi *
Ph.D., Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
alirezamohammadi20142014@gmail.com

Ata Ghafari Gilandeh
Ph.D., Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
a_ghafarigilandeh@uma.ac.ir

Abstract

Urban seismic resilience, a key concept in risk management and urban planning, has garnered increasing attention over the past decade owing to the growing complexity of seismic hazards, ongoing urbanization, and population concentration in high-risk areas. Hazard, vulnerability, risk, and seismic resilience are interconnected concepts within the seismic risk analysis framework; accordingly, this study examined them as an integrated knowledge network. The aim of this study was to identify knowledge production patterns, conceptual structures, scientific collaboration networks, and dominant theoretical trends in the literature on urban seismic resilience and seismic hazards from 2016 to 2025. A descriptive-analytical approach was adopted, employing bibliometric analysis and knowledge network analysis. The dataset comprised 3,449 scientific documents indexed in Scopus and retrieved through searches of titles, abstracts, and keywords with subject areas limited to Earth and Planetary Sciences, Social Sciences, and Engineering. The data were analyzed by using VOSviewer through keyword co-occurrence, country co-authorship, and bibliographic coupling analyses. The results revealed an increasing trend in scientific output with the number of documents rising from 165 in 2016 to 804 in 2025. In terms of conceptual structure, "urban resilience" (1,196 occurrences, total link strength of 1,807), "seismic hazard" (245 occurrences), and "seismic vulnerability" (172 occurrences) emerged as central concepts in the network. China (596 documents), the United States (494), Italy (457), and Iran (169) were among the most active countries in knowledge production. Bibliographic coupling analysis further

*Corresponding Author
Moghabeli, R. , Mohammadi, A. and Ghafari Gilandeh, A. (2026). Knowledge Network Analysis of Urban Seismic Resilience in the Global Research Literature (2016-2025). *Geography and Environmental Planning*, 37 (3), 47 - 78 .

2252-0910 © University of Isfahan
This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0).

10.22108/gep.2026.148648.1781

indicated that the theoretical foundations of this literature were mainly rooted in seismic hazard assessment and risk analysis. By mapping the structure and evolution of knowledge on urban seismic resilience, this study can inform future research, urban planning, and risk management.

Keywords*:* Urban Seismic Resilience, Seismic Hazard, Seismic Vulnerability, Knowledge Network Analysis, Bibliometric Analysis, Urban Planning.

Introduction

Urban seismic resilience is a multidimensional concept that connects earthquake engineering, geography, urban planning, and social sciences. It refers to the capacity of urban systems to absorb seismic disturbances, reduce damage, maintain essential functions, and recover after an earthquake. Seismic hazard assessment provides a basis for understanding potential ground motion, while seismic risk results from the interaction of hazard, exposure, and vulnerability. Recent research has increasingly moved from static assessments of physical vulnerability toward more dynamic and system-oriented approaches supported by GIS, network analysis, and data-driven methods. Bibliometric research has been widely used to examine the development of scientific fields, but its application to urban seismic resilience remains limited. Liu et al. (2024), for example, reviewed 4,229 publications on seismic risk assessment and damage analysis, mainly from structural and engineering perspectives. Based on the Scopus literature examined in this study, no knowledge-network analysis focused specifically on urban seismic resilience and its conceptual, collaborative, and intellectual structure during 2016-2025 was identified. This study therefore aimed to map the main research patterns, thematic relationships, scientific collaborations, and intellectual foundations of this field.

Materials & Methods

The study employed a knowledge-network-analysis approach using VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2022). Scopus was selected because of its broad interdisciplinary coverage and standardized citation indexing. An initial search produced 8,574 records. After refining the subject areas and keyword set, the final dataset contained 3,449 English-language articles, reviews, books, and book chapters indexed between 2016 and 2025. The search used the TITLE-ABS-KEY field and terms related to seismic risk, vulnerability, urban resilience, and urban planning. The temporal filter, PUBYEAR>2015 AND PUBYEAR<2026, corresponded to 2016-2025. Subject-area, document-type, language, and exact-keyword filters were also applied. The records were exported with their bibliographic information and cited references. Data preparation included duplicate removal and standardization of keywords, author names, and institutional affiliations using a thesaurus file. Network analyses were conducted by using full counting. Keyword co-occurrence was analyzed with a minimum occurrence threshold of 5. Co-authorship was examined at the author, institutional, and country levels, while co-citation analysis was used to identify highly connected references. Bibliographic coupling was also applied to examine relationships among documents. The threshold settings used in the analyses were reported to improve methodological transparency and reproducibility.

Research Findings

The temporal distribution indicated a substantial increase in research output. The number of documents rose from 165 in 2016 to 480 in 2024. In 2025, 804 records were indexed, including accepted and in-press documents available at the time of the search. Overall, the number of indexed records in 2025 was approximately 4.9 times that of 2016 with an average annual growth rate of close to 20%.

The keyword network was centered on urban resilience, which recorded 1,196 occurrences and total link strength of 1,807. Seismic hazard and seismic vulnerability were followed with 245 and 172 occurrences, respectively. Other frequently occurring concepts included seismic hazard assessment, climate change, urban planning, resilience, sustainability, earthquake, peak ground acceleration, seismic risk, green infrastructure, urban sustainability, nature-based solutions, sustainable development, GIS, and climate adaptation.

China had produced 596 documents followed by the United States with 494 and Italy with 457. Iran ranked among the leading countries with 169 publications. The co-authorship network showed strong connections involving the United States, Italy, China, and the United Kingdom, while Iran also occupied a visible position in the collaboration structure. Co-citation analysis identified 103 core references at the defined threshold. Highly connected references included works by Ambraseys, Bommer, Baker, Akkar, Allen, and Campbell, reflecting the continued importance of seismic hazard assessment, ground-motion modeling, and earthquake engineering.

Discussion of Results & Conclusion

The increase in publication activity was consistent with the broader expansion of research on seismic risk and resilience. Liu et al. (2024) also reported a marked increase in publications on seismic risk assessment and damage analysis after 2017. This similarity indicated that urban seismic resilience had developed within a broader expansion of scientific attention to seismic risk. The shift toward more integrated and system-oriented approaches was also consistent with the broader evolution of urban resilience research reported by Han et al. (2026). The thematic structure showed that urban resilience provided the main conceptual connection among the identified research streams. At the same time, seismic hazard and seismic vulnerability remained strongly represented, indicating the continued influence of established risk and engineering knowledge. The presence of urban planning, sustainability, GIS, climate adaptation, and nature-based solutions also reflected the growing interdisciplinary scope of the literature. The geographical and collaboration patterns demonstrated the international character of the field. The concentration of publications and collaboration links among major research-producing countries indicated an interconnected scientific structure. Iran's presence in publication output and collaboration networks also demonstrated its participation in the global research landscape on urban seismic resilience. Overall, the knowledge network indicated an expanding research field with connections across several disciplinary areas, while its intellectual structure remained strongly linked to seismic hazard, vulnerability, and risk. The findings provided a systematic basis for understanding the development and organization of research on urban seismic resilience. Future studies could examine thematic changes over shorter periods, incorporate additional bibliographic databases, and combine quantitative network analysis with qualitative assessment. The findings should also be considered in light of the study reliance on Scopus, English-language records, predefined search terms and analytical thresholds, and the quantitative nature of bibliometric network analysis.

جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی
سال ۳۷، پیاپی ۱۰۳، شماره ۳، ۱۴۰۵، ص ۷۸– ۴۷
وصـول: ۱۴۰۵/۱/۲۵ پـذیرش: ۱۴۰۵/۷/۱۲

مقاله پژوهشی

تحلیل شبکهٔ دانش تاب‌آوری لرزه‌ای شهری در ادبیات پژوهشی جهانی (۲۰۱۶ – ۲۰۲۵)

رویا مقابلی، دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
r.moghabeli@uma.ac.ir
علیرضا محمدی*، استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
alirezamohammadi20142014@gmail.com
عطا غفاری‌گیلانده، استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
a_ghafarigilandeh@uma.ac.ir

چکیده

تاب‌آوری لرزه‌ای شهری به‌عنوان مفاهیم محوری در مدیریت ریسک و برنامه‌ریزی شهری، در دهه اخیر با توجه به افزایش پیچیدگی مخاطرات لرزه‌ای، رشد شهرنشینی و تمرکز جمعیت در مناطق پرخطر، فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. خطر، آسیب‌پذیری، ریسک و تاب‌آوری لرزه‌ای مفاهیمی به‌هم‌پیوسته در چارچوب تحلیل ریسک لرزه‌ای هستند؛ ازاین‌رو، در این پژوهش در قالب یک شبکه دانش یکپارچه بررسی شده‌اند. هدف پژوهش حاضر، شناسایی الگوهای تولید دانش، ساختار مفهومی، شبکه‌های همکاری علمی و جریان‌های نظری در ادبیات پژوهشی تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ است. این پژوهش با رویکرد توصیفی‌تحلیلی و با بهره‌گیری از تحلیل کتاب‌سنجی و تحلیل شبکه دانش انجام شد. داده‌های استفاده‌شده شامل ۳۴۴۹ سند علمی نمایه‌شده در پایگاه اسکوپوس است که با جست‌وجو در عنوان، چکیده و کلیدواژه‌ها و محدودسازی حوزه‌های موضوعی به علوم زمین، علوم اجتماعی و مهندسی بازیابی شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer و از طریق تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها، هم‌نویسندگی کشورها و هم‌ارجاعی منابع علمی بررسی شدند. نتایج نشان داد که تولیدات علمی این حوزه روندی افزایشی داشته و تعداد اسناد از ۱۶۵ مورد در سال ۲۰۱۶ به بیش از ۸۰۴ سند در سال ۲۰۲۵ افزایش یافته است. در ساختار مفهومی، «تاب‌آوری شهری» با ۱۱۹۶ وقوع و قدرت پیوند ۱۸۰۷، «خطر لرزه‌ای» با ۲۴۵ وقوع و «آسیب‌پذیری لرزه‌ای» با ۱۷۲ وقوع، از مفاهیم مرکزی شبکه بودند. همچنین، چین با ۵۹۶ سند، ایالات متحده آمریکا با ۴۹۴ سند، ایتالیا با ۴۵۷ سند و ایران با ۱۶۹ سند، از کشورهای فعال در تولید دانش این حوزه بودند. نتایج تحلیل هم‌ارجاعی نشان داد که بنیان‌های نظری این ادبیات عمدتاً بر ارزیابی خطر لرزه‌ای و تحلیل ریسک استوار است. این پژوهش با ترسیم ساختار و روند تحول دانش تاب‌آوری لرزه‌ای شهری، می‌تواند مبنایی برای مطالعات آینده و پشتیبانی از برنامه‌ریزی شهری و مدیریت ریسک فراهم آورد.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری لرزه‌ای شهری، خطر لرزه‌ای، آسیب‌پذیری لرزه‌ای، تحلیل شبکه دانش، تحلیل کتاب‌سنجی، برنامه‌ریزی شهری

---

*نویسنده مسئول

مقابلی، رویا، محمدی، **علیرضا** و غفاری‌گیلانده، عطا . (۱۴۰۵). تحلیل شبکهٔ دانش تاب‌آوری لرزه‌ای شهری در ادبیات پژوهشی جهانی(۲۰۱۶ – ۲۰۲۵)، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۷ (۳)، ۷۸– ۴۷.

2252-0910 © University of Isfahan
This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0).

10.22108/gep.2026.148648.1781

مقدمه

تاب‌آوری لرزه‌ای شهری مفهومی چندبعدی و میان‌رشته‌ای است که ریشه در مهندسی زلزله، جغرافیا، برنامه‌ریزی شهری و علوم اجتماعی دارد و به توانایی سیستم شهری در جذب، مقاومت و بازیابی عملکرد پس از وقوع زمین‌لرزه اشاره می‌کند. نقطه آغاز تحلیل تاب‌آوری، ارزیابی خطر لرزه‌ای است؛ خطری که به احتمال وقوع زمین‌لرزه و ویژگی‌های فیزیکی آن از جمله شدت لرزه‌ای[۱]، عمق کانونی[۲]، فاصله از گسل‌ها[۳] و شرایط زمین‌شناسی[۴] وابسته است (Acharya et al., 2024; Doğan et al., 2025). در چارچوب تحلیل ریسک شهری، ریسک لرزه‌ای حاصل برهم‌کنش سه مؤلفه «خطر[۵]»، «مواجهه[۶]» و «آسیب‌پذیری[۷]» است و زمانی معنا می‌یابد که جمعیت، ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در معرض لرزش قرار گیرند و به دلیل ضعف‌های کالبدی یا اجتماعی دچار خسارت شوند (Fischer et al., 2022).

ادبیات جهانی نشان می‌دهد که نگاه سنتی مبتنی بر «کاهش آسیب‌پذیری» در سال‌های اخیر جای خود را به رویکرد جامع‌تری داده است که در آن تاب‌آوری شهری به‌عنوان یک «سیستم پویا[۸]» تعریف می‌شود؛ سیستمی که توان انطباق[۹]، مقاومت[۱۰] و بازتوانی[۱۱] آن نقش اساسی در کاهش خسارات و تداوم عملکرد شهری دارد (Cutter, 2021; Kim & Lim, 2016). توسعه مدل‌های سنجش تاب‌آوری با رویکردهای نوین مانند دینامیک سیستم‌ها، مدل‌های شبکه‌ای، تحلیل داده‌های مکانی در GIS و کاربرد الگوریتم‌های یادگیری ماشین[۱۲] افق‌های تازه‌ای برای تحلیل دقیق خطر و تاب‌آوری در مقیاس شهری فراهم کرده است (Rezvani et al., 2023; Afsari et al., 2023; Li & Mostafavi, 2025).

بررسی مطالعات خارجی در دهه اخیر (۲۰۱۶ – ۲۰۲۵)، نشان می‌دهد که پژوهش‌ها در سه محور اصلی متمرکز بوده‌اند: نخست، تحلیل خطر و مدل‌سازی آسیب‌پذیری لرزه‌ای با استفاده از چارچوب‌های نظری و منحنی‌های شکنندگی و روش‌های ارزیابی ریسک توسعه‌افته در مهندسی زلزله (Kassem et al., 2020). دوم، توسعه چارچوب‌های چندبعدی تاب‌آوری شهری که ابعاد کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیرساختی را به‌طور همزمان در ارزیابی لحاظ کرده و بر رویکرد میان‌رشته‌ای تأکید دارد (Saptono et al., 2025). سوم، بهره‌گیری از ابزارهای داده‌محور شامل یادگیری ماشین، مدل‌های آماری و GIS برای پیش‌بینی آسیب‌پذیری و تحلیل فضایی الگوهای خطر که افق‌های جدیدی در مطالعات ریسک و تاب‌آوری گشوده‌اند (Li & Mostafavi, 2025; Rezvani et al., 2023). این رویکردها نشان می‌دهند که مطالعات جهانی از رویکردهای مهندسی‌محور به سمت میان‌رشته‌ای و شهرمحور حرکت کرده‌اند و تحلیل فضایی و برنامه‌ریزی شهری در آنها اهمیت بیشتری یافته است.

---

[1] Magnitude
[2] Focal Depth
[3] Distance from Fault
[4] Geological Conditions
[5] Hazard
[6] Exposure
[7] Vulnerability
[8] Dynamic System
[9] Adaptive Capacity
[10] Resistance
[11] Recovery Capacity
[12] Machine Learning

در ایران نیز، با توجه به قرارگیری در کمربند لرزه‌خیز آلپ – هیمالیا، ادبیات پژوهشی درخور توجهی حول آسیب‌پذیری و تاب‌آوری لرزه‌ای شهری شکل گرفته است. این ادبیات از نظر رویکرد روش‌شناختی متنوع بوده و مطالعاتی مبتنی بر مدل‌های چندمعیاره تصمیم‌گیری مانند AHP و TOPSIS (محمدی، ۱۳۹۹؛ Asadi et al., 2022)، مطالعات میدانی در مقیاس شهری و محله‌ای (کریمی قطب‌آبادی و زنگی‌آبادی، ۱۴۰۲؛ عابدینی و همکاران، ۱۴۰۴) و پژوهش‌های علم‌سنجی در حوزه‌های مرتبط با برنامه‌ریزی شهری (عبدالرضا عبدالحسن و همکاران، ۱۴۰۴) را در بر می‌گیرد؛ با این حال، در مقیاس ادبیات نمایه‌شده در اسکوپوس، سهم ایران در تولید دانش این حوزه همچنان محدود است و جایگاه آن در شبکه علمی جهانی، ظرفیت توسعه مشارکت‌های علمی بین‌المللی را نشان می‌دهد.

مرور نظام‌مند ادبیات نشان می‌دهد که پژوهش‌ها بسیار پراکنده‌اند؛ برخی بر آسیب‌پذیری کالبدی تمرکز دارند، برخی بر سنجش اجتماعی یا اقتصادی، برخی بر مدل‌های خطر و گروهی نیز بر شاخص‌های تاب‌آوری. در ادبیات کتاب‌سنجی موجود، مطالعاتی با تمرکز بر زیرحوزه‌های نزدیک این پژوهش صورت گرفته‌اند در ادبیات کتاب‌سنجی موجود، مطالعاتی با تمرکز بر زیرحوزه‌های نزدیک این پژوهش صورت گرفته‌اند؛ برای نمونه، تحلیل شبکه دانش حوزه «ارزیابی خطر و آسیب‌پذیری لرزه‌ای» نشان داده است که این حوزه عمدتاً بر مقیاس سازه‌ای و مهندسی، نظیر منحنی‌های شکنندگی، تحلیل غیرخطی و مدل‌سازی آسیب سازه‌ها، متمرکز است؛ با این حال، بر اساس بررسی‌های صورت‌گرفته در محدوده زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ و در پایگاه اسکوپوس، مطالعه‌ای که به‌طور مشخص ساختار دانش «تاب‌آوری لرزه‌ای شهری» را در مقیاس شهر و سیستم شهری و با بررسی هم‌زمان ساختار مفهومی، شبکه‌های همکاری علمی و روابط استنادی تحلیل کرده باشد، در جست‌وجوی انجام‌شده شناسایی نشد (Liu et al., 2024). از این منظر، شکاف موجود صرفاً به افزایش تعداد مطالعات یا ضرورت استفاده از یک ابزار کتاب‌سنجی[1] محدود نمی‌شود، بلکه به نبود تصویری منسجم از چگونگی سازمان‌یافتگی دانش این حوزه، ارتباط میان جریان‌های مفهومی و شکل‌گیری شبکه‌های همکاری و استنادی مربوط است. این شکاف، ضرورت بررسی ساختار و تحول دانش تاب‌آوری لرزه‌ای شهری را با استفاده از یک چارچوب کتاب‌سنجی و شبکه‌ای یکپارچه نشان می‌دهد.

در چنین بستری، تحلیل کتاب‌سنجی با استفاده از داده‌های پایگاه Scopus و نرم‌افزار VOSviewer ابزاری مناسب برای ترسیم نقشه علمی حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری است. این روش با تحلیل هم‌رخدادی[2] کلیدواژه‌ها، همکاری نویسندگان، همکاری کشورها، هم‌استنادی منابع و استخراج خوشه‌های موضوعی، امکان شناسایی ساختار دانش، حوزه‌های پژوهشی مسلط و موضوعات در حال ظهور را فراهم می‌کند. بر این اساس، ارزش افزوده پژوهش حاضر در ارائه یک نقشه شبکه‌ای از ادبیات تاب‌آوری لرزه‌ای شهری در بازه ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ بر پایه داده‌های اسکاپوس و با بررسی هم‌زمان ساختار مفهومی، الگوهای همکاری علمی و روابط استنادی است؛ بنابراین، هدف مطالعه حاضر ارائه یک تحلیل جامع از ادبیات پژوهشی تاب‌آوری لرزه‌ای شهری در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ و شناسایی الگوها، روندها و شکاف‌های پژوهشی به منظور استخراج دلالت‌های کاربردی برای برنامه‌ریزی شهری و مدیریت ریسک در آینده

[1] Bibliometric Analysis
[2] Co-occurrence Analysis

است. در این راستا، پژوهش حاضر با تمرکز مشخص بر تاب‌آوری لرزه‌ای در مقیاس شهر و سیستم شهری، ساختار مفهومی، الگوهای همکاری علمی و روابط استنادی این حوزه را به‌صورت هم‌زمان بررسی می‌کند تا تصویری منسجم‌تر از سازمان‌یافتگی و جهت‌گیری ادبیات پژوهشی این حوزه ارائه دهد.

مبانی نظری پژوهش

تاب‌آوری لرزه‌ای شهری[1] مفهومی میان‌رشته‌ای است که به توانایی سیستم شهری برای جذب، مقاومت و بازیابی پس از زلزله اشاره دارد. نخستین گام در این چارچوب، ارزیابی خطر لرزه‌ای[2] است؛ خطری که به ویژگی‌های رخداد شامل شدت، عمق، فاصله از گسل و شرایط زمین‌شناسی وابسته است (Acharya et al., 2024; Doğan et al., 2025). در ادبیات تحلیل ریسک لرزه‌ای، ریسک لرزه‌ای شهری[3] حاصل تعامل سه مؤلفه خطر، مواجهه[4] و آسیب‌پذیری لرزه‌ای[5] است؛ مؤلفه‌ای که نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان خسارت سازه‌ها و جمعیت دارد (Fischer et al., 2022).

آسیب‌پذیری لرزه‌ای دارای دو بعد اصلی است: آسیب‌پذیری کالبدی[6] شامل کیفیت سازه، نوع بافت و الگوی ساخت‌وساز، و آسیب‌پذیری اجتماعی – اقتصادی[7] شامل درآمد، تراکم و دسترسی به خدمات (Ma et al., 2025). در مقابل، تاب‌آوری لرزه‌ای شهری بر ظرفیت‌های مقاومت، جذب و بازیابی سیستم شهری تأکید و در رویکردهای جدید، نه صرفاً به‌عنوان توانایی کاهش خسارت اولیه، به‌عنوان ظرفیتی پویا برای سازگاری، تداوم عملکرد و بازیابی سیستم شهری در مراحل مختلف پس از اختلال مورد توجه قرار گرفته است (Xie et al., 2025; Zhai et al., 2023).

از این منظر، یکی از مباحث مهم در ادبیات تاب‌آوری لرزه‌ای، تبیین رابطه میان ویژگی‌های فیزیکی شهر، ظرفیت‌های اجتماعی و اقتصادی و قابلیت سازگاری سیستم شهری است؛ درحالی‌که بخشی از مطالعات بر کاهش خطر و آسیب‌پذیری کالبدی تمرکز دارند، رویکردهای دیگر بر نقش ویژگی‌های اجتماعی، اقتصادی و نهادی در شکل‌گیری پیامدهای متفاوت مخاطره تأکید می‌کنند؛ بنابراین، تاب‌آوری لرزه‌ای شهری را نمی‌توان صرفاً بر مبنای مقاومت سازه‌ای یا کاهش خسارت فیزیکی توضیح داد، بلکه باید آن را در ارتباط با ظرفیت‌های مرتبط با ساختار و عملکرد سیستم شهری مورد توجه قرار داد. پیشرفت فناوری‌ها در سال‌های اخیر موجب گسترش تحلیل مکانی و مدل‌سازی فضایی در مطالعات لرزه‌ای شده است. بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی[8]، مدل‌های داده‌محور و الگوریتم‌های یادگیری ماشین[9] مانند Random Forest و XGBoost امکان شناسایی الگوهای خطر و پیش‌بینی رفتار لرزه‌ای را با دقت بیشتری فراهم کرده است (Acharya et al., 2024). همچنین تحلیل شبکه معابر و زیرساخت شهری

[1] Urban Seismic Resilience
[2] Seismic Hazard
[3] Urban Seismic Risk
[4] Exposure
[5] Seismic Vulnerability
[6] Physical Dimensions
[7] Socio-Economic Dimensions
[8] Geographic Information System (GIS)
[9] Machine Learning Algorithms

در تشخیص گلوگاه‌های عملکردی شبکه حمل‌ونقل اهمیت یافته است (Roohi et al., 2024; Boeing & Ha, 2024). روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] نیز همچنان ابزار اصلی وزن‌دهی و رتبه‌بندی مناطق پرریسک باقی مانده‌اند (Banica et al., 2017).

از نظر نظری، این تنوع در رویکردهای مطالعه تاب‌آوری نشان می‌دهد که این مفهوم در یک چارچوب نظری واحد محدود نشده است؛ بلکه از چند سنت فکری مرتبط با پویایی سیستم‌ها، آسیب‌پذیری اجتماعی، پایداری شهری و ساختار فضایی شهر تأثیر پذیرفته است. نظریه چرخه تطبیقی، نظریه آسیب‌پذیری اجتماعی، رویکردهای پایداری شهری و تاب‌آوری اکولوژیکی و همچنین رویکردهای طراحی شهری مقاوم، هر یک بر وجه متفاوتی از ظرفیت تاب‌آوری سیستم شهری تأکید دارند.

نظریه چرخه تطبیقی[2] سیستم شهری را مجموعه‌ای پویا می‌داند که از مراحل رشد، بهره‌برداری، فروپاشی و بازسازماندهی عبور می‌کند و از این طریق، بر اهمیت پویایی زمانی سیستم و ظرفیت آن برای سازگاری و بازتوانی پس از اختلال تأکید دارد (Folke et al., 2010). در مقابل، نظریه آسیب‌پذیری اجتماعی توجه را به تفاوت میان گروه‌های اجتماعی معطوف می‌کند و نشان می‌دهد که ویژگی‌های اقتصادی و جمعیتی می‌توانند در شکل‌گیری شدت متفاوت پیامدهای یک مخاطره نقش داشته باشند (Leichenko, 2011). این دو رویکرد در کنار یکدیگر نشان می‌دهند که تاب‌آوری شهری هم به ظرفیت تغییر و بازسازماندهی سیستم و هم به ویژگی‌ها و ظرفیت‌های متفاوت گروه‌های اجتماعی وابسته است.

در ادامه، رویکردهای پایداری شهری و تاب‌آوری اکولوژیکی بر تعامل میان ساختار کالبدی، زیرساخت‌های حیاتی و ظرفیت بازسازی شهر تمرکز دارند و نقش برنامه‌ریزی و طراحی پایدار را در کاهش آثار مخاطرات و تداوم عملکرد شهری برجسته می‌سازند (Meerow et al., 2016). از سوی دیگر، رویکردهای مرتبط با طراحی شهری مقاوم، سازمان فضایی شهر، ساختار شبکه معابر، اتصال زیرساختی و دسترسی به خدمات حیاتی را مورد توجه قرار می‌دهند و بر اهمیت این ویژگی‌ها در تداوم عملکرد شهری پس از اختلال تأکید دارند (Boeing & Ha, 2024). بدین ترتیب، ادبیات نظری تاب‌آوری لرزه‌ای از تمرکز صرف بر مقاومت فیزیکی فاصله گرفته و به سمت درک تاب‌آوری به‌عنوان پدیده‌ای چندبعدی حرکت کرده است که ظرفیت‌های سیستمی، اجتماعی، کالبدی و فضایی را در بر می‌گیرد.

با وجود این تنوع دیدگاه‌ها، ادبیات موجود نشان می‌دهد که تاب‌آوری لرزه‌ای شهری مفهومی چندلایه است و بررسی آن نیازمند توجه هم‌زمان به خطر، آسیب‌پذیری، ظرفیت سازگاری و ساختار و عملکرد سیستم شهری است. این تنوع مفهومی همچنین ضرورت بررسی چگونگی شکل‌گیری و ارتباط موضوعات مختلف در ادبیات علمی این حوزه را برجسته می‌کند. از این منظر، تحلیل شبکه دانش می‌تواند مکمل رویکردهای نظری موجود باشد و به شناسایی ساختار موضوعی، پیوندهای دانشی و روندهای شکل‌گیری ادبیات پژوهشی تاب‌آوری لرزه‌ای شهری کمک کند.

[1] Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)
[2] Adaptive Cycle Theory

مواد پژوهش

روش‌شناسی

این پژوهش مبتنی بر رویکرد «تحلیل شبکه دانش» است؛ رویکردی معتبر و تثبیت‌شده در حوزه مطالعات کتاب‌سنجی و علم‌سنجی که با هدف شناسایی ساختار دانش، تحلیل روابط میان اسناد علمی، نویسندگان، مفاهیم و منابع پژوهشی و ترسیم نقشه‌های بصری شبکه‌های علمی به‌کار می‌رود. پیاده‌سازی عملی این رویکرد عمدتاً از طریق نرم‌افزار VOSviewer انجام می‌شود؛ نرم‌افزاری که وان‌اِک[1] و والتمن[2] توسعه داده‌اند و به‌طور گسترده برای تحلیل و بصری‌سازی شبکه‌های هم‌ارجاعی[3]، هم‌واژگانی[4] و هم‌نویسندگی[5] استفاده می‌شود. براساس راهنمای رسمی VOSviewer، این نرم‌افزار امکان تحلیل، وزن‌دهی، خوشه‌بندی و نمایش شبکه‌های علمی را فراهم می‌کند و از ابزارهای شناخته‌شده در تحلیل کتاب‌سنجی به‌شمار می‌رود (Van Eck & Waltman, 2022).

در چارچوب تحلیل شبکه دانش، روابط میان عناصر علمی براساس چند نوع تحلیل مکمل بررسی می‌شود. تحلیل هم‌ارجاعی به شناسایی منابعی می‌پردازد که به‌طور مشترک توسط اسناد دیگر مورد استناد قرار گرفته‌اند و از این طریق، آثار بنیادین و جریان‌های نظری مسلط هر حوزه علمی را آشکار می‌سازد. تحلیل هم‌واژگانی با بررسی هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها در متون علمی، خوشه‌های موضوعی و مفاهیم محوری یک حوزه را استخراج می‌کند. تحلیل هم‌نویسندگی نیز شبکه‌های همکاری علمی میان پژوهشگران، سازمان‌ها و کشورها را تبیین می‌کند و الگوهای تولید دانش و کنشگران اثرگذار علمی را مشخص می‌سازد. نتایج این تحلیل‌ها معمولاً در قالب نقشه‌های شبکه‌ای، نقشه‌های تراکمی و نقشه‌های هم‌پوشانی ارائه می‌شوند که امکان شناسایی روندهای تاریخی، حوزه‌های پژوهشی مسلط، موضوعات نوظهور و شکاف‌های دانشی را فراهم می‌کنند. در این پژوهش، این تحلیل‌ها با هدف ترسیم ساختار دانشی و روابط میان مفاهیم، کنشگران علمی و منابع اثرگذار در ادبیات جهانی تاب‌آوری لرزه‌ای شهری به‌صورت مکمل به‌کار گرفته شدند. اعتبار این رویکرد به‌عنوان یکی از استانداردهای اصلی تحلیل کتاب‌سنجی و شبکه دانش در راهنمای رسمی نرم‌افزار مستند شده و در طیف گسترده‌ای از حوزه‌های علمی، از جمله مطالعات جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، به‌کار رفته است (Van Eck & Waltman, 2022).

برای اجرای این پژوهش، داده‌های علمی مرتبط با موضوع «تاب‌آوری لرزه‌ای شهری» از پایگاه اطلاعاتی اسکوپوس[6] گردآوری شد. پایگاه اسکوپوس به دلیل پوشش گسترده بین‌رشته‌ای، نمایه‌سازی استاندارد ارجاعات، کیفیت بالای منابع علمی و امکان استخراج جامع فرادادهها، یکی از مناسب‌ترین پایگاه‌ها برای مطالعات کتاب‌سنجی و تحلیل شبکه دانش به‌شمار می‌رود. در این مطالعه، اسناد دارای ارزش تحلیلی شامل مقالات پژوهشی، مقالات مروری، کتاب‌ها و فصول کتاب در فرآیند تحلیل لحاظ شدند و برخی انواع اسناد با ارزش علمی محدود، نظیر نامه به سردبیر

[1] Van Eck
[2] Waltman
[3] Co-citation
[4] Co-word
[5] Co-Authorship
[6] Scopus

یا گزارش‌های کوتاه، از مجموعه داده‌ها حذف شد. بازه زمانی جست‌وجو سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ را دربر گرفت و زبان اسناد به انگلیسی محدود شد تا یکپارچگی داده‌ها و قابلیت مقایسه نتایج حفظ شود.

راهبرد جست‌وجوی اسناد علمی به‌گونه‌ای طراحی شد که مفاهیم مرتبط با ریسک لرزه‌ای، آسیب‌پذیری، تاب‌آوری شهری و ابعاد برنامه‌ریزی و تحلیل فضایی شهرها را به‌طور هم‌زمان پوشش دهد. جست‌وجو در سطح عنوان، چکیده و کلیدواژه‌ها (TITLE-ABS-KEY) انجام شد و برای افزایش جامعیت بازیابی، از ترکیب واژه‌های کلیدی با عملگر منطقی OR استفاده شد. افزون بر این، فیلترهای مربوط به حوزه‌های موضوعی، نوع منبع، نوع سند و زبان اعمال شد تا دامنه نتایج دقیقاً به حوزه‌های مرتبط با تاب‌آوری لرزه‌ای شهری محدود شود. فیلتر زمانی اعمال‌شده (PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2026) معادل بازهٔ ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ است و با بازه زمانی تعریف‌شده در عنوان و چارچوب پژوهش انطباق دارد. راهبرد جست‌وجو بر مفاهیم هسته‌ای مرتبط با خطر، آسیب‌پذیری و تاب‌آوری لرزه‌ای شهری متمرکز شد و با توجه به هدف نهایی پژوهش، مفاهیم محیطی – اکولوژیک به‌عنوان محور مستقل جست‌وجو تعریف نشدند؛ ازاین‌رو، حضور یا عدم حضور این مفاهیم در شبکه دانشی، در چارچوب نتایج به‌دست‌آمده از همین راهبرد جست‌وجو تفسیر شده است.

راهبرد نهایی جست‌وجو که مبنای استخراج داده‌های این پژوهش قرار گرفت، به‌صورت کامل در کادر زیر ارائه شده است:

```
TITLE-ABS-KEY ( "Urban Seismic Risk" OR "Earthquake Risk Analysis" OR "Seismic Hazard Assessment" OR "Urban Earthquake Vulnerability" OR "Urban Resilience" OR "Spatial Seismic Risk" OR "Seismic Risk Modeling" OR "Earthquake Risk Mapping" OR "Seismic Vulnerability Assessment") AND PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2026 AND ( LIMIT-TO ( SRCTYPE , "j") OR LIMIT-TO ( SRCTYPE , "k" ) OR LIMIT-TO ( SRCTYPE , "b" ) ) AND ( LIMIT-TO (SUBJAREA , "EART" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "SOCI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) ) AND (LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ch" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "bk" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Urban Resilience" ) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Urban Planning" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Seismic Hazard" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Seismic Hazard Assessment" ) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Probabilistic Seismic Hazard Assessment" ) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Seismic Vulnerability" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Seismic Vulnerability Assessment" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Seismic Risk" ) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "GIS")
```

معیارهای ورود و خروج اسناد

به‌منظور شفافیت و بازتولیدپذیری فرایند انتخاب اسناد، معیارهای ورود و خروج استفاده‌شده در مرحله بازیابی داده‌ها در جدول (۱) ارائه شدند و این معیارها براساس محدودیت‌های اعمال‌شده در راهبرد جست‌وجوی نهایی پایگاه اسکوپوس تعیین شدند.

جدول ۱. معیارهای ورود و خروج اسناد

Table 1. Inclusion and Exclusion Criteria for Documents

ردیف	معیار	معیار ورود	معیار خروج
۱	پایگاه اطلاعاتی	اسکاپوس	سایر پایگاه‌های اطلاعاتی
۲	بازه زمانی	۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵	اسناد خارج از بازه زمانی تعیین‌شده
۳	زبان	انگلیسی	سایر زبان‌ها
٤	نوع سند	مقاله، مقاله مروری، کتاب و فصل کتاب	سایر انواع اسناد (نامه به سردبیر، گزارش کوتاه، سخن سردبیر و غیره)
۵	حوزه موضوعی	علوم زمین، علوم اجتماعی و مهندسی	سایر حوزه‌های موضوعی
٦	محل جست‌وجو	عنوان، چکیده و کلیدواژه‌ها (TITLE-ABS-KEY)	اسنادی که معیارهای واژگانی راهبرد جست‌وجو را برآورده نمی‌کردند.
۷	کلیدواژه‌های دقیق	Urban Resilience ،Urban Planning ،Seismic Hazard، Seismic Hazard Assessment ، Probabilistic Seismic Hazard Assessment ، Seismic Vulnerability ،Seismic Vulnerability Assessment ،Seismic Risk و GIS	اسنادی که محدودیت کلیدواژه‌ای تعیین‌شده را برآورده نمی‌کردند.

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۵) (Source: Research Findings, 2026)

جست‌وجوی اولیه با ترکیب گسترده‌تری از کلیدواژه‌ها و حوزه‌های موضوعی ۸,۵۷٤ سند را بازیابی کرد. بررسی مقدماتی نشان داد که حجم بالای اسناد، به‌ویژه در نتیجهٔ گنجاندن حوزه‌های موضوعی حاشیه‌ای و کلیدواژه‌های عمومی‌تر، موجب افزایش نویز مفهومی و پیچیدگی شبکه‌های تحلیلی می‌شد. بر این اساس، راهبرد جست‌وجو طی چند مرحله بازبینی و تدقیق شد تا با افزایش دقت موضوعی و کاهش نویز، مجموعه داده‌ای متناسب با هدف پژوهش تشکیل شود؛ این بازبینی شامل کاهش دامنهٔ حوزه‌های موضوعی[1] به سه حوزهٔ مرتبط‌تر (علوم زمین، علوم اجتماعی و مهندسی) و تدقیق فهرست کلیدواژه‌های اختصاصی[2] بود.

جدول ۲. مراحل تدقیق راهبرد جست‌وجو و تشکیل مجموعه داده نهایی

Table 2. Stages of Refining the Search Strategy and Constructing the Final Dataset

مرحله	تعداد اسناد
جست‌وجوی اولیه، پیش از تدقیق راهبرد جست‌وجو	۸,۵۷٤
مجموعه نهایی پس از تدقیق راهبرد و اعمال فیلترهای نهایی	۳,٤٤۹

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۵) (Source: Research Findings, 2026)

با بازبینی و تدقیق راهبرد جست‌وجو و اعمال فیلترهای نهایی تعیین‌شده، درمجموع ۳,٤٤۹ سند علمی به‌عنوان مجموعه داده نهایی برای انجام تحلیل شبکه دانش به دست آمد (جدول ۲). پس از استخراج داده‌ها، فایل نهایی

[1] SUBJAREA
[2] EXACTKEYWORD

به‌صورت رکورد کامل همراه با فهرست منابع[1] و در قالب CSV[2] دریافت شد. سپس فرآیند پاک‌سازی و استانداردسازی داده‌ها شامل حذف رکوردهای تکراری، یکسان‌سازی کلیدواژه‌ها، اصلاح نام نویسندگان و همسان‌سازی وابستگی‌های سازمانی با استفاده از فایل Thesaurus انجام گرفت. این مرحله با هدف کاهش خطای ناشی از تنوع صوری در ثبت نام نویسندگان، سازمان‌ها و کلیدواژه‌های هم‌معنا انجام شد و پیش از اجرای تحلیل‌های هم‌رخدادی و هم‌نویسندگی در نرم‌افزار VOSviewer تکمیل شد. استانداردسازی کلیدواژه‌ها، نام نویسندگان و وابستگی‌های سازمانی برای جلوگیری از ایجاد گره‌های مجزا برای مواردی با صورت‌های نوشتاری متفاوت انجام شد؛ بنابراین، داده‌های استانداردشده، مبنای تشکیل شبکه‌های هم‌رخدادی و هم‌نویسندگی قرار گرفتند.

جدول ۳. تنظیمات آستانه‌ای تحلیل‌های شبکه دانش در VOSviewer

Table 3. Threshold Settings for Knowledge Network Analyses in VOSviewer

ردیف	نوع تحلیل	معیار آستانه	مقدار	تعداد واجد شرایط
۱	هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها	حداقل فراوانی وقوع	۵	۳۸۸ از ۸۶۵۳ کلیدواژه
۲	هم‌نویسندگی نویسندگان	حداقل تعداد اسناد	۵	۲۰۲ از کل نویسندگان
۳	هم‌نویسندگی سازمان‌ها	حداقل تعداد اسناد	۵	۲۴۵ از کل سازمان‌ها
۴	هم‌نویسندگی کشورها	حداقل تعداد اسناد / حداقل استناد	۰ / ۵	۸۰ از ۱۳۷ کشور
۵	هم‌ارجاعی منابع	حداقل تعداد هم‌ارجاعی	۲۰	۱۰۳ از ۶۱۷۴ مرجع

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۵) (Source: Research Findings, 2026)

در مرحله تحلیل، داده‌های پاک‌سازی‌شده وارد نرم‌افزار VOSviewer نسخه ۱.۶.۲۰ شد و تحلیل‌های کتاب‌سنجی با استفاده از روش شمارش کامل[3] انجام گرفت. تحلیل هم‌واژگانی با حداقل فراوانی پنجبار برای کلیدواژه‌های نویسندگان اجرا شد تا خوشه‌های موضوعی حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری شناسایی شود. تحلیل هم‌نویسندگی در سطوح نویسندگان، سازمان‌ها و کشورها برای بررسی شبکه‌های همکاری علمی انجام گرفت. همچنین تحلیل هم‌ارجاعی برای شناسایی منابع نظری اثرگذار و آثار پایه حوزه به‌کار رفت و تحلیل هم‌منبع[4] نیز برای بررسی نزدیکی موضوعی میان مقالات جدیدتر استفاده شد. خروجی این تحلیل‌ها در قالب نقشه‌های شبکه‌ای، تراکمی و هم‌پوشانی مبنای تفسیر نتایج پژوهش قرار گرفت.

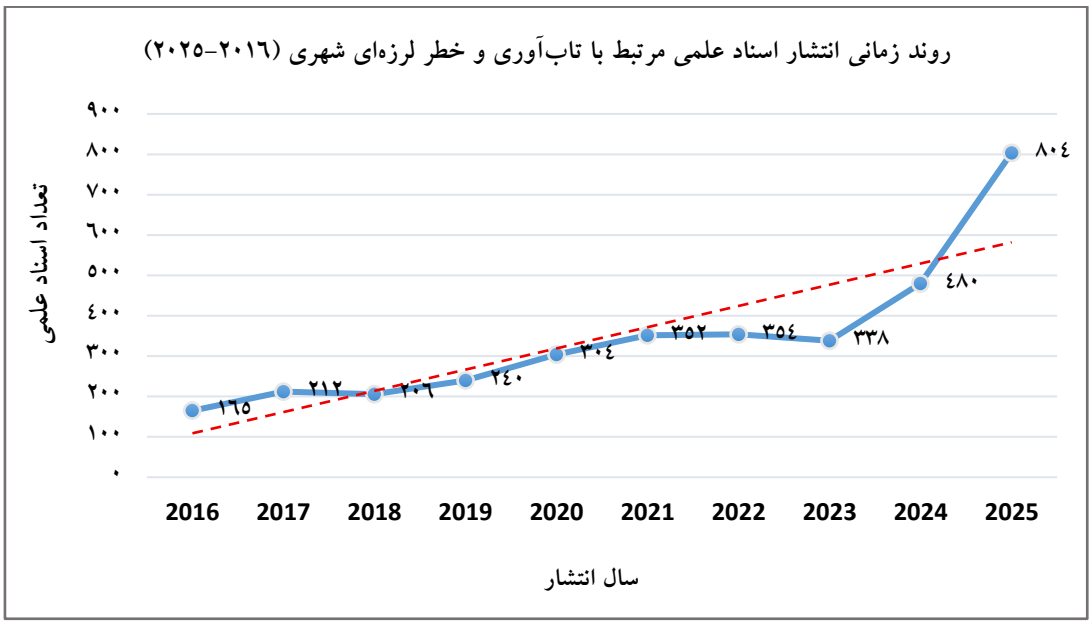
به‌منظور افزایش شفافیت و قابلیت بازتولید تحلیل‌های شبکه‌ای، تنظیمات آستانه‌ای[5] استفاده‌شده در تحلیل‌های مختلف VOSviewer در جدول (۳) ارائه شده است. همچنین، در تمامی تحلیل‌های شبکه از روش شمارش کامل[6] استفاده شد.

[1] Full Record & References
[2] Comma-Separated Values
[3] Full Counting
[4] Bibliographic Coupling
[5] Threshold
[6] Full Counting

یافته‌های پژوهش

تحلیل روند انتشارات ادبیات موضوعی

در این پژوهش، با اجرای راهبرد جست‌وجوی تعیین‌شده و اعمال پالایه‌های مدنظر، درمجموع ۳۴۴۹ سند علمی به‌عنوان مجموعه نهایی داده‌ها استخراج شد. بازه زمانی بررسی شامل سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ بوده و زبان اسناد به انگلیسی محدود شده است. بررسی توزیع زمانی اسناد علمی نشان می‌دهد که تعداد انتشارات در سال ۲۰۱۶ برابر با ۱۶۵ سند بوده است. این مقدار در سال ۲۰۱۷ به ۲۱۲ سند افزایش یافته و در سال ۲۰۱۸ با ثبت ۲۰۶ سند در سطحی نزدیک به سال قبل باقی مانده است. در سال ۲۰۱۹ تعداد اسناد به ۲۴۰ مورد رسیده و در سال ۲۰۲۰ برابر با ۳۰۴ سند ثبت شده است. روند افزایشی تعداد انتشارات در سال‌های بعد نیز ادامه داشته و تعداد اسناد در سال ۲۰۲۱ برابر با ۳۵۲ سند و در سال ۲۰۲۲ برابر با ۳۵۴ سند گزارش شده است. در سال ۲۰۲۳ تعداد اسناد منتشرشده ۳۳۸ مورد بوده است. در ادامه، در سال ۲۰۲۴ بیشترین تعداد اسناد با ۴۸۰ مورد در کل دوره زمانی بررسی ثبت شده است. همچنین در سال ۲۰۲۵ تعداد ۸۰۴ سند علمی در پایگاه داده نمایه شده است که با توجه به تاریخ جست‌وجو، شامل اسناد پذیرفته‌شده و در حال انتشار نیز می‌شود. بر این اساس، تعداد اسناد نمایه‌شده در سال ۲۰۲۵ نسبت به سال ۲۰۱۶ حدود ۴/۹ برابر بیشتر است و میانگین نرخ رشد سالانه در این بازه نزدیک به ۲۰ درصد بوده است. توزیع زمانی اسناد علمی در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱. روند انتشار اسناد علمی مرتبط با تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری در پایگاه داده اسکوپوس طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵

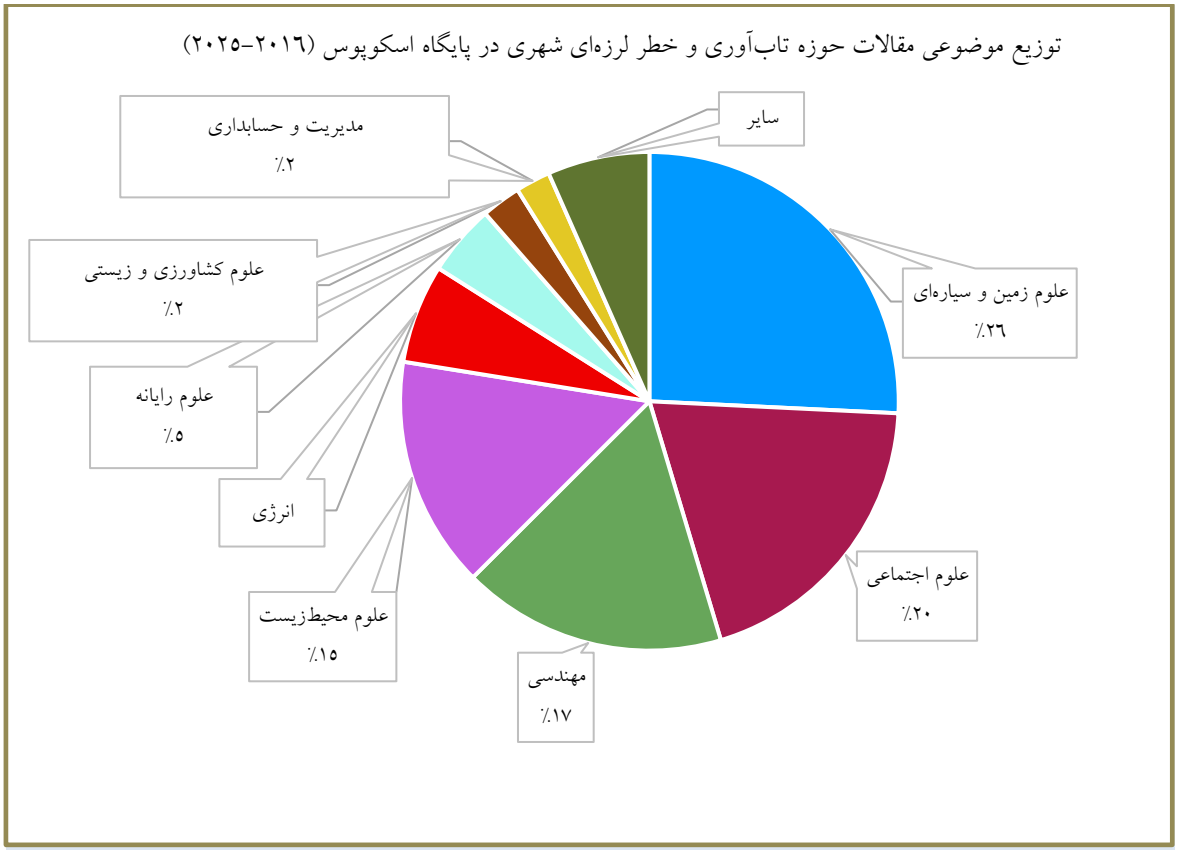
منبع: پایگاه داده Scopus (۲۰۲۶)، تحلیل با نرم‌افزار EXCEL.

Figure 1. Publication Trends of Scientific Documents Related to Urban Seismic Resilience and Seismic Hazard in the Scopus Database, 2016–2025

Source: Scopus Database (2026); analysis by Microsoft Excel.

حوزه‌های موضوعی اسناد علمی منتشرشده

بررسی حوزه‌های موضوعی اسناد علمی استخراج‌شده نشان می‌دهد که بیشترین تعداد انتشارات به حوزه علوم زمین و سیاره‌ای با ۱۷۵۱ سند اختصاص دارد. پس از آن، حوزه‌های علوم اجتماعی با ۱۳۳۲ سند، مهندسی با ۱۱۶۵ سند و علوم محیط‌زیست با ۱۰۲۱ سند بیشترین سهم را در میان اسناد علمی به خود اختصاص داده‌اند. در رتبه‌های بعدی، حوزه‌های انرژی با ٤۳٦ سند، علوم رایانه با ۳۱۳ سند، علوم کشاورزی و زیستی با ۱۷٤ سند و مدیریت و حسابداری با ۱۵۳ سند، قرار دارند. سایر حوزه‌های علمی از جمله هنر و علوم انسانی، علوم مواد، فیزیک و نجوم و اقتصاد و مالی سهم کمتری از اسناد منتشرشده را شامل می‌شوند. توزیع حوزه‌های موضوعی اسناد علمی در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل ۲. حوزه‌های موضوعی اسناد علمی منتشرشده مرتبط با تاب‌آوری شهری در پایگاه داده اسکوپوس طی سال‌های ۲۰۱٦ تا ۲۰۲۵

منبع: پایگاه داده Scopus (۲۰۲٦)، تحلیل با نرم‌افزار EXCEL

Figure 2. Subject Areas of Scientific Documents Related to Urban Seismic Resilience in the Scopus Database, 2016–2025

Source: Scopus Database (2026); analysis by Microsoft Excel.

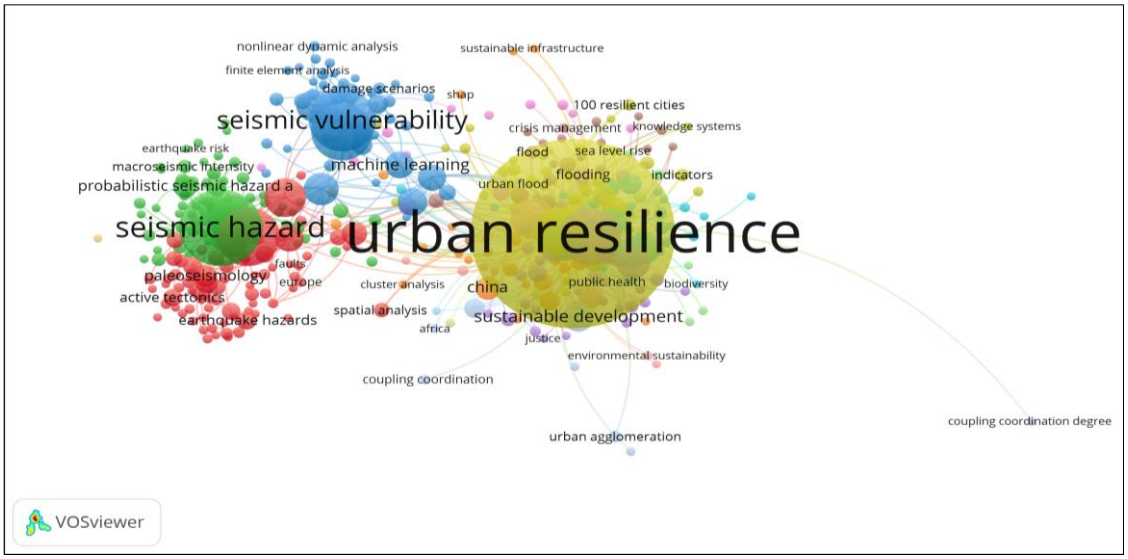
تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها در حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

به‌منظور شناسایی ساختار مفهومی و خوشه‌های دانشی حوزه «تاب‌آوری لرزه‌ای شهری»، تحلیل هم‌رخدادی هم‌واژگانی با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer نسخه ۱.٦.۲۰ انجام شد. در این تحلیل، «کلیدواژه‌های تعریف‌شده

توسط نویسندگان»[1] به‌عنوان واحد تحلیل و «هم‌رخدادی» به‌عنوان نوع تحلیل انتخاب شد. این رویکرد امکان شناسایی روابط مفهومی میان موضوعات پژوهشی و ساختار دانشی ادبیات علمی را فراهم می‌کند.

مجموعه داده‌های مورد بررسی شامل ۳۴۴۹ سند علمی نمایه‌شده در پایگاه اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ بود که پس از پالایش و استانداردسازی داده‌ها وارد فرایند تحلیل شد. در مجموع، ۸۶۵۳ کلیدواژه از اسناد استخراج شد. به‌منظور تمرکز بر مفاهیم پرتکرار و معنادار و جلوگیری از شلوغی بیش‌ازحد شبکه، حداقل آستانه تکرار کلیدواژه‌ها برابر با ۵ در نظر گرفته شد. بر این اساس، ۳۸۸ کلیدواژه شرایط ورود به تحلیل نهایی را احراز کردند.

در نقشه شبکه‌ای حاصل، هر گره نمایانگر یک کلیدواژه و هر پیوند بیانگر هم‌رخدادی دو کلیدواژه در یک یا چند سند علمی است. اندازه گره‌ها متناسب با میزان فراوانی تکرار کلیدواژه‌ها و ضخامت پیوندها متناسب با قدرت پیوند کل[2] تنظیم شده است. خوشه‌بندی کلیدواژه‌ها به‌صورت خودکار و براساس الگوریتم خوشه‌بندی VOSviewer انجام شد و هر خوشه با رنگی مجزا نمایش داده شده است (شکل ۳).



شکل ۳. هم‌رخدادی واژگان کلیدی پژوهش‌ها در زمینه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲۶؛ تحلیل با VOSviewer

Figure 3. Co-occurrence of Keywords in Studies on Urban Seismic Resilience
Source: Scopus Database, 2026; Analysis using VOSviewer

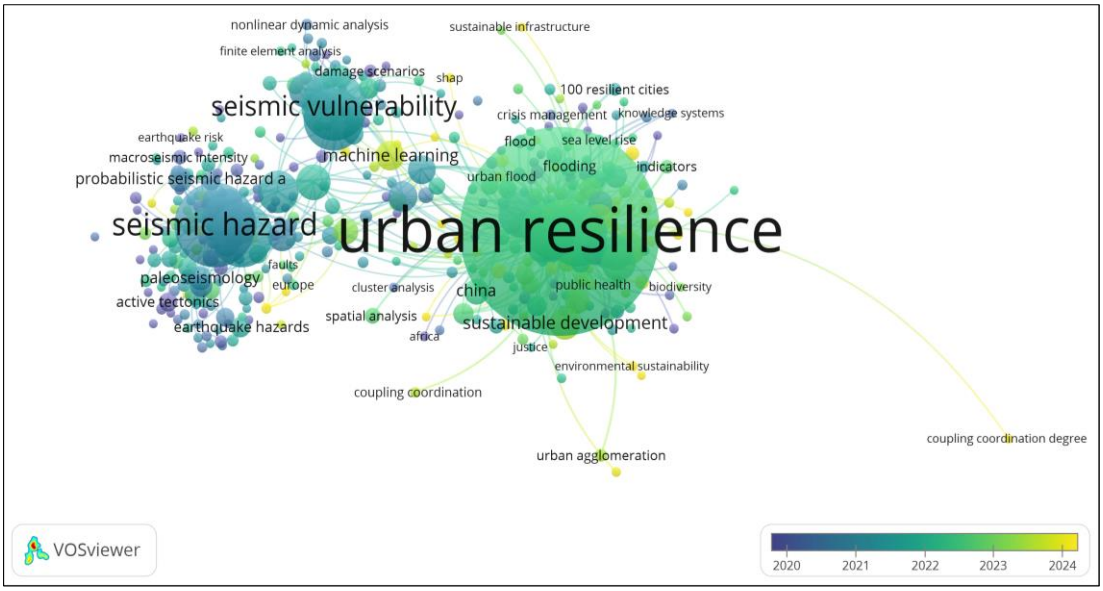
در شکل (۳)، برخی مفاهیم دارای نقش محوری در شبکه هم‌رخدادی هستند. براساس شاخص فراوانی و قدرت پیوند کل، کلیدواژه urban resilience با ۱۱۹۶ تکرار و قدرت پیوند کل ۱۸۰۷ پرتکرارترین و اثرگذارترین مفهوم در شبکه محسوب می‌شود. پس از آن، کلیدواژه‌هایی مانند seismic hazard (۲۴۵ تکرار)، seismic vulnerability (۱۷۲ تکرار)، seismic hazard assessment (۱۵۵ تکرار) و seismic vulnerability assessment (۱۴۵ تکرار)، جایگاه

[1] Author Keywords
[2] Total Link Strength

برجسته‌ای در ساختار مفهومی پژوهش‌ها دارند. حضور هم‌زمان مفاهیمی نظیر urban planning، sustainability، climate change و GIS بیانگر ماهیت میان‌رشته‌ای مطالعات تاب‌آوری لرزه‌ای شهری است.

نمای پوششی[1] کلیدواژه‌ها (تحلیل زمانی مفاهیم)

به‌منظور بررسی تغییرات زمانی و روند تحول مفاهیم پژوهشی، نمای پوششی کلیدواژه‌ها ترسیم شد (شکل ٤). در این نما، هر گره نمایانگر یک کلیدواژه و اندازه آن بیانگر میزان فراوانی وقوع آن در اسناد علمی مورد بررسی است؛ درحالی‌که پیوندها نشان‌دهنده روابط هم‌رخدادی میان کلیدواژه‌ها هستند. رنگ گره‌ها بر اساس میانگین سال انتشار اسنادی که هر کلیدواژه در آنها به‌کار رفته، تعیین شده است؛ به‌گونه‌ای که رنگ‌های تیره‌تر (آبی و بنفش) بیانگر مفاهیمی هستند که عمدتا در سال‌های ابتدایی بازه زمانی مطالعه مورد توجه قرار گرفته‌اند و رنگ‌های روشن‌تر (سبز تا زرد) نشان‌دهنده مفاهیم جدیدتر و پرتکرارتر در سال‌های اخیر هستند. همان‌گونه که در شکل ٤ مشاهده می‌شود، کلیدواژه‌هایی نظیر urban resilience، seismic hazard و seismic vulnerability در مرکز شبکه قرار گرفته‌اند و با طیف وسیعی از مفاهیم دیگر ارتباط دارند که نشان‌دهنده نقش محوری آنها در ساختار دانشی حوزه مورد مطالعه است. در مقابل، برخی کلیدواژه‌ها در حاشیه شبکه و با رنگ‌های روشن‌تر ظاهر شده‌اند که بیانگر ورود تدریجی این مفاهیم به ادبیات پژوهشی در سال‌های اخیر است. این نما امکان مشاهده هم‌زمان ساختار شبکه‌ای مفاهیم و توزیع زمانی آنها را فراهم می‌کند و تصویری کلی از پویایی زمانی واژگان کلیدی بدون ورود به تفسیر محتوایی ارائه می‌دهد.



شکل ٤. نمای پوششی واژگان کلیدی پژوهش‌های تاب‌آوری لرزه‌ای شهری در گذر زمان

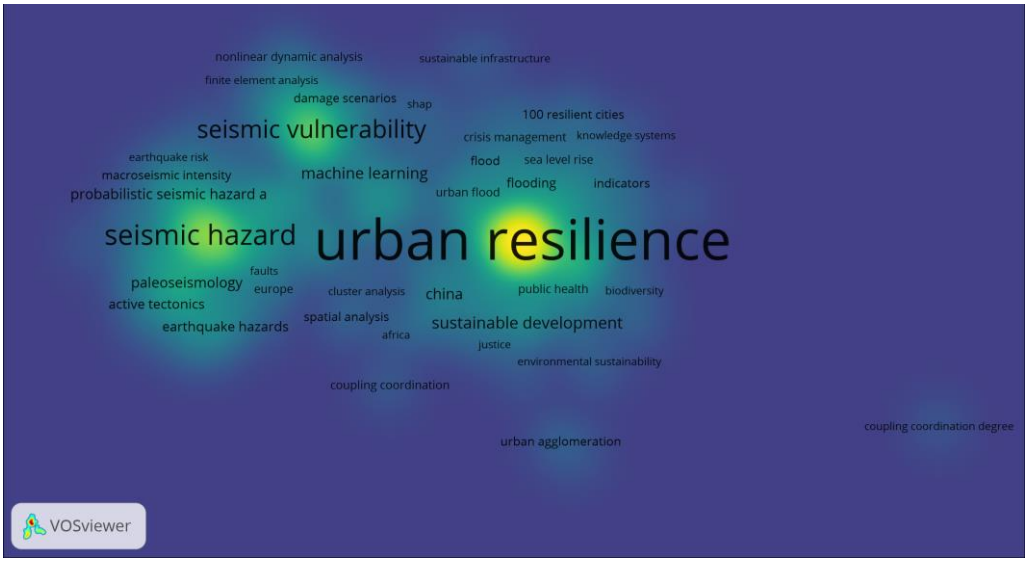
منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲٦؛ تحلیل با VOSviewer

Figure 4. Temporal Overlay of Keywords in Studies on Urban Seismic Resilience
Source: Scopus Database, 2026; Analysis using VOSviewer

[1] Overlay Visualization

خوشه‌بندی مبتنی بر انباشتگی واژگان کلیدی مرتبط با تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

«نقشه تراکمی واژگان کلیدی»[1]، شدت تمرکز و فراوانی مفاهیم مرتبط با تاب‌آوری لرزه‌ای شهری را در ادبیات علمی مورد بررسی نشان می‌دهد (شکل ۵). در این نما، رنگ‌های گرم‌تر (زرد و سبز روشن) بیانگر نواحی با تراکم بالاتر واژگان و ارتباطات قوی‌تر میان آنها هستند؛ درحالی‌که رنگ‌های سردتر (آبی تیره) نشان‌دهنده مفاهیم با فراوانی و پیوند کمتر می‌باشند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، واژه‌های«urban resilience»، «seismic hazard» و «seismic vulnerability» بیشترین تراکم را در مرکز نقشه به خود اختصاص داده‌اند که حاکی از فراوانی بالای کاربرد و پیوند گسترده آنها با سایر مفاهیم است. پیرامون این هسته مرکزی، مفاهیمی مانند «sustainable development»، «machine learning»، «probabilistic seismic hazard»، «paleoseismology» و «active tectonics» با شدت تراکمی متوسط قرار گرفته‌اند و نشان‌دهنده نقش مکمل آنها در ساختار دانشی این حوزه هستند. در مقابل، برخی واژگان در حاشیه نقشه و با تراکم پایین‌تر ظاهر شده‌اند که بیانگر حضور محدودتر یا تخصصی‌تر آنها در پژوهش‌های تاب‌آوری لرزه‌ای شهری است. این نقشه تصویری کلی از توزیع فضایی و شدت تمرکز مفاهیم کلیدی در شبکه هم‌رخدادی ارائه می‌دهد.



شکل ۵. انباشتگی واژگان کلیدی پژوهش‌های مرتبط با تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲۶؛ تحلیل باVOSviewer

Figure 5. Keyword Density of Studies on Urban Seismic Resilience
Source: Scopus Database, 2026; Analysis using VOSviewer

توصیف آماری پرتکرارترین کلیدواژه‌های حوزه تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری

به‌منظور ارائه تصویری کمّی از مفاهیم غالب، ۲۰ کلیدواژه نخست بر اساس فراوانی تکرار و قدرت پیوند کل استخراج و در قالب جدول ٤ ارائه شد. این جدول شامل شاخص‌های «فراوانی تکرار»[2] و «قدرت پیوند کل»[3] استخراج شده

[1] Density Visualization
[2] Occurrences
[3] Total Link Strength

است. شاخص فراوانی تکرار، تعداد دفعات حضور هر کلیدواژه در اسناد علمی را نشان می‌دهد و قدرت پیوند کل، بیانگر میزان و شدت ارتباط آن کلیدواژه با سایر مفاهیم در شبکه هم‌رخدادی است. این اطلاعات به‌عنوان مکمل نقشه‌های شبکه‌ای و تراکمی استفاده شده‌اند.

جدول ٤. پرتکرارترین کلیدواژه‌ها در پژوهش‌های تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری

Table 4. Most Frequent Keywords in Studies on Urban Seismic Resilience and Hazards

ردیف	Keyword (کلیدواژه)	Occurrences (فراوانی)	Total link strength (قدرت پیوند کل)
۱	urban resilience (تاب‌آوری شهری)	۱۱۹۶	۱۸۰۷
۲	seismic hazard (خطر لرزه‌ای)	۲٤٥	۳۳٦
۳	seismic vulnerability (آسیب‌پذیری لرزه‌ای)	۱۷۲	۲۲۷
٤	seismic hazard assessment (ارزیابی خطر لرزه‌ای)	۱٥٥	۱٦۰
٥	climate change (تغییر اقلیم)	۱٤۸	٤۰۸
٦	seismic vulnerability assessment (ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای)	۱٤٥	۱۷۷
۷	urban planning (برنامه‌ریزی شهری)	۱۱٤	۳۰۸
۸	Resilience (تاب‌آوری)	۸٤	۱٦۳
۹	Sustainability (پایداری)	۸۲	۲۱٤
۱۰	earthquake (زلزله)	۷٤	۱٤۲
۱۱	peak ground acceleration (حداکثر شتاب زمین)	٦٥	۱٤۲
۱۲	seismic risk (ریسک لرزه‌ای)	٥٦	۱۳٥
۱۳	green infrastructure (زیرساخت سبز)	٥٥	۱۳۷
۱٤	urban sustainability (پایداری شهری)	٥٤	۱۳۰
۱٥	nature-based solutions (راهکارهای مبتنی بر طبیعت)	٤۹	۱۱٤
۱٦	sustainable development (توسعه پایدار)	٤٦	۱۰۷
۱۷	GIS (سامانه اطلاعات جغرافیایی)	٤۱	۱۰۲
۱۸	climate adaptation (سازگاری با تغییر اقلیم)	٤۰	۱۲۲
۱۹	earthquakes (زمین‌لرزه‌ها)	٤۰	۱۱۰
۲۰	Vulnerability (آسیب‌پذیری)	۳۸	۱۰۲

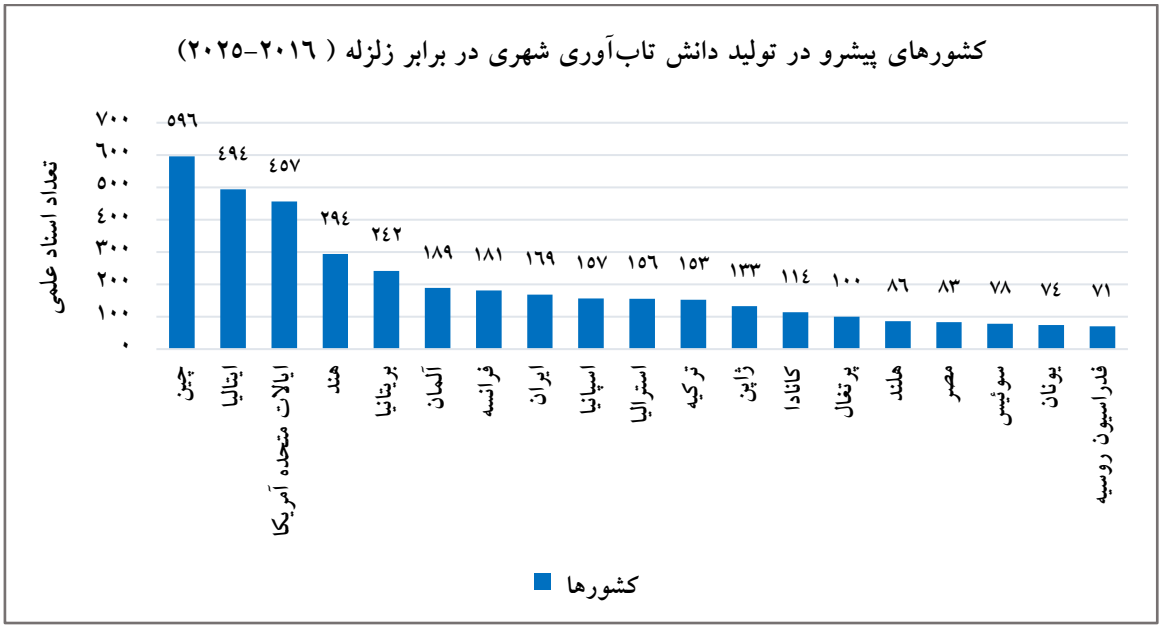
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰٥) (Source: Research Findings, 2026)

کشورهای پیشرو در تولید پژوهش‌های تاب‌آوری لرزه‌ای شهری (۲۰۱٦–۲۰۲٥)

شکل ٦، توزیع کشورهای پیشرو در تولید اسناد علمی مرتبط با تاب‌آوری شهری در برابر زلزله را طی دوره زمانی ۲۰۱٦ تا ۲۰۲٥ نشان می‌دهد. براساس داده‌های استخراج‌شده از پایگاه اسکوپوس، چین با ٥۹٦ سند علمی در رتبه نخست قرار دارد و پس از آن ایالات متحده آمریکا با ٤۹٤ سند و ایتالیا با ٤٥۷ سند بیشترین سهم تولید علمی را به خود اختصاص داده‌اند. کشورهای ژاپن (۲۹٤ سند)، ترکیه (۲٤۲ سند) و آلمان (۱۸۹ سند) نیز در رده‌های بعدی قرار

دارند. همچنین کشورهایی مانند فرانسه (۱۸۱)، ایران (۱۶۹)، اسپانیا (۱۵۷) و استرالیا (۱۵۶) سهم درخور توجهی از پژوهش‌های این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. در میان ۲۰ کشور برتر، حضور هم‌زمان کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه نشان‌دهنده گستردگی جغرافیایی مطالعات مرتبط با تاب‌آوری لرزه‌ای شهری است. تعداد اسناد در سایر کشورها از جمله ترکیه، ژاپن، کانادا، پرتغال، هند، مصر، سوئیس، یونان و فدراسیون روسیه در بازه‌ای بین ۷۱ تا ۱۳۳ سند متغیر بوده است که بیانگر مشارکت علمی پیوسته این کشورها در این حوزه پژوهشی است.

براساس داده‌های استخراج‌شده از پایگاه اسکوپوس از سال ۲۰۱۶ تا سال ۲۰۲۵، ایران با ۱۶۹ سند علمی در رتبه هشتم حوزه تاب‌آوری شهری در برابر زلزله در میان کشورهای مورد بررسی قرار دارد. این میزان تولید علمی نشان‌دهنده حضور فعال پژوهشگران و مراکز علمی کشور در مطالعات مرتبط با مخاطرات لرزه‌ای، آسیب‌پذیری شهری و برنامه‌ریزی تاب‌آور است. اسناد منتشرشده از سوی ایران عمدتاً به موضوعاتی نظیر ارزیابی خطر و ریسک لرزه‌ای، آسیب‌پذیری سازه‌ها، برنامه‌ریزی شهری و کاربرد ابزارهای تحلیلی مانند GIS پرداخته‌اند که جایگاه ایران را در شبکه تولید دانش این حوزه نشان می‌دهد.



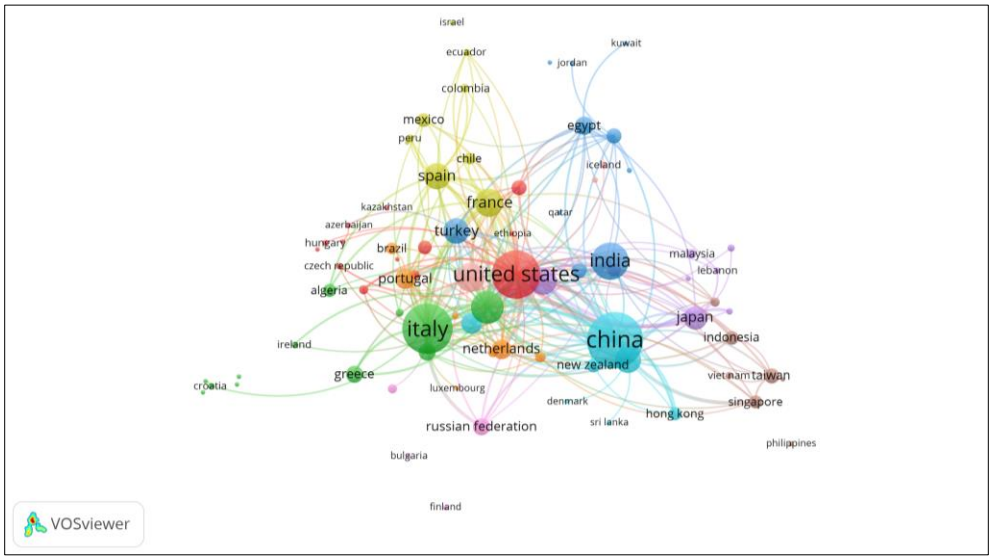
شکل ٦. کشورهای پیشرو در تولید پژوهش‌های مرتبط با تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵

منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲٦، تحلیل با نرم‌افزار EXCEL

Figure 6. Leading Countries in Research on Urban Seismic Resilience and Hazards, 2016–2025
Source: Scopus Database, 2026; Analysis using Excel

نقشه شبکه هم‌نویسندگی بین‌کشوری پژوهش‌های مرتبط با تاب‌آوری لرزه‌ای شهری با استفاده از نرم‌افزار VOSviewerو بر مبنای داده‌های پایگاه اسکوپوس ترسیم شد (شکل ۷). در این تحلیل، حداقل آستانه تعداد اسناد و استناد برای هر کشور برابر با ۵ در نظر گرفته شد که بر این اساس، از میان ۱۳۷ کشور مشارکت‌کننده در تولید اسناد علمی، تعداد ۸۰ کشور واجد شرایط ورود به تحلیل شبکه تشخیص داده شدند. برای هر یک از این کشورها، مجموع

قدرت پیوندهای هم‌نویسندگی با سایر کشورها محاسبه شد و شبکه حاصل، ساختار کلی همکاری‌های علمی بین‌المللی را در قالب خوشه‌های رنگی مجزا نمایش می‌دهد. در این شبکه، اندازه گره‌ها متناسب با تعداد اسناد هر کشور و ضخامت پیوندها بیانگر قدرت همکاری علمی میان کشورهاست. کشورهایی نظیر ایالات متحده آمریکا (٤٤٥ سند، قدرت پیوند کل ٤٢٢)، ایتالیا (٤٨٦ سند، قدرت پیوند کل ٣٣٤)، چین (٥٨٦ سند، قدرت پیوند کل ٣٢٣) و بریتانیا (٢٣١ سند، قدرت پیوند کل ٢٩٠) در موقعیت‌های مرکزی شبکه قرار دارند و بیشترین سطح تعاملات علمی را نشان می‌دهند. پس از آن، کشورهایی مانند فرانسه، آلمان، استرالیا، اسپانیا و ژاپن نیز با قدرت پیوند قابل توجه در خوشه‌های مختلف شبکه حضور دارند. همچنین ایران با ١٦٥ سند علمی، ٢٤٧٢ استناد و قدرت پیوند کل ١٢٤ در میان کشورهای منتخب شبکه قرار گرفته است که بیانگر سطح درخور توجهی از مشارکت و ارتباطات پژوهشی بین‌المللی در این حوزه است. این شبکه، الگوی کلی هم‌نویسندگی و توزیع همکاری‌های علمی بین کشورها در زمینه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری را به‌صورت ساختاریافته نشان می‌دهد.



شکل ۷. شبکه هم‌نویسندگی بین‌کشوری در پژوهش‌های تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲٦؛ تحلیل با VOSviewer

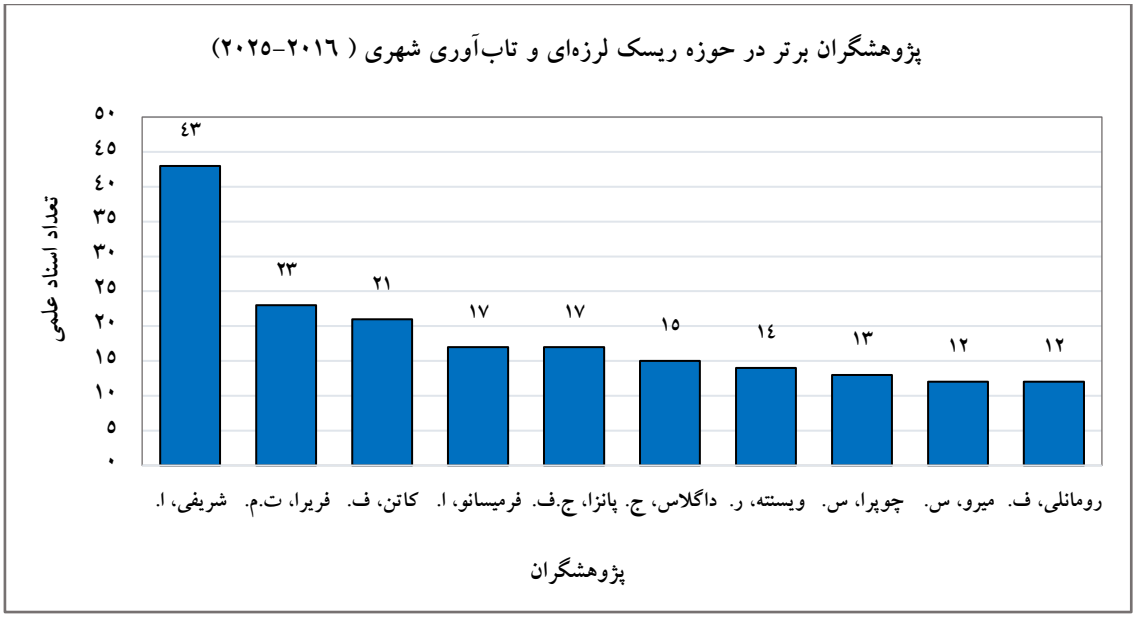
Figure 7. International Co-authorship Network in Studies on Urban Seismic Resilience
Source: Scopus database, 2026; analysis using VOSviewer.

پژوهشگران برتر در حوزه ریسک لرزه‌ای و تاب‌آوری شهری

نویسندگان و پژوهشگران متعددی از کشورهای مختلف در حوزه ریسک لرزه‌ای و تاب‌آوری شهری به انتشار آثار علمی پرداخته‌اند. به‌منظور شناسایی پژوهشگران فعال‌تر، تعداد اسناد علمی منتشرشده توسط ۱۰ نویسنده برتر به‌صورت مقایسه‌ای بررسی شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، «شریفی، ا.»[1] (مؤسسه IDEC، دانشگاه هیروشیما، ژاپن)

[1] **Sharifi, A.** (The IDEC Institute and Network for Education and Research on Peace and Sustainability (NERPS), Hiroshima University, Japan).

با ۴۳ سند علمی بیشترین تعداد انتشارات را در این حوزه به خود اختصاص داده است. پس از آن، «فریرا، ت.م.»[1] (دانشگاه غرب انگلستان، بریستول، بریتانیا) با ۲۳ سند علمی و «کاتن، ف.»[2] (مرکز پژوهشی علوم زمین آلمان(GFZ) ، پوتسدام، آلمان) با ۲۱ سند در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین پژوهشگرانی مانند «فرمیسانو، ا.»[3] (دانشگاه ناپل فدریکو دوم، ایتالیا) و «پانزا، ج.ف.»[4] (آکادمی ملی لینچی، ایتالیا / مؤسسه ژئوفیزیک، اداره زلزله چین)، هر کدام با ۱۷ سند، سهم درخور توجهی از تولیدات علمی را به خود اختصاص داده‌اند. سایر پژوهشگران برتر شامل «داگلاس، ج.»[5] (دانشگاه استراتکلاید، گلاسگو، بریتانیا)، «ویسنته، ر.»[6] (دانشگاه آویرو، پرتغال)، «چوپرا، س.»[7] (مؤسسه پژوهش‌های لرزه‌نگاری، هند)، «میرو، س.»[8] (دانشگاه ایالتی آریزونا، آمریکا) و «رومانلی، ف.»[9] (دانشگاه تریسته، ایتالیا) هستند که تعداد اسناد منتشرشده آنها بین ۱۲ تا ۱۵ سند متغیر است. توزیع کلی پژوهشگران برتر در این حوزه در شکل (۸) ارائه شده است.



شکل ۸. پراکنش پژوهشگران برتر در حوزه تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵

منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲۶، تحلیل با نرم‌افزار EXCEL

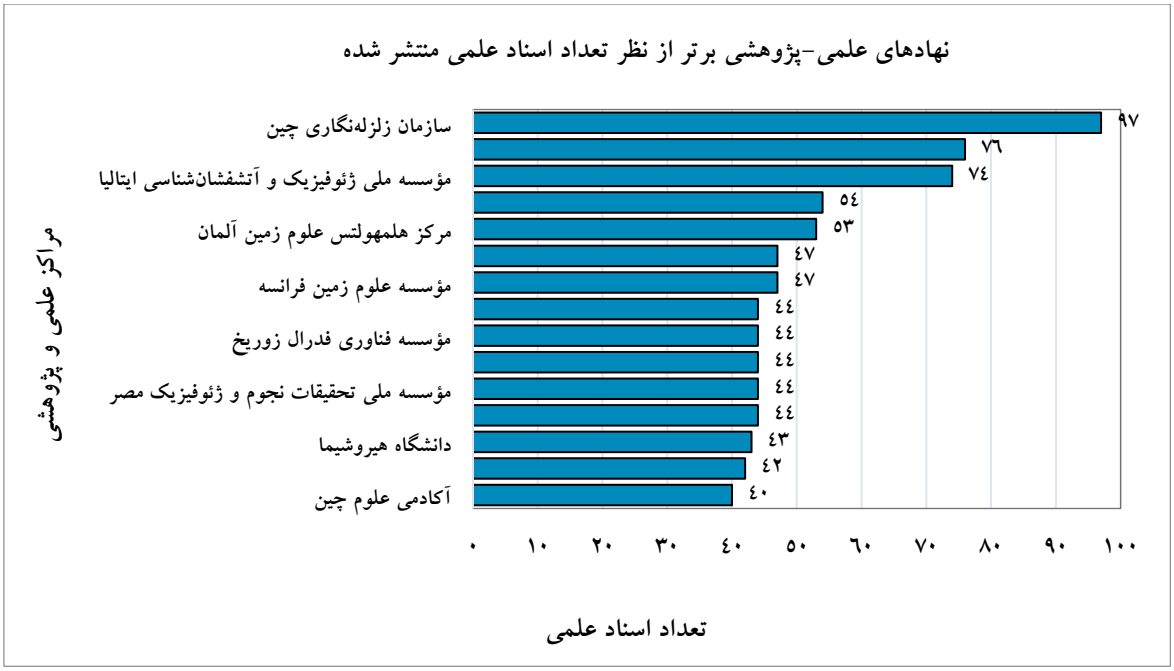
Figure 8. Distribution of Leading Researchers in the Field of Urban Seismic Resilience and Seismic Risk, 2016–2025
Source: Scopus database, 2026; analysis using Excel.

[1] **Ferreira, T.M.** (University of the West of England, Department of Geography and Environmental Management, Bristol, United Kingdom).
[2] **Cotton, F.** (Seismic Hazard and Risk Dynamics, Helmholtz Centre Potsdam – German Research Centre for Geosciences (GFZ), Potsdam, Germany
[3] **Formisano, A**. (University of Naples Federico II, Naples, Italy).
[4] **Panza, G.F.** (Accademia Nazionale dei Lincei, Rome, Italy; Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing, China).
[5] **Douglas, J**. (Department of Civil and Environmental Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom).
[6] **Vicente, R.** (RISCO Research Centre, Department of Civil Engineering, University of Aveiro, Aveiro, Portugal).
[7] **Chopra, S.** (Institute of Seismological Research, Gandhinagar, India).
[8] **Meerow, S.** (School of Geographical Sciences and Urban Planning, Arizona State University, Tempe, United States).
[9] **Romanelli, F.** (Department of Mathematics, Informatics and Geosciences, University of Trieste, Trieste, Italy).

کانون‌های بزرگ پژوهشگری فعال در حوزه ریسک لرزه‌ای و تاب‌آوری شهری

بررسی توزیع نهادی تولیدات علمی نشان می‌دهد که فعالیت پژوهشی در حوزه ریسک لرزه‌ای و تاب‌آوری شهری در میان مجموعه‌ای از نهادهای علمی و پژوهشی بین‌المللی متمرکز شده است (شکل ۹). براساس داده‌های استخراج‌شده از پایگاه اسکوپوس، «سازمان زلزله‌نگاری چین» با انتشار ۹۷ سند علمی در رتبه نخست قرار دارد و بیشترین سهم از تولیدات علمی این حوزه را به خود اختصاص داده است. پس از آن، «مرکز ملی پژوهش‌های علمی فرانسه» با ۷۶ سند و «مؤسسه ملی ژئوفیزیک و آتشفشان‌شناسی ایتالیا» با ۷۴ سند علمی در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند.

در میان دانشگاه‌ها، «دانشگاه ناپل فدریکو دوم» با ۵۴ سند علمی و «دانشگاه هیروشیما» با ۴۳ سند از جمله فعال‌ترین مراکز دانشگاهی در این حوزه محسوب می‌شوند. همچنین «مرکز هلمهولتس علوم زمین آلمان» با ۵۳ سند جایگاه درخور توجهی در میان مؤسسات پژوهشی تخصصی علوم زمین دارد. سایر نهادهای علمی شامل «آکادمی علوم روسیه» و «مؤسسه علوم زمین فرانسه» هر یک با ۴۷ سند و مجموعه‌ای از دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی بین‌المللی نظیر «دانشگاه پلی‌تکنیک میلان»، «مؤسسه فناوری فدرال زوریخ»، «مؤسسه پژوهش برای توسعه فرانسه»، «دانشگاه گرونوبل آلپ» و «مؤسسه ملی تحقیقات نجوم و ژئوفیزیک مصر» هر کدام با ۴۴ سند علمی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در سطح نهادهای دولتی و آکادمیک چین، «وزارت آموزش‌وپرورش جمهوری خلق چین» با ۴۲ سند و «آکادمی علوم چین» با ۴۰ سند علمی در میان مراکز پرتولید این حوزه مشاهده می‌شوند.



شکل ۹. توزیع مراکز پژوهشی برتر در حوزه تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری طی سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵

منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲۶، تحلیل با نرم‌افزار EXCEL

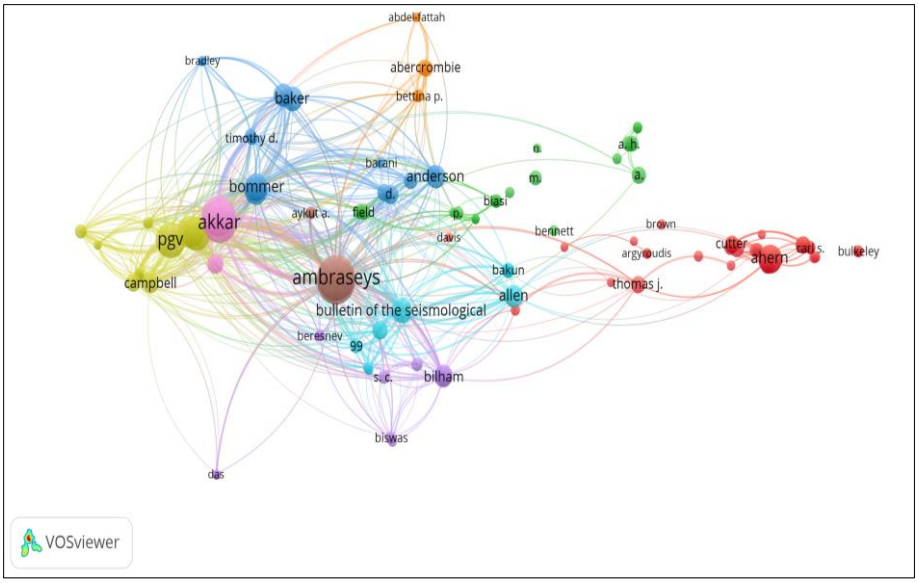
Figure 9. Distribution of Leading Research Centers in the Field of Urban Seismic Resilience and Seismic Risk, 2016–2025

Source: Scopus database, 2026; analysis using Excel.

در میان دانشگاه‌ها، «دانشگاه ناپل فدریکو دوم» با ٥٤ سند علمی و «دانشگاه هیروشیما» با ٤٣ سند از جمله فعال‌ترین مراکز دانشگاهی در این حوزه محسوب می‌شوند. همچنین «مرکز هلمهولتس علوم زمین آلمان» با ٥٣ سند جایگاه درخور توجهی در میان مؤسسات پژوهشی تخصصی علوم زمین دارد. سایر نهادهای علمی شامل «آکادمی علوم روسیه» و «مؤسسه علوم زمین فرانسه» هر یک با ٤٧ سند، و مجموعه‌ای از دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی بین‌المللی نظیر «دانشگاه پلی‌تکنیک میلان»، «مؤسسه فناوری فدرال زوریخ»، «مؤسسه پژوهش برای توسعه فرانسه»، «دانشگاه گرونوبل آلپ» و «مؤسسه ملی تحقیقات نجوم و ژئوفیزیک مصر» هر کدام با ٤٤ سند علمی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در سطح نهادهای دولتی و آکادمیک چین، «وزارت آموزش‌وپرورش جمهوری خلق چین» با ٤٢ سند و «آکادمی علوم چین» با ٤٠ سند علمی در میان مراکز پرتولید این حوزه مشاهده می‌شوند.

الگوی هم‌ارجاعی منابع علمی در پژوهش‌های تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

الگوی هم‌ارجاعی منابع علمی مرتبط با تاب‌آوری لرزه‌ای شهری با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer و بر مبنای داده‌های پایگاه اسکوپوس ترسیم شد (شکل ١٠). در این تحلیل، از مجموع ٦١٧٤ مرجع مورد استناد در اسناد علمی، حداقل آستانه ٢٠ بار هم‌ارجاعی برای هر مرجع در نظر گرفته شد که درنتیجه، ١٠٣ مرجع واجد شرایط ورود به شبکه هم‌ارجاعی شناسایی شدند. شبکه حاصل، ساختاری خوشه‌بندی‌شده و نسبتاً متراکم را نشان می‌دهد که در آن چند خوشه اصلی علمی قابل تشخیص است. در میان گره‌های شبکه، مراجعی همچون Ambraseys، Bommer، Baker، Akkar، Allen و Campbell با اندازه بزرگ‌تر و پیوندهای متعدد، در موقعیت‌های مرکزی قرار دارند که بیانگر میزان بالای هم‌ارجاعی و نقش محوری آنها در شکل‌گیری بنیان‌های نظری حوزه است. همچنین حضور مفاهیم و نویسندگان مرتبط با شاخص‌های لرزه‌ای نظیر PGA و PGV در خوشه‌های مختلف، نشان‌دهنده تمرکز مطالعات بر ارزیابی خطر لرزه‌ای، مدل‌سازی جنبش زمین و تحلیل ریسک است. پیوندهای متعدد میان خوشه‌ها حاکی از هم‌پوشانی جریان‌های علمی و تعامل مفهومی میان رویکردهای مهندسی زلزله، ارزیابی خطر و مطالعات تاب‌آوری شهری در بدنه دانش این حوزه است.



شکل ۱۰. شبکه هم‌ارجاعی منابع علمی حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری (حداقل ۲۰ بار هم‌ارجاعی)

منبع: پایگاه داده Scopus، ۲۰۲۶؛ تحلیل با VOSviewer

Figure 10. Co-citation Network of Scientific References in the Field of Urban Seismic Resilience (Minimum of 20 Co-citations)
Source: Scopus database, 2026; analysis using VOSviewer.

بحث و بررسی

هدف اصلی این پژوهش، تبیین ساختار دانشی، روندهای پژوهشی و الگوهای غالب در ادبیات علمی مرتبط با «تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری» طی دوره زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ بوده است. برای دستیابی به این هدف، مجموعه‌ای شامل ۳۴۴۹ سند علمی نمایه‌شده در پایگاه اسکوپوس مورد تحلیل کتاب‌سنجی و شبکه دانش قرار گرفت. بهره‌گیری هم‌زمان از روش‌های تحلیل روند انتشارات، هم‌رخدادی واژگان کلیدی، هم‌نویسندگی بین‌کشوری، تحلیل نهادی و هم‌ارجاعی منابع، امکان ترسیم تصویری جامع از ساختار مفهومی، بازیگران کلیدی و جریان‌های دانشی این حوزه را فراهم ساخت. استفاده از تحلیل‌های شبکه‌ای و بصری‌سازی دانش از طریق نرم‌افزار VOSviewer، زمینه درک عمیق‌تر از پویایی‌ها و تعاملات علمی میان پژوهش‌ها را ایجاد کرد.

یافته‌های مربوط به روند زمانی انتشار اسناد نشان داد که پژوهش‌های مرتبط با تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری طی دهه اخیر رشد درخور توجهی داشته‌اند. این الگوی رشد با یافته‌های مطالعات کتاب‌سنجی مشابه در حوزه‌های نزدیک همخوانی دارد؛ برای نمونه، بررسی سیستماتیک ۴۲۲۹ سند حوزه ارزیابی خطر و آسیب‌پذیری لرزه‌ای (۱۹۸۲–۲۰۲۳) نیز روندی سه‌مرحله‌ای را نشان می‌دهد که مرحله سوم آن («جهش قابل توجه»، از سال ۲۰۱۷ به بعد) با روند شتاب‌گیری تولیدات علمی در پژوهش حاضر هم‌راستا است (Liu et al., 2024). این هم‌راستایی، با وجود تفاوت در بازه زمانی و دامنه جست‌وجوی دو مطالعه، نشان می‌دهد که رشد مشاهده‌شده در پژوهش حاضر با گسترش توجه علمی به موضوعات خطر، آسیب‌پذیری و تاب‌آوری لرزه‌ای همراه بوده است؛ بااین‌حال، از این مقایسه

نمی‌توان رابطه علّی میان تحولات واقعی خطر لرزه‌ای و افزایش تولیدات علمی را استنتاج کرد. تمرکز بخش عمده‌ای از انتشارات در حوزه‌های علوم زمین و سیاره‌ای (۱۷۵۱ سند)، علوم اجتماعی (۱۳۳۲ سند)، مهندسی (۱۱۶۵ سند) و علوم محیط‌زیست (۱۰۲۱ سند) نیز نشان‌دهنده ماهیت میان‌رشته‌ای این حوزه است.

تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها نشان داد که ساختار مفهومی ادبیات تاب‌آوری لرزه‌ای شهری پیرامون مجموعه‌ای از مفاهیم محوری شکل گرفته است. در این میان، کلیدواژه «تاب‌آوری شهری» با ۱۱۹۶ تکرار و قدرت پیوند کل ۱۸۰۷، در مرکز شبکه مفهومی قرار دارد که بیانگر نقش بنیادین این مفهوم در ادبیات مورد بررسی است. پس از آن، مفاهیمی نظیر «خطر لرزه‌ای» (۲۴۵ تکرار)، «آسیب‌پذیری لرزه‌ای» (۱۷۲ تکرار) و «ارزیابی خطر و آسیب‌پذیری لرزه‌ای» جایگاه برجسته‌ای در شبکه هم‌رخدادی دارند. هم‌زمان، حضور مفاهیمی مانند برنامه‌ریزی شهری، پایداری، تغییر اقلیم، GIS، راهکارهای مبتنی بر طبیعت و زیرساخت سبز نشان می‌دهد که پژوهش‌های معاصر از رویکردهای صرفاً مهندسی فاصله گرفته و به سمت چارچوب‌های تلفیقی و سیستم‌محور حرکت کرده‌اند. این الگوی گذار با یافته‌های حوزهٔ گسترده‌تر تاب‌آوری شهری نیز سازگار است؛ مرور نظام‌مند اخیر بر روی ۸۷۲۷ سند حوزه تاب‌آوری شهری (۲۰۰۰–۲۰۲۴) نشان می‌دهد این حوزه به‌طور کلی سه مرحله تحول را طی کرده است: شکل‌گیری مفهومی و بنیان نظری (۲۰۰۰–۲۰۰۸)، گسترش سریع و یکپارچه‌سازی فناورانه (۲۰۰۹–۲۰۱۸)، و پاسخ به بحران‌های پیچیده (۲۰۱۹ به بعد)، با گذاری کلی از رویکرد «تاب‌آوری مهندسی» به‌سوی «تاب‌آوری سیستمی» چندبعدی (Han et al., 2026). داده‌های پژوهش حاضر، با نمایش هم‌رخدادی روزافزون کلیدواژه‌هایی مانند یادگیری ماشین، راهکارهای مبتنی بر طبیعت و سازگاری با تغییر اقلیم در سال‌های اخیر (شکل ۳)، نشانه‌های همسویی با همین روند کلان‌تر را در زیرحوزهٔ تاب‌آوری لرزه‌ای به نمایش می‌گذارد. از این منظر، هم‌رخدادی این مفاهیم را می‌توان نشانه گسترش دامنه مفهومی تاب‌آوری لرزه‌ای شهری دانست؛ به‌گونه‌ای که در کنار تداوم مفاهیم فنی مرتبط با خطر و آسیب‌پذیری مفاهیم شهری و فناورانه نیز در ساختار دانش این حوزه جایگاه چشمگیری دارند؛ با این حال، کلیدواژه‌های صریحاً مرتبط با ابعاد فضایی – محیطی، از جمله «تحلیل فضایی»، «برنامه‌ریزی فضایی»، «محیط ساخته‌شده» و «کاربری اراضی»، در شبکه هم‌رخدادی با فراوانی محدود (۵ تا ۱۹ تکرار) و به‌صورت پراکنده در چند خوشه مختلف حضور دارند و یک خوشه مستقل و منسجم را تشکیل نمی‌دهند. این الگو نشان می‌دهد که مفاهیم فضایی –محیطی در ادبیات بررسی‌شده، در مقایسه با مفاهیم مرکزی شبکه، هنوز جایگاهی نوظهور و حاشیه‌ای دارند و نمی‌توان آنها را یک محور مفهومی مستقل و غالب در ساختار دانش این حوزه تلقی کرد.

نمای پوششی کلیدواژه‌ها (شکل ٤) نیز نشان داد که مفاهیم بنیادی نظیر «تاب‌آوری شهری» و «خطر لرزه‌ای» از ابتدای دوره مورد بررسی در کانون توجه قرار داشته‌اند؛ درحالی‌که مفاهیمی مانند یادگیری ماشین، راهکارهای مبتنی بر طبیعت، سازگاری با تغییر اقلیم و توسعه پایدار شهری عمدتاً با رنگ‌های روشن‌تر ظاهر شده‌اند که بیانگر ورود تدریجی آنها به ادبیات پژوهشی در سال‌های اخیر است. این تغییرات زمانی، نشان‌دهنده پویایی دانش و گذار تدریجی پژوهش‌ها از ارزیابی‌های کلاسیک خطر به سمت رویکردهای نوین، داده‌محور و آینده‌نگر در حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری است؛ بنابراین، این تحول را می‌توان بیشتر به‌صورت گسترش تدریجی چارچوب پژوهش‌ها تفسیر کرد تا

جایگزینی کامل رویکردهای کلاسیک؛ زیرا مفاهیم خطر و آسیب‌پذیری همچنان در ساختار شبکه حضور محوری دارند و در کنار آنها موضوعات جدیدتر به تدریج برجسته شده‌اند.

در سطح جغرافیای علم، نتایج نشان داد که چین (۵۹۶ سند)، ایالات متحده آمریکا (٤٩٤ سند) و ایتالیا (٤٥٧ سند) بیشترین سهم را در تولید پژوهش‌های مرتبط با تاب‌آوری و خطر لرزه‌ای شهری داشته‌اند. این الگوی جغرافیایی با یافته‌های مطالعات کتاب‌سنجی مشابه در حوزهٔ نزدیک ارزیابی خطر لرزه‌ای قابل مقایسه است؛ برای نمونه، مطالعهٔ لیو و همکاران نیز ایتالیا، چین و ایالات متحده را به‌عنوان سه کشور برتر (به‌ترتیب با ۱۰۷۱، ۷۹٦ و ٦٨٤ سند در بازهٔ ۱۹۸۲–۲۰۲۳) معرفی کرده و ایران را نیز در میان ده کشور برتر جای داده است (Liu et al., 2024). تکرار این الگوی جغرافیایی مشابه در دو مطالعهٔ مستقل، با وجود تفاوت در بازهٔ زمانی و عبارت جست‌وجو، می‌تواند نشانه‌ای از پایداری ساختاری این توزیع جغرافیایی در ادبیات علمی حوزهٔ مخاطرات لرزه‌ای باشد که می‌تواند ناشی از ترکیب عواملی همچون زلزله‌خیزی بالا، تجربه تاریخی زمین‌لرزه‌های مخرب، سرمایه‌گذاری گسترده در پژوهش‌های مخاطرات طبیعی و وجود زیرساخت‌های علمی پیشرفته در این کشورها باشد. حضور ایران با ۱٦۹ سند علمی در میان کشورهای برتر نیز نشان‌دهنده جایگاه قابل توجه پژوهشگران داخلی در این حوزه و مشارکت فعال آنها در تولید دانش مرتبط با خطرات لرزه‌ای، آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی تاب‌آور شهری است.

تحلیل شبکه هم‌نویسندگی بین‌کشوری نشان داد که همکاری‌های علمی در این حوزه از ساختاری نسبتاً متراکم برخوردار است و کشورهایی نظیر ایالات متحده آمریکا (قدرت پیوند کل ٤٢٢)، ایتالیا (۳۳٤)، چین (۳۲۳) و بریتانیا (۲۹۰) در موقعیت‌های مرکزی شبکه قرار دارند. این یافته با الگوی گزارش‌شده در مطالعهٔ لیو و همکاران روی ادبیات ارزیابی خطر لرزه‌ای همخوانی دارد که در آن نیز ایتالیا، ایالات متحده و ژاپن به‌عنوان مناطق آغازین شکل‌گیری گروه‌های همکاری علمی شناسایی شده‌اند و تراکم پایین شبکهٔ نهادی (چگالی ۰/۰۱۸۸) به‌عنوان نشانه‌ای از همکاری بین‌نهادی محدود در سطح جهانی گزارش شده است (Liu et al., 2024). مقایسهٔ این دو مطالعه نشان می‌دهد که تمرکز نسبی همکاری‌های علمی در میان مجموعه‌ای از قطب‌های پژوهشی، در هر دو بدنه ادبیات مشاهده می‌شود؛ بااین‌حال، تفاوت در جامعه اسناد، دوره زمانی و روش‌های انتخاب داده‌ها ایجاب می‌کند این شباهت به‌عنوان یک الگوی قابل مقایسه تفسیر شود، نه یک رابطه قطعی میان دو شبکه. این الگو بیانگر آن است که تولید دانش در حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری به‌طور فزاینده‌ای مبتنی بر تعاملات بین‌المللی و همکاری‌های فرامرزی است؛ امری که با ماهیت جهانی مخاطرات لرزه‌ای و اشتراک چالش‌های شهری در مناطق مختلف جهان همخوانی دارد. جایگاه ایران در این شبکه با قدرت پیوند کل ۱۲٤ نیز نشان‌دهنده سطحی پذیرفتنی از ارتباطات علمی بین‌المللی است که با رتبهٔ مشابه ایران (رتبهٔ چهارم با ۳۱۰ سند) در مطالعهٔ لیو و همکاران همسو است؛ هرچند همچنان ظرفیت گسترش همکاری‌های پژوهشی وجود دارد.

درنهایت، تحلیل هم‌ارجاعی منابع علمی نشان داد که بنیان‌های نظری حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری بر مجموعه‌ای از آثار مرجع در زمینه مهندسی زلزله، ارزیابی خطر و مدل‌سازی جنبش زمین استوار است. از میان ٦۱۷٤ مرجع مورد استناد، تعداد ۱۰۳ منبع با حداقل ۲۰ بار هم‌ارجاعی شناسایی شدند که خوشه‌های دانشی نسبتاً منسجمی را شکل

داده‌اند. حضور نویسندگانی همچون Ambraseys، Bommer، Baker، Akkar، Allen و Campbell در موقعیت‌های مرکزی شبکه هم‌ارجاعی، بیانگر نقش کلیدی آنها در شکل‌گیری چارچوب‌های نظری و روش‌شناختی این حوزه است. این یافته با نتایج مطالعهٔ لیو و همکاران نیز قابل مقایسه است (Liu et al., 2024)؛ در آن مطالعه نیز Cornell C.A (بنیان‌گذار تحلیل خطر لرزه‌ای مهندسی) و Baker J.W (توسعه‌دهندهٔ روش‌های انتخاب حرکت زمین بر مبنای طیف مشروط) به‌عنوان پراستنادترین نویسندگان شناسایی شده‌اند. تکرار حضور Baker در هر دو تحلیل هم‌ارجاعی، با وجود تفاوت در پایگاه داده (Scopus در برابر Web of Science) و بازهٔ جست‌وجو نشان‌دهنده تداوم نقش برخی آثار مرجع مهندسی زلزله در ساختار دانش مرتبط با ارزیابی خطر و تاب‌آوری لرزه‌ای است. از این منظر، هم‌ارجاعی منابع نشان می‌دهد که گسترش مفهوم تاب‌آوری شهری در ادبیات مورد بررسی به معنای گسست از بنیان‌های مهندسی زلزله نیست؛ بلکه این بنیان‌ها همچنان در ساختار دانشی حوزه حضور دارند.

درمجموع، مقایسه یافته‌های مربوط به کلیدواژه‌ها و هم‌ارجاعی نشان می‌دهد که مهم‌ترین تحول قابل مشاهده در این ادبیات، هم‌زمانی تداوم بنیان‌های فنی با گسترش مفاهیم میان‌رشته‌ای تاب‌آوری شهری است. از نظر نظری، این الگو بر اهمیت ارتباط میان ارزیابی خطر و آسیب‌پذیری لرزه‌ای با مفاهیم گسترده‌تر تاب‌آوری شهری تأکید دارد. از نظر پژوهشی نیز، حضور هم‌زمان مفاهیم فنی، برنامه‌ریزی، محیطی و فناورانه نشان می‌دهد که بررسی تاب‌آوری لرزه‌ای شهری نیازمند توجه هم‌زمان به این جریان‌های دانشی است.

محدودیت‌های پژوهش

با وجود جامعیت داده‌ها و بهره‌گیری از روش‌های متنوع تحلیل شبکه دانش، این پژوهش با برخی محدودیت‌ها مواجه است که نتایج آن باید با توجه به آنها تفسیر شوند. نخست آنکه داده‌های استفاده‌شده صرفاً از پایگاه استنادی اسکوپوس استخراج شده‌اند و درنتیجه، اسنادی که در سایر پایگاه‌های علمی بین‌المللی یا منطقه‌ای نمایه نشده‌اند، در تحلیل وارد نشده‌اند؛ امری که می‌تواند بر پوشش کامل ادبیات موضوعی تأثیرگذار باشد؛ بنابراین، الگوهای تولید و همکاری علمی شناسایی‌شده در این پژوهش بازتاب‌دهنده ادبیات نمایه‌شده در اسکوپوس هستند و لزوماً نماینده تمام تولیدات علمی موجود در این حوزه نیستند. دوم، تعیین آستانه‌های تحلیلی در تحلیل‌های هم‌رخدادی، هم‌نویسندگی و هم‌ارجاعی (مانند حداقل فراوانی کلیدواژه‌ها یا تعداد هم‌ارجاعی منابع) تا حدی وابسته به قضاوت پژوهشگر است و تغییر این آستانه‌ها می‌تواند به ساختارهای شبکه‌ای متفاوتی منجر شود؛ ازاین‌رو، جزئیات مربوط به خوشه‌بندی و ساختار شبکه‌ها باید در چارچوب آستانه‌های تحلیلی تعیین‌شده در این پژوهش تفسیر شوند. سوم، تمرکز پژوهش بر بازه زمانی ۲۰۱٦ تا ۲۰۲۵، اگرچه امکان تحلیل روندهای معاصر را فراهم می‌کند، مانع از بررسی ریشه‌های تاریخی و تحولات بلندمدت‌تر دانش در این حوزه می‌شود؛ درنتیجه، یافته‌های این پژوهش عمدتاً بیانگر ساختار و روندهای دانش در این بازه زمانی هستند و نباید به‌عنوان تصویری کامل از تحول تاریخی این حوزه در دوره‌های پیش از ۲۰۱٦ تفسیر شوند. درنهایت، تحلیل‌های شبکه‌ای انجام‌شده عمدتاً ماهیتی کمّی و ساختاری دارند و تفسیر محتوایی عمیق روابط علمی و مفهومی مستلزم مطالعات تکمیلی کیفی است که می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد؛

بنابراین، روابط و خوشه‌های شناسایی‌شده در این مطالعه بیانگر الگوهای ساختاری موجود در داده‌های کتاب‌سنجی هستند و برای تبیین عمیق محتوای علمی و مفهومی آنها بررسی متن کامل مطالعات کلیدی ضروری است.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان می‌دهد که ادبیات تاب‌آوری لرزه‌ای شهری در دوره ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ از یک حوزه عمدتاً متکی بر مطالعات خطر و آسیب‌پذیری لرزه‌ای به سوی حوزه‌ای میان‌رشته‌ای‌تر حرکت کرده است که در آن تاب‌آوری شهری، برنامه‌ریزی، پایداری و رویکردهای داده‌محور نیز در ساختار دانش آن حضور یافته‌اند. این پژوهش با بهره‌گیری از تحلیل شبکه دانش و داده‌های پایگاه اسکاپوس، ساختار و جهت‌گیری ادبیات پژوهشی تاب‌آوری لرزه‌ای شهری را در بازه ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ از منظر ساختار مفهومی، همکاری علمی و روابط استنادی بررسی کرد.

از منظر مفهومی، ساختار دانش این حوزه همچنان بر مفاهیم بنیادی مرتبط با تاب‌آوری، خطر و آسیب‌پذیری لرزه‌ای استوار است؛ اما هم‌زمان حضور مفاهیمی مانند برنامه‌ریزی شهری، پایداری، GIS، سازگاری اقلیمی و راهکارهای مبتنی بر طبیعت، گسترش دامنه موضوعی پژوهش‌ها را نشان می‌دهد؛ بنابراین، می‌توان گفت تحول این حوزه صرفاً به افزایش موضوعات مورد مطالعه محدود نشده است؛ بلکه با گسترش پیوند میان ارزیابی خطر و آسیب‌پذیری و نگاه گسترده‌تر به عملکرد و ظرفیت سازگاری سیستم شهری همراه بوده است.

از منظر همکاری علمی، ساختار شبکه نشان می‌دهد که تولید و ارتباطات علمی این حوزه در میان مجموعه‌ای از کشورها و نهادهای فعال متمرکز است و در عین حال، مشارکت کشورهای مختلف در شبکه جهانی دانش از الگوی یکسانی برخوردار نیست. این الگو نشان می‌دهد که ساختار تولید دانش در این حوزه علاوه بر بعد مفهومی، دارای یک سازمان علمی بین‌المللی نیز هست که در آن برخی کشورها و نهادها نقش پررنگ‌تری در شکل‌دهی به جریان پژوهش ایفا می‌کنند. این ساختار، اهمیت توسعه همکاری‌های بین‌المللی و تقویت ارتباط میان پژوهشگران و نهادهای علمی کشورهای در معرض خطر لرزه‌ای را برجسته می‌کند.

از منظر روابط استنادی نیز، ادبیات تاب‌آوری لرزه‌ای شهری بر مجموعه‌ای از مطالعات و منابع بنیادی در زمینه خطر لرزه‌ای، مدل‌سازی و ارزیابی ریسک استوار است و در عین حال با حوزه‌هایی مانند برنامه‌ریزی شهری و مطالعات تاب‌آوری پیوند یافته است. از این منظر، یکی از پیام‌های اصلی پژوهش حاضر آن است که شناخت تاب‌آوری لرزه‌ای شهری نیازمند توجه هم‌زمان به بنیان‌های فنی ارزیابی خطر و آسیب‌پذیری و ابعاد گسترده‌تر شهری و سیستمی است.

درمجموع، یافته‌های این پژوهش تصویری از حوزه‌ای در حال گذار ارائه می‌دهند: حوزه‌ای که از نظر مفهومی به‌سوی یکپارچگی میان‌رشته‌ای حرکت کرده است؛ اما از نظر جغرافیای تولید دانش و پیوند نظری میان رویکردهای فنی، سیستمی و شهری، هنوز به یکپارچگی کامل نرسیده است.

از نظر نظری، ارزش این پژوهش در آشکارکردن سازمان‌یافتگی دانش موجود و نشان‌دادن پیوند میان جریان‌های مختلف پژوهشی در ادبیات تاب‌آوری لرزه‌ای شهری است. این یافته‌ها می‌توانند به درک بهتر نحوه هم‌نشینی مفاهیم

خطر، آسیب‌پذیری، تاب‌آوری، برنامه‌ریزی و پایداری در ساختار دانش این حوزه کمک کنند. از نظر کاربردی نیز، نقشه شبکه دانش می‌تواند برای پژوهشگران و نهادهای علمی در شناسایی موضوعات مرتبط، جریان‌های پژوهشی و زمینه‌های بالقوه همکاری علمی استفاده شود.

بر این اساس، پژوهش‌های آینده می‌توانند با بررسی عمیق‌تر محتوای خوشه‌های موضوعی، تحلیل روند تحول مفاهیم در دوره‌های زمانی مختلف و استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی مکمل، ابعاد بیشتری از تحول دانش تاب‌آوری لرزه‌ای شهری را آشکار کنند. همچنین، بررسی دقیق‌تر روابط میان خوشه‌های مفهومی و مقایسه ساختار دانش در دوره‌های زمانی مختلف می‌تواند به شناخت روشن‌تر مسیر تحول این حوزه کمک کند.

محدودیت‌های پژوهش، از جمله محدودیت‌های مرتبط با پوشش پایگاه داده، بازه زمانی و ماهیت تحلیل کتاب‌سنجی، در بخش مستقل «محدودیت‌های پژوهش» تشریح شده است.

منابع

عابدینی، موسی، آقایاری، لیلا، و پیروزی، الناز (۱۴۰۴). بررسی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان آبدانان در مقابل خطر زلزله. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳۶(۱)، ۱–۲۲.
https://doi.org/10.22108/gep.2025.143524.1690

عبدالرضا عبدالحسن، سرور، محمدی، علیرضا، نظم‌فر، حسین، و رحمتی، منصور (۱۴۰۴). ادبیات پژوهشی پیرامون شهر سالم: روش‌شناسی مبتنی بر تحلیل شبکه‌ای دانش. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۳(۲)، ۱۱۵–۱۳۲. https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2025.386936.2023

کریمی قطب‌آبادی، فضل‌الله، و زنگی‌آبادی، علی (۱۴۰۲). تحلیل ساختاری متغیرهای تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری جدید در برابر خطر زلزله (نمونه پژوهش: منطقه شهری اصفهان بزرگ). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۴(۱)، ۲۵–۴۴. https://doi.org/10.22108/gep.2022.132258.1482

محمدی، اکبر (۱۳۹۹). برآورد آسیب پذیری لرزه‌ای مسکن شهری و روستایی در مناطق سکونتگاهی کشور ایران با تأکید بر نوع اسکلت و مصالح مورد استفاده. *فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۰(۳۹)، ۳۷–۴۸.
https://journals.marvdasht.iau.ir/article_3961.html

References

Abdolreza Abdolhasan, S., Mohammadi, A., Nazmfar, H., & Rahmati, M. (2025). Literature review on healthy cities: A methodology based on knowledge network analysis. *Urban Geography Research*, *13*(2), 115–132. https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2025.386936.2023 [In Persian]

Abedini, M., Aghayari, L., & Piroozi, E. (2025). Vulnerability zoning of Abdanan County against earthquake risk. *Geography and Environmental Planning*, *36*(1), 1–22. https://doi.org/10.22108/gep.2025.143524.1690 [In Persian]

Acharya, T., Gharekhan, D., & Samal, D. (2024). Seismic vulnerability modeling using machine learning and GIS. *Journal of Seismic Exploration*, *33*(3), 1–21. https://www.geophysical-press.com/journal/JSE/33/3/10.36922/JSE11

Afsari, R., Nadizadeh Shorabeh, S., Bakhshi Lomer, A. R., Homaee, M., & Jokar Arsanjani, J. (2023). Using artificial neural networks to assess earthquake vulnerability in urban blocks. *Remote Sensing*, *15*(5), 1248. https://doi.org/10.3390/rs15051248

Asadi, Y., Neysani Samany, N., Kiavarz Moqadam, M., Abdollahi Kakroodi, A., & Argany, M. (2022). Seismic vulnerability assessment of urban buildings using the rough set theory and weighted linear combination. *Journal of Mountain Science*, *19*(3), 849 –861. https://doi.org/10.1007/s11629-021-6724-4

Banica, A., Rosu, L., Muntele, I., & Grozavu, A. (2017). Towards urban resilience: A multi-criteria analysis of seismic vulnerability in Iasi City (Romania). *Sustainability*, *9*(2), 270. https://doi.org/10.3390/su9020270

Boeing, G., & Ha, J. (2024). Resilient by design: Simulating Street network disruptions across every urban area in the world. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *182*, 104016. https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104016

Cutter, S. L. (2021). Urban risks and resilience. In *Urban informatics* (pp. 197-211). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_13

Doğan, A., Başeğmez, M., & Aydın, C. C. (2025). Assessment of the seismic vulnerability in an urban area with the integration of machine learning methods and GIS. *Natural Hazards*, *121*(8), 9613-9652. https://doi.org/10.1007/s11069-025-07185-4

Fischer, E., Biondo, A. E., Greco, A., Martinico, F., Pluchino, A., & Rapisarda, A. (2022). Objective and perceived risk in seismic vulnerability assessment at an urban scale. *Sustainability*, *14*(15), 9380. https://www.mdpi.com/2071-1050/14/15/9380

Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). *Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. Ecology and Society*, *15*(4), 20. https://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/

Han, M., Fu, G., Wu, Z., Lu, Y., Xie, X., & Xu, S. (2026). A systematic review of the trajectory of urban resilience research: A bibliometric perspective on global trends and China's pathway. Sustainability, *18*(6), 2945. https://doi.org/10.3390/su18062945

Karimi Ghotbabadi, F., & Zangiabadi, A. (2023). Analysis of the interaction of resilience variables of new urban habitations against earthquake risk: A case study of Isfahan Metropolitan. *Geography and Environmental Planning*, *34*(1), 25–44. https://doi.org/10.22108/gep.2022.132258.1482 [In Persian]

Kassem, M. M., Mohamed Nazri, F., & Noroozinejad Farsangi, E. (2020). The seismic vulnerability assessment methodologies: A state-of-the-art review. *Ain Shams Engineering Journal*, *11*(4), 849–864. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.001

Kim, D. & Lim, U. (2016). Urban resilience in climate change adaptation: A conceptual framework. *Sustainability*, *8*(4), 405. https://doi.org/10.3390/su8040405

Leichenko, R. (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *3*(3), 164–168. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.014

Li, X. & Mostafavi, A. (2025). Machine learning approach for disaster risk and resilience assessment in coupled human infrastructure systems performance. *npj Natural Hazards*, *2*, 56. https://doi.org/10.1038/s44304-025-00104-4

Liu, Y., Gu, Y., & Zhang, H. (2024). Seismic risk assessment and damage analysis: Emerging trends and new developments. *Journal of Safety Science and Resilience*, *5*(3), 365–381. https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2024.04.005

Ma, M., Zhang, Y., Zhang, J., Li, M., Zhu, J., & Wang, Y. (2025). Assessment of urban seismic social vulnerability based on game theory combination and TOPSIS model: a case study of Changchun City. *Scientific Reports*, *15*(1), 8189. https://www.nature.com/articles/s41598-025-92372-3

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). *Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning*, *147*, 38-49. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011

Mohammadi, A. (2020). Estimation of seismic vulnerability of urban and rural housing in Iran regions by using skeletal and materials used. *Journal of Regional Planning*, *10*(39), 37–48. https://journals.marvdasht.iau.ir/article_3961.html [In Persian]

Rezvani, S. M. H. S., Falcão, M. J., Komljenovic, D., & Marques de Almeida, N. (2023). A systematic literature review on urban resilience enabled with GIS-based decision support tools. *Applied Sciences*, *13*(4), 2223. https://doi.org/10.3390/app13042223

Roohi, M., Ghasemi, S., Sediek, O., Jeon, H., van de Lindt, J. W., Shields, M., Hamideh, S., & Cutler, H. (2024). Multi-disciplinary seismic resilience modeling for developing mitigation policies and recovery planning. *Resilient Cities and Structures*, *3*(2), 66–84. https://doi.org/10.1016/j.rcns.2024.07.003

Saptono, Y., Rustiadi, E., Barus, B., & Pravitasari, A. E. (2025). *Systematic literature review: Research development of urban resilience in metropolitan areas. Sustainability*, *17*(16), 7380. https://doi.org/10.3390/su17167380

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2022). *VOSviewer manual: Manual for VOSviewer version 1.6.18.* Leiden University. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf

Xie, L. L., Zhao, Y. G., Wen, W. P., & Zhai, C. H. (2025). From earthquake resistance structure to earthquake resilience city—urban seismic resilience assessment. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 24(1), 1–13.* https://doi.org/10.1007/s11803-025-2294-8

Zhai, C. H., Zhao, Y. G., Wen, W. P., Qin, H., & Xie, L. (2023). A novel urban seismic resilience assessment method considering the weighting of post-earthquake loss and recovery time. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 84, 103453.* https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103453