



Identifying Key Factors of Physical Resilience of Informal Settlements Against Earthquakes (Case of Study: Shahid Aqbal Neighborhood of Mashhad City)

Mehdi Talebelm¹, Seyed Muslim Seyed Al-Hosseini^{2*}, Amidoleslam Thaqe ol-Islami³, Maryam Daneshvar⁴

1. Ph.D. Student, Department of Urban Planning, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran. mahditalebelm@yahoo.com
2. Professor, Department of Urban Planning, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran (Corresponding Author) seyedolhosseini5930@mshdiau.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Urban Planning, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran saghatoleslami@mshdiau.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Urban Planning, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran maryam.daneshvar@yahoo.com

Article Info

Article type

Research Article

Article history

Received: 7 November 2025

Accepted: 14 December 2025

Published: 14 December 2025

Keywords:

Resilience, Physical
Resilience, Earthquake,
Informal Settlement, Shahid
Maghool Neighborhood.

ABSTRACT

Introduction: Informal settlements, as one of the most vulnerable urban fabrics against natural hazards such as earthquakes, require special attention and precise scientific solutions to enhance physical resilience. These fabrics face serious risks due to poor construction quality, lack of adequate infrastructure, and absence of principled urban planning. The absence of a comprehensive and structured model for measuring and improving the physical resilience of these fabrics has doubled the necessity of conducting targeted research in this field.

Objective: The main objective of this research is to identify and analyze the key factors of physical resilience in the informal settlement of Shahid Maghool neighborhood against earthquakes and to provide practical solutions for their improvement. This study seeks to provide a measurable and practical framework for evaluating and enhancing physical resilience in informal settlements by presenting a comprehensive model.

Materials and Methods: The research method is based on a quantitative approach using exploratory factor analysis to identify the dimensions and components of physical resilience. Additionally, the DEMATEL technique has been employed to determine the degree of influence and susceptibility of variables and to identify key and pivotal factors in enhancing resilience.

Findings: The results showed that physical resilience can be explained through four main dimensions: structural-infrastructure resilience, environmental-geographical resilience, managerial-service resilience, and institutional-social resilience. The structural-infrastructure dimension, with factors such as access to local safety equipment, waste management and urban drainage, and structural resistance of buildings, had the highest priority in strengthening resilience. DEMATEL analysis also revealed that this dimension has the greatest impact on other dimensions.

Conclusion: Improving the physical resilience of informal settlements requires adopting an integrated approach in strengthening infrastructure, upgrading construction quality, and developing crisis management systems. The four-dimensional model presented in this research defines different dimensions of resilience within an integrated and measurable framework for the first time and can be used as a practical tool in urban planning and policymaking.

Cite this article: Talebelm, M., Seyed Al-Hosseini, M., Thaqe ol-Islami, A. & Daneshvar, M. (2025). Identifying Key Factors of Physical Resilience of Informal Settlements Against Earthquakes (Case of Study: Shahid Aqbal Neighborhood of Mashhad City). *Journal of Sociological Studies of Sustainable Development*, 1(4), 19-40.



©The Author(s). Publisher: West Tehran Branch

شناسایی عوامل کلیدی تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله شهید معقول شهر مشهد)

مهدی طالب علم^۱، سید مسلم سیدالحسینی^۲، عمیدالاسلام ثقه الاسلامی^۳، مریم دانشپور^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، ایران. mahditalebelm@yahoo.com
۲. استاد، گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ایران (نویسنده مسئول) seyedolhosseini5930@mshdiau.ac.ir
۳. دانشیار، گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ایران saghatoleslami@mshdiau.ac.ir
۴. دانشیار، گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ایران maryam.daneshvar@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله پژوهشی	مقدمه: سکونتگاه‌های غیررسمی به‌عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین بافت‌های شهری در برابر مخاطرات طبیعی نظیر زلزله، نیازمند توجه ویژه و راهکارهای علمی دقیق برای ارتقای تاب‌آوری کالبدی هستند. این بافت‌ها به دلیل ضعف در کیفیت ساخت‌وساز، فقدان زیرساخت‌های مناسب و نبود برنامه‌ریزی شهری اصولی، در معرض خطرات جدی قرار دارند. عدم وجود الگوی جامع و ساختاریافته برای سنجش و بهبود تاب‌آوری کالبدی این بافت‌ها، ضرورت انجام پژوهش‌های هدفمند در این حوزه را دوچندان کرده است.
تاریخچه دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۳ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۳	هدف: هدف اصلی این تحقیق شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی محله شهید معقول در برابر زلزله و ارائه راهکارهای عملی برای بهبود آن‌ها است. این پژوهش درصدد است تا با ارائه مدلی جامع، چارچوب قابل‌سنجش و کاربردی برای ارزیابی و ارتقای تاب‌آوری کالبدی در سکونتگاه‌های غیررسمی فراهم آورد.
کلیدواژه‌ها تاب‌آوری، تاب‌آوری کالبدی، زلزله، سکونتگاه غیررسمی، محله شهید معقول.	مواد و روش‌ها: روش تحقیق بر پایه رویکرد کمی و استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی برای شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی استوار است. همچنین از فن دیمتال جهت تعیین میزان اثرگذاری و اثرپذیری متغیرها و شناسایی عوامل کلیدی و محوری در ارتقای تاب‌آوری استفاده شده است.
	یافته‌ها: نتایج نشان داد که تاب‌آوری کالبدی در چهار بُعد اصلی شامل تاب‌آوری ساختاری-زیرساختی، محیطی-جغرافیایی، مدیریتی-خدماتی و نهادی-اجتماعی قابل تبیین است. بُعد ساختاری-زیرساختی با عواملی نظیر دسترسی به تجهیزات ایمنی محلی، مدیریت پسماند و زهکشی شهری و مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها بالاترین اولویت را در تقویت تاب‌آوری داشته است. تحلیل دی متل نیز نشان داد که این بُعد بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر ابعاد دارد.
	نتیجه‌گیری: بهبود تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی مستلزم اتخاذ رویکرد یکپارچه در تقویت زیرساخت‌ها، ارتقای کیفیت ساخت‌وساز و توسعه سامانه‌های مدیریت بحران است. مدل چهاربُعدی ارائه‌شده در این پژوهش برای نخستین بار ابعاد مختلف تاب‌آوری را در قالب چارچوب یکپارچه و قابل‌سنجش تعریف کرده و می‌تواند به‌عنوان ابزاری کاربردی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری شهری مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: طالب علم، م.، سیدالحسینی، م.، ثقه الاسلامی، ع. و دانشپور، م. (۱۴۰۴). شناسایی عوامل کلیدی تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله شهید معقول شهر مشهد). *مطالعات جامعه‌شناختی توسعه پایدار*، ۱(۴)، ۴۰-۱۹.



Extended Abstract

Purpose

This research aims to identify and analyze the key factors affecting the physical resilience of Shahid Maghul neighborhood, an informal settlement in Mashhad, Iran, against earthquakes and to provide practical solutions for improving the current situation. The main research question addresses: What are the key factors of physical resilience in the informal settlement of Shahid Maghul neighborhood against earthquakes, and how can they be improved. The study addresses critical challenges including non-compliance with building codes and seismic standards, use of inappropriate materials and improper construction techniques, high population and building density, lack of open spaces and adequate passages, and absence of safe infrastructure. Socio-economic factors such as low-income levels preventing investment in building reinforcement, insufficient awareness of safe construction principles, limited access to technical and engineering services, and lack of adequate insurance coverage significantly exacerbate vulnerability. Institutional challenges including weak governmental oversight, lack of comprehensive crisis management planning, poor coordination among different institutions, and absence of effective resident participation in prevention and preparedness processes have critically increased the vulnerability of these areas. The research significance lies in its potential positive impact on preserving the lives and property of millions residing in informal settlements. Scientifically, it provides a robust theoretical foundation for developing practical solutions to reduce vulnerability and facilitates the design of predictive models and seismic risk assessment in informal settlements. Socially, the findings contribute to improving quality of life and increasing security for residents. Economically, by offering preventive and cost-effective solutions, it enables substantial savings in post-earthquake reconstruction costs.

Methodology

This applied research was conducted in Shahid Maghul neighborhood of Mashhad in 2024 using a survey method with questionnaires. The statistical population comprised two groups: 20 experts in crisis management and earthquake engineering selected through purposive sampling, and residents of Shahid Maghul neighborhood (population 8,450), from which 368 individuals were selected using Cochran's formula through simple random and convenience sampling. A researcher-designed questionnaire was developed using a five-point Likert scale (from strongly disagree=1 to strongly agree=5) to collect opinions on various dimensions of physical resilience including structural resistance of buildings, quality of construction materials, width and quality of passages, access to safe open spaces, quality of urban infrastructure, and building density. The second section employed a five-option scale based on DEMATEL technique. Content validity was confirmed through expert and supervisor opinions, and reliability was established using Cronbach's alpha coefficient exceeding 0.7. Data analysis employed two primary techniques: DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) technique was used to measure cause-and-effect relationships between physical resilience criteria, calculating impact (D) and receptiveness (R) indices to identify causal and effect factors. Confirmatory Factor Analysis (CFA) was conducted to identify key factors in physical resilience, with sampling adequacy confirmed using KMO index and Bartlett's test, and factor loadings calculated using SPSS 26 software.

Findings

DEMATEL analysis revealed that quality of construction materials and techniques ranked highest with D+R value of 5.15, demonstrating the fundamental importance of using standard materials and adhering to engineering principles in informal settlement construction. Structural resistance of buildings against earthquakes (4.434) and foundation strength (4.254) followed, confirming the necessity of attention to seismic design principles and reinforcement of existing

structures. Building density and spacing between structures (3.97) also held significant importance, indicating that maintaining safe distances between buildings is critical for preventing hammering effects and fire spread post-earthquake. D-R value analysis indicated that factors such as capacity of temporary shelter centers (1.331) and access to local safety and relief equipment (1.153) were classified as receptive factors, meaning they are more influenced by other variables. Conversely, structural resistance of buildings (D-R = -1.256) and material quality (-0.342) were identified as influential factors playing key roles in improving all aspects of physical resilience. Rotated factor analysis successfully identified four main dimensions of physical resilience: Factor 1: Structural-Infrastructural Resilience (highest importance) included variables such as access to local safety equipment (0.966), waste management and urban drainage (0.959), access to safety institutions (0.955), and structural resistance of buildings (0.954), indicating the vital role of urban infrastructure and safety equipment in earthquake resistance. Factor 2: Environmental-Geographic Resilience emphasized geographic position relative to active faults (0.596), highlighting the importance of natural and geological factors. Factor 3: Managerial-Service Resilience focused on planning and preparedness for earthquake response (0.966) and access to safety institutions (0.958), along with quality of resistant architectural design (0.953) and capacity of temporary shelter centers (0.945). Factor 4: Institutional-Social Resilience emphasized safety and stability of public structures (0.897) and property ownership and construction legality status (0.853).

Collectively, these four dimensions explained 73.69% of total variance in physical resilience: Factor 1 explained 28.94%, Factor 2 explained 18.72%, Factor 3 explained 13.85%, and Factor 4 explained 12.18% of variance, demonstrating the comprehensive explanatory power of the model.

Conclusion

This research successfully developed a comprehensive four-dimensional model of physical resilience specifically tailored for informal settlements facing seismic hazards. The key factors for improving physical resilience in Shahid Maghul neighborhood include establishing local fire and rescue stations, developing appropriate drainage networks, seismic retrofitting of existing buildings, improving construction material quality, formulating comprehensive crisis management programs, modifying local building regulations, and creating emergency shelter spaces. Geographic position relative to active faults, though unchangeable, can be managed through stricter building codes and early warning systems. The findings possess significant theoretical implications by complementing existing knowledge on informal settlements and providing a scientific foundation for developing more comprehensive theories, while practically, they can be directly transformed into urban policies, improvement programs, and crisis management strategies. The research demonstrates that improving physical resilience requires a multifaceted approach that simultaneously addresses infrastructure reinforcement, construction quality enhancement, crisis management system development, and local institution strengthening in a coordinated and integrated manner. The study's generalizability extends to other informal settlements sharing similar characteristics including comparable geographic context, economic development levels, homogeneous social structure, and exposure to similar natural hazards, analogous construction patterns, and urban management systems with similar structures. However, areas with completely different conditions will require model adaptation based on local characteristics. Priority recommendations include developing specialized legislation for seismic retrofitting with risk-based prioritization, establishing national support funds with special financial facilities, adopting comprehensive safety infrastructure development programs with dedicated budgets, and mandating periodic resilience assessments with results reporting for informal settlements.

مقدمه

عدم رعایت کدهای ساختمانی و استانداردهای لرزه‌ای، استفاده از مصالح نامناسب و فن‌های ساخت غیراصولی، تراکم بالای جمعیت و ساختمان، کمبود فضاهای باز و معابر مناسب، و فقدان زیرساخت‌های ایمن از چالش‌های این موضوع است. عوامل اجتماعی-اقتصادی نیز نقش مهمی در تشدید این چالش‌ها دارند (Asgari et al., 2024: 154). از جمله سطح درآمد پایین ساکنان که مانع از سرمایه‌گذاری در مقاوم‌سازی ساختمان‌ها شده، عدم آگاهی کافی از اصول ساخت‌وساز ایمن، محدودیت دسترسی به خدمات فنی و مهندسی، و فقدان پوشش بیمه‌ای مناسب. همچنین چالش‌های نهادی شامل ضعف نظارت دولتی، کمبود برنامه‌ریزی جامع مدیریت بحران، عدم هماهنگی میان نهادهای مختلف، و فقدان مشارکت مؤثر ساکنان در فرآیندهای پیشگیری و آمادگی، وضعیت آسیب‌پذیری این مناطق را به شدت افزایش داده است (Bastani et al., 2024: 4507). عدم توجه به مسائل تاب‌آوری کالبدی در سکونتگاه‌های غیررسمی، پیامدهای ویرانگری در هنگام وقوع زلزله خواهد داشت که تأثیرات آن در ابعاد مختلف قابل مشاهده است. پیامدهای فیزیکی شامل تخریب گسترده ساختمان‌ها، آسیب به زیرساخت‌های حیاتی، مسدود شدن راه‌های ارتباطی، و ایجاد خرابه‌های عظیم است که امکان دسترسی امدادگران را محدود نموده و فرآیند نجات و امدادسانی را پیچیده ساخته است (Zhao et al., 2024: 201). پیامدهای انسانی و اجتماعی شامل افزایش چشمگیر آمار تلفات و مصدومان، بی‌خانمانی گسترده، بروز مشکلات روانی و اجتماعی، تشدید نابرابری‌ها و فقر، و ایجاد موج‌های مهاجرت اجباری است (Yin et al., 2022: 101). در بُعد اقتصادی نیز، هزینه‌های سنگین بازسازی، از دست رفتن سرمایه‌های فردی و اجتماعی، تحمیل بار مالی عظیم بر دولت‌ها و جوامع محلی، و اختلال طولانی‌مدت در فعالیت‌های اقتصادی منطقه‌ای، پیامدهایی است که بازایی از آن دهه‌ها زمان برده و تأثیر منفی بر توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای خواهد گذاشت (Dong et al., 2022: 15). انجام این پژوهش در شرایط کنونی که سکونتگاه‌های غیررسمی در اکثر کشورهای در حال توسعه رشد فزاینده‌ای داشته و به بخش قابل توجهی از جمعیت شهری تبدیل شده‌اند، امری اجتناب‌ناپذیر محسوب شود (Lizarralde et al., 2024: 455). با توجه به افزایش تعداد و شدت زلزله‌های مخرب در سطح جهان و آسیب‌پذیری بالای سکونتگاه‌های غیررسمی به دلیل ضعف ساختاری و عدم رعایت استانداردهای ایمنی، ضرورت شناسایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی این مناطق بیش‌ازپیش احساس شود. تجربیات فاجعه‌بار زلزله‌های اخیر در نقاط مختلف جهان نشان داده که بیشترین آسیب‌ها و تلفات در مناطق غیررسمی رخ داده و این واقعیت لزوم مطالعه علمی و سامانمند این موضوع را تأیید نماید (Mousavi et al., 2024: 95). همچنین کمبود تحقیقات جامع و عملی در زمینه تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر مخاطرات طبیعی، فقدان راهکارهای مؤثر و کاربردی برای کاهش آسیب‌پذیری این مناطق، و عدم وجود الگوهای مناسب برای پیشگیری و مقابله با عواقب زلزله در این بافت‌ها، ضرورت انجام تحقیقات علمی و کاربردی را دوچندان نموده است (Tasmen et al., 2023: 69).

اهمیت این پژوهش در ابعاد مختلف علمی، اجتماعی و اقتصادی قابل ارزیابی است و نتایج آن قابلیت تأثیرگذاری مثبت بر حفظ جان و مال میلیون‌ها انسان ساکن در مناطق غیررسمی را دارد. از نظر علمی، این تحقیق با شناسایی عوامل کلیدی تاب‌آوری کالبدی، مبنای نظری محکمی برای توسعه راهکارهای عملی کاهش آسیب‌پذیری فراهم آورده و امکان طراحی مدل‌های پیش‌بینی و ارزیابی ریسک لرزه‌ای در سکونتگاه‌های غیررسمی را تسهیل نماید. در بُعد اجتماعی، یافته‌های این پژوهش زمینه‌ساز بهبود کیفیت زندگی و افزایش امنیت ساکنان مناطق غیررسمی بوده و با کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله، به حفظ جان انسان‌ها و کاهش صدمات روحی و روانی ناشی از بلایای طبیعی منجر شود. از منظر اقتصادی نیز، این تحقیق با ارائه راهکارهای پیشگیرانه و کم‌هزینه، امکان صرفه‌جویی عظیم در هزینه‌های بازسازی پس از زلزله را فراهم آورده و به کاهش بار مالی دولت‌ها و جوامع محلی در زمان وقوع بحران کمک نماید. همچنین نتایج این پژوهش قابلیت تعمیم به سایر مناطق غیررسمی و کاربرد در تدوین سیاست‌های ملی و بین‌المللی مدیریت ریسک زلزله را داشته و مرجعی علمی برای برنامه‌ریزان شهری، مهندسان عمران و مدیران بحران خواهد بود.

محله شهید معقول در شهر مشهد به‌عنوان یکی از مناطق غیررسمی این کلان‌شهر، با چالش‌های خاصی در زمینه تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله مواجه است که ریشه در تاریخچه شکل‌گیری غیر برنامه‌ریزی‌شده و شرایط اجتماعی-اقتصادی ساکنان دارد. این محله که عمدتاً توسط مهاجران روستایی و اقشار کم‌درآمد جامعه ساکن شده، دارای ساختمان‌هایی است که بدون رعایت

ضوابط مقاوم‌سازی لرزه‌ای و با استفاده از مصالح نامرغوب و روش‌های ساخت غیراصولی بنا شده‌اند. تراکم بالای ساختمانی، عرض کم معابر، فقدان فضاهای باز مناسب برای اسکان اضطراری، و عدم وجود دسترسی مناسب برای تردد وسایل امدادرسانی از دیگر مشکلات کالبدی این محله است. همچنین شبکه‌های زیرساختی نظیر آب، برق و گاز بدون رعایت استانداردهای ایمنی نصب شده و در معرض خطر قطعی و حتی انفجار در هنگام زلزله قرار دارند. عوامل اجتماعی-اقتصادی نیز تأثیر مهمی در تشدید این مشکلات داشته‌اند، زیرا سطح درآمد پایین ساکنان مانع از بازسازی و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها شده و عدم آگاهی کافی از اصول ساخت‌وساز ایمن، محدودیت دسترسی به خدمات فنی و مهندسی، و فقدان پوشش بیمه‌ای مناسب، وضعیت آسیب‌پذیری این محله را تشدید نموده است.

با توجه به موقعیت جغرافیایی شهر مشهد در منطقه‌ای با پتانسیل لرزه‌خیزی و تجربه زلزله‌های مخرب قبلی، عدم توجه به مسائل تاب‌آوری کالبدی در محله شهید معقول پیامدهای فاجعه‌باری خواهد داشت که فراتر از مرزهای این محله تأثیر خواهد گذاشت. در صورت وقوع زلزله‌ای با شدت متوسط تا بالا، پیش‌بینی آسیب‌های گسترده به ساختمان‌های مسکونی، تخریب کامل یا جزئی بخش قابل‌توجهی از واحدهای مسکونی، قطع شبکه‌های حیاتی، و مسدود شدن معابر اصلی به دلیل ریزش آوار، بی‌خانمانی گسترده ساکنان این محله را در پی خواهد داشت. این وضعیت نه تنها بار سنگینی بر شانه شهرداری مشهد و نهادهای امداد رسان خواهد گذاشت، بلکه تأثیر منفی بر کل شهر مشهد به‌عنوان یکی از مراکز مذهبی و گردشگری مهم کشور خواهد داشت. ضرورت انجام این پژوهش برای شناسایی نقاط ضعف و قوت کالبدی این محله، ارائه راهکارهای عملی کاهش آسیب‌پذیری، و طراحی برنامه‌های مقاوم‌سازی مقرون‌به‌صرفه بیش‌ازپیش احساس شود. هدف کلی این پژوهش، شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی محله شهید معقول در برابر زلزله و ارائه راهکارهای عملی بهبود وضعیت موجود است و سؤال اصلی تحقیق عبارت است از: عوامل کلیدی تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی محله شهید معقول در برابر زلزله کدام‌اند و چگونه امکان بهبود آن‌ها وجود دارد؟؛ مدنظر قرار گرفته است.

تاب‌آوری کالبدی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مفاهیم در برنامه‌ریزی شهری و معماری، توانایی محیط‌های ساخته‌شده را در مواجهه با تغییرات، تنش‌ها و بحران‌های طبیعی یا انسانی نشان دهد (Khayambashi et al., 2022:75). این مفهوم شامل ظرفیت سازگاری، بازیابی سریع و حفظ عملکرد اصلی ساختارهای فیزیکی در برابر عوامل مخرب است. دیدگاه مهندسی بر استحکام مصالح، طراحی لرزه‌ای و مقاومت سازه‌ای تأکید دارد، درحالی‌که رویکرد معماری بر انعطاف‌پذیری فضایی، قابلیت تطبیق کاربری‌ها و ایجاد محیط‌هایی متمرکز است که بتوانند با تغییرات نیازها همراه شوند. دیدگاه شهرسازی نیز بر پیوستگی شبکه‌های زیرساختی، توزیع متعادل کاربری‌ها و ایجاد فضاهای عمومی قابل‌اتکا در مواقع اضطراری تأکید دارد (Moradpour et al., 2023:45). از منظر محیط‌زیستی، تاب‌آوری کالبدی با استفاده از مصالح پایدار، طراحی اقلیمی و هماهنگی با شرایط طبیعی محیط دست‌یافتنی است. دیدگاه اجتماعی بر نقش فضاهای عمومی در تقویت روابط اجتماعی، ایجاد حس تعلق و توسعه شبکه‌های حمایت محلی تأکید دارد که این عوامل در مواقع بحران بسیار حیاتی خواهند بود (Borji et al., 2025:58). رویکرد اقتصادی بر بهینه‌سازی هزینه‌های ساخت و نگهداری، قابلیت تأمین مالی پروژه‌ها و ایجاد ارزش افزوده برای جامعه متمرکز است. دیدگاه فناوری نیز بر کاربرد سامانه‌های هوشمند، مانیتورینگ مداوم و استفاده از فناوری‌های نوین در طراحی و اجرا تأکید دارد. رویکرد مدیریتی بر برنامه‌ریزی پیشگیرانه، آمادگی برای واکنش سریع و هماهنگی بین سازمان‌های مختلف در راستای حفظ و بهبود عملکرد محیط‌های کالبدی متمرکز است (Shirleyana et al., 2018:14). نظریه‌های تاب‌آوری کالبدی بر پایه رویکردهای علمی مختلفی شکل گرفته‌اند که هرکدام جنبه‌ای از مقاومت و انطباق محیط‌های ساخته‌شده را تبیین نمایند (Dong et al., 2025:530). از دیدگاه دستگاهی، نظریه پیچیدگی و سامانه‌های تطبیقی پیشنهاد دهد که محیط‌های کالبدی باید به‌عنوان شبکه‌ای از عناصر به‌هم‌پیوسته در نظر گرفته شوند که قابلیت خودسازمان‌دهی و تطبیق با شرایط متغیر را دارند. این نظریه بر اهمیت تنوع، افزونگی و پیوندهای چندگانه بین اجزای مختلف تأکید دارد تا سیستم بتواند در مواجهه با اختلالات، مسیرهای جایگزین برای ادامه عملکرد پیدا نماید (Sun et al., 2025:589). دیدگاه بوم‌شناختی در نظریه‌های تاب‌آوری کالبدی، اصول بوم‌سازگانی طبیعی را به محیط‌های ساخته‌شده تعمیم داده و بر چرخه‌های طبیعی، تجدیدپذیری منابع و ایجاد تعادل بین فعالیت‌های انسانی و محیط‌زیست تأکید دارد. این رویکرد پیشنهاد دهد که شهرها و ساختمان‌ها باید مانند اکوسیستم‌های زنده عمل نمایند و قادر به جذب، پردازش و بازیافت انرژی و مواد

باشند. از منظر اجتماعی-فرهنگی، نظریه سرمایه اجتماعی و تعلق مکانی بیان دارد که تاب‌آوری کالبدی نه تنها به ویژگی‌های فیزیکی بستگی دارد (Almulhim, 2025: 22)، بلکه به میزان درگیری، مشارکت و احساس مالکیت ساکنان نسبت به محیط زندگی‌شان نیز وابسته است. این نظریه تأکید دارد که فضاهای عمومی، هویت محلی و الگوهای فرهنگی جامعه نقش اساسی در تقویت قدرت مقاومت و بازسازی محیط‌های کالبدی ایفا نمایند (Dincer et al., 2024: 74). سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله از آسیب‌پذیری بالایی برخوردارند که این وضعیت ریشه در عوامل مختلفی دارد. از دیدگاه ساختاری، این سکونتگاه‌ها اغلب با مصالح نامرغوب، فاقد رعایت ضوابط مهندسی و بدون نظارت فنی ساخته شده‌اند که مقاومت کافی در برابر نیروهای لرزه‌ای را ندارند (Adewunmi et al., 2024: 78). رویکرد شهرسازی نشان دهد که این مناطق معمولاً در اراضی نامناسب، شیب‌دار یا دارای خاک ضعیف واقع شده‌اند و از شبکه معابر مناسب برای تخلیه اضطراری و دسترسی گروه‌های امداد رسان محروم هستند (Walls et al., 2019: 343). نکته تأکید دارد که ساکنان این مناطق اغلب از طبقات کم‌درآمد جامعه بوده و دانش، منابع و امکانات لازم برای بهسازی مساکن خود را در اختیار ندارند (Hugo et al., 2024: 1193). همچنین تراکم جمعیت بالا و عدم وجود فضاهای باز و ایمن برای اسکان موقت در زمان بحران، خطرات را چند برابر افزایش دهد (Miller et al., 2021: 25). از منظر اقتصادی، محدودیت منابع مالی مانع از اجرای اقدامات پیشگیرانه و بهسازی ساختمان‌ها در این مناطق شده و ساکنان قادر به سرمایه‌گذاری برای تقویت مقاومت لرزه‌ای مساکن خود نیستند (Pojani, 2019: 23). دیدگاه مدیریتی بر کمبود برنامه‌ریزی جامع، عدم هماهنگی بین دستگاه‌های مختلف و ضعف در اجرای قوانین ساخت‌وساز تأکید دارد که این عوامل منجر به ادامه رشد بی‌ضابطه این سکونتگاه‌ها شده‌اند (Gottsmann et al., 2012: 114). نهایتاً رویکرد محیط‌زیستی نشان دهد که قرارگیری این مناطق در نقاط پرخطر از نظر زمین‌شناسی، نزدیکی به گسل‌های فعال و عدم رعایت اصول ساخت‌وساز مقاوم در برابر حوادث طبیعی، آسیب‌پذیری آن‌ها را در مقابل زلزله به شدت افزایش داده است (Agbenyo et al., 2021: 36). نظریه‌های مرتبط با سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله بر پایه رویکردهای علمی متنوعی استوار هستند که هر کدام جنبه‌ای از این پدیده پیچیده را تبیین نمایند (Joseph et al., 2008: 78). از دیدگاه آسیب‌پذیری اجتماعی، نظریه‌های توسعه نابرابر و حاشیه‌نشینی شهری بیان دارند که سکونتگاه‌های غیررسمی محصول ساختارهای اجتماعی-اقتصادی نامتعادل هستند که گروه‌های کم‌درآمد را به سکونت در مناطق پرخطر و فاقد زیرساخت‌های مناسب سوق دهند (Vahanvati et al., 2023: 577). این نظریات تأکید دارند که فقر، عدم دسترسی به زمین و مسکن مناسب، و محرومیت از خدمات شهری، ساکنان این مناطق را در معرض خطرات طبیعی قرار دهد. نظریه سرمایه اجتماعی نیز پیشنهاد دارد که علی‌رغم چالش‌های موجود، شبکه‌های اجتماعی قوی و همبستگی محلی در این جوامع امکان مقابله جمعی با بحران‌ها را فراهم آورد (Agyabeng et al., 2024: 89). دیدگاه ریسک و مدیریت بحران در نظریه‌های مدرن بر اهمیت شناسایی، ارزیابی و کاهش مخاطرات چندگانه در سکونتگاه‌های غیررسمی تأکید دارد. نظریه چرخه مدیریت بلایا بیان دارد که این مناطق اغلب در مراحل پیشگیری و آمادگی ضعیف عمل نموده و بیشتر بر واکنش پس از وقوع حادثه متکی هستند. از منظر نظریه انعطاف‌پذیری شهری، سکونتگاه‌های غیررسمی علی‌رغم آسیب‌پذیری‌های ساختاری، قابلیت‌های درونی برای سازگاری و بازسازی سریع را دارند که این ویژگی از طریق ساختارهای غیررسمی، اقتصاد محلی و روش‌های بومی ساخت‌وساز تجلی یابد (Aigbavboa et al., 2010: 66). در این قسمت تحقیقات داخلی و خارجی مرتبط با موضوع تحقیق اشاره شده است: حاتمی نژاد و همکاران، (۱۳۹۹)، در مقاله‌ای با عنوان پایش و اولویت‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری در بافت‌های اسکان غیررسمی مطالعه موردی: محله سهرابیه کرج، تدوین شده است. نتایج تحقیق نشان داد که تاب‌آوری محله سهرابیه با میانگین ۲/۲۷ در سطح پایینی قرار دارد و در برابر بحران‌های طبیعی از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار است. همچنین بعد اقتصادی بیشترین تأثیر و بعد کالبدی کمترین تأثیر را بر تاب‌آوری این محله داشته است. رضایی و یاراحمدی، (۱۴۰۲)، در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی تاب‌آوری کالبدی - اجتماعی در برابر وقوع زلزله مطالعه موردی: شهر اسفراین، تدوین شده است. نتایج تحقیق نشان داد که محلات ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، و ۱۲ در شمال غربی شهر دارای بیشترین میزان تاب‌آوری بوده و محلات ۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۶ در نواحی شرقی و مرکزی دارای تاب‌آوری کمتری هستند. نواحی شرق شهر به دلیل داشتن بافت قدیمی مسکونی و تراکم جمعیتی بسیار بالا، کمترین میزان تاب‌آوری را داشته و نیازمند توجه ویژه برای بهبود وضعیت موجود هستند. لطیفی و همکاران، (۱۴۰۰)، در مقاله‌ای با عنوان تحلیل ساختاری مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در برابر زلزله، تدوین شده است. نتایج تحقیق نشان داد که از میان ۴۱ شاخص اولیه، ۱۱

عامل کلیدی نظیر دسترسی به معابر، نهادهای امداد رسان، استحکام بناها، و بهسازی ساختمان‌ها شناسایی شد که دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالایی در تاب‌آوری منطقه هستند. حکمت نیا و همکاران، (۱۴۰۲)، در مقاله‌ای با عنوان تبیین معیارهای کالبدی مؤثر در ارتقای تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر مخاطرات محیطی (مورد مطالعه: شهر همدان)، تدوین شده است. نتایج تحقیق نشان داد که سطح تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی شهر همدان از حد متوسط پایین‌تر است و عامل مقاومت ساختمان بیشترین نقش را در تبیین ارتقای تاب‌آوری این سکونتگاه‌ها دارد. همچنین عامل تراکم بر ارتقای تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی تأثیر نداشته و سایر عوامل تأثیر مستقیم و مثبت دارند. حاتمی نژاد و همکاران، (۱۴۰۱)، در مقاله‌ای با عنوان سنجش تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر مخاطرات محیطی (زلزله)، مطالعه موردی: پاکدشت (شهرک انقلاب)، تدوین شده است. نتایج تحقیق نشان داد که وضعیت شهرک انقلاب از لحاظ دسترسی به معابر شهری در هنگام مواجهه با بحران ضعیف، دسترسی به کاربری‌های عمده شهری ضعیف، از لحاظ دانه‌بندی قطعات ریزدانه، از لحاظ مساحت زیربنا ۵۲ درصد زیر ۵۰ متر و بیش از سه چهارم زیر ۷۰ متر زیربنا دارند. همچنین از لحاظ قدمت مساکن ۵۷ درصد بالای ۲۰ سال و ۳۵ درصد بالای ۴۰ سال، از لحاظ مصالح ۹۲ درصد آجر و آهن، از لحاظ کیفیت بنا، ۹ درصد تخریبی، ۷۶ درصد قابل نگهداری و ۱۵ درصد نوساز هستند و شهرک انقلاب از نظر تاب‌آوری کالبدی در هنگام مواجهه با مخاطره زلزله در سطح پایینی قرار دارد. ندابزیتا و همکاران، (۲۰۲۴)، در مقاله‌ای با عنوان ظرفیت انطباق برای کاهش خطرات بلایا در سکونتگاه‌های غیررسمی، تدوین شده است. نتایج تحقیق نشان داد که تقویت ساختارهای بین‌دولتی و مشارکت عمومی توانایی کاهش خطرات بلایا در جوامع را دارد. این پژوهش همچنین بر ضرورت از بین بردن ذهنیت سیل‌وها تأکید داشته و هماهنگی بیشتر بین ادارات دولتی برای شناسایی علل ریشه‌ای خطرات بلایا را توصیه نموده و مدل فشار و رهاسازی را به‌عنوان رویکردی مؤثر برای کاهش این خطرات معرفی نموده است. دو و همکاران، (۲۰۲۲)، در مقاله‌ای با عنوان «ارتقای تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی - رویکردها و کاربردها از دیدگاه بین‌کشوری در سه منطقه کلان‌شهری منتخب در جنوب شرق آسیا»، به بررسی نیازهای جوامع غیررسمی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که توسعه این جوامع نیازمند کاهش آسیب‌پذیری چندوجهی آن‌ها در برابر تغییرات آب‌وهوایی و شهرنشینی افسارگسیخته است. علاوه بر این، این پژوهش به تغییر نگرش تصمیم‌گیرندگان و جوامع محلی نسبت به اهداف ارتقای تاب‌آوری اشاره داشت و بر اهمیت این تغییر ذهنیت تأکید کرد. آجی‌هی و همکاران، (۲۰۲۴)، در مقاله‌ای با عنوان «علل سکونتگاه‌های غیررسمی در آفریقا: یک مرور نظام‌مند»، به بررسی ریشه‌های شکل‌گیری این سکونتگاه‌ها پرداختند. یافته‌ها نشان داد که سکونتگاه‌های غیررسمی به‌سادگی از بین نخواهند رفت و نیازمند توجه بیشتری در چارچوب‌های سیاست‌گذاری شهری هستند. این مطالعه تأکید کرد که با گنجاندن سکونتگاه‌های غیررسمی در گفت‌وگوها و مداخلات سیاسی، دولت‌ها می‌توانند به سمت دستیابی به توسعه شهری عادلانه‌تر و پایدارتر در سراسر آفریقا حرکت کنند. کامیلا و همکاران، (۲۰۲۴)، در مقاله‌ای با عنوان «یک‌بار جمعی جهانی (جنوب): یک مرور نظام‌مند از وضعیت کنونی خطرات مرتبط با تغییرات اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی»، به بررسی راهکارهای ارتقای تاب‌آوری در این سکونتگاه‌ها پرداختند. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که توسعه یک مدل ارزیابی ریسک اقلیمی مبتنی بر جامعه می‌تواند به‌طور عمده‌ای ظرفیت انطباق و تاب‌آوری در برابر مخاطرات اقلیمی و بلایای طبیعی را در این مناطق افزایش دهد. همچنین، بر ضرورت استفاده از استراتژی‌های چند مقیاسی و همکاری‌های مشترک تأکید شد. سولاس و کریستیان، (۲۰۲۴)، در مقاله‌ای با عنوان «سکونتگاه (غیر)رسمی برای چه کسی؟ باستان‌شناسی و برنامه‌های شهری قدیمی برای گذار به پایداری در اتیوپی»، به بررسی دوام مورفولوژی‌های شهری در پرونده‌های باستان‌شناختی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که چنین مورفولوژی‌هایی می‌توانند در برابر کلیشه‌سازی سکونتگاه‌های غیررسمی به‌عنوان مانعی برای انتقال پایداری مقاومت کنند. این پژوهش بر اهمیت رویکردهای بلندمدت و محلی به اسکان غیررسمی تأکید کرد و آن را به‌عنوان یک ویژگی سازگار در سامانه‌های شهری معرفی نمود.

بررسی مطالعات پیشین نشان داد که علی‌رغم وجود تحقیقات متعددی در زمینه تاب‌آوری شهری و مدیریت ریسک زلزله، خلأ قابل‌توجهی در مطالعات تخصصی مربوط به تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی وجود دارد. اکثر تحقیقات انجام‌شده عمدتاً

¹ Ndabezita et al

² Do et al

³ Ajihi et al

⁴ Camilla and colleagues

⁵ Solas and Christian

بر بافت‌های رسمی و برنامه‌ریزی شده شهری متمرکز بوده و کمتر به ویژگی‌های خاص و چالش‌های منحصربه‌فرد مناطق غیررسمی پرداخته‌اند. همچنین مطالعات موجود بیشتر بر جنبه‌های کلی تاب‌آوری شهری تأکید داشته و کمتر به تحلیل عمیق عوامل کالبدی و ساختاری مؤثر بر مقاومت ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در برابر زلزله پرداخته‌اند. درزمینهٔ روش‌شناسی نیز، اغلب تحقیقات از رویکردهای کمی و ارزیابی شاخص‌های آماری استفاده نموده و کمتر از روش‌های ترکیبی و مطالعات میدانی عمیق برای درک پیچیدگی‌های اجتماعی-کالبدی این مناطق بهره گرفته‌اند. علاوه بر این، مطالعات محدودی در زمینه ارتباط عوامل اجتماعی-اقتصادی ساکنان با تاب‌آوری کالبدی و نحوه تأثیر متقابل این عوامل بر یکدیگر انجام شده و این موضوع خلأ مهمی در درک جامع مسئله محسوب شود. پژوهش حاضر برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر رویکردهای کلان و نظری متمرکز بوده‌اند، از رویکرد میکرو و مطالعه موردی عمیق برای بررسی محله شهید معقول مشهد استفاده نماید که امکان شناسایی دقیق‌تر عوامل محلی و ویژگی‌های خاص سکونتگاه‌های غیررسمی را فراهم آورد. این تحقیق نخستین بار در ایران به‌طور تخصصی و جامع به تحلیل عوامل کلیدی تاب‌آوری کالبدی در یک محله غیررسمی خاص پرداخته و از ترکیب روش‌های کمی و کیفی شامل بررسی میدانی، مصاحبه با ساکنان، ارزیابی ساختاری ساختمان‌ها، و تحلیل فضایی استفاده نماید. نوآوری دیگر این پژوهش در تدوین چارچوب جامعی برای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی است که نه تنها جنبه‌های فنی و مهندسی را در نظر گیرد، بلکه عوامل اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی مؤثر بر تصمیم‌گیری‌های ساکنان درزمینهٔ ساخت‌وساز و نگهداری ساختمان‌ها را نیز شامل شود. همچنین این تحقیق با ارائه راهکارهای عملی و کاربردی که متناسب با شرایط خاص سکونتگاه‌های غیررسمی طراحی شده، فراتر از تحلیل مسئله رفته و به ارائه الگوهای قابل اجرا و مقرون‌به‌صرفه برای بهبود تاب‌آوری کالبدی پرداخته که قابلیت تعمیم به سایر مناطق مشابه در کشور را دارد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی است و در محدوده مطالعاتی محله شهید معقول شهر مشهد در سال ۱۴۰۳ انجام گرفته است. این پژوهش با استفاده از روش پیمایشی و ابزار پرسشنامه به جمع‌آوری داده‌ها پرداخته است. جامعه آماری پژوهش شامل دو گروه است: گروه اول کارشناسان و متخصصان مدیریت بحران و مهندسی زلزله که تعداد آن‌ها ۲۰ نفر است؛ گروه دوم ساکنان محله شهید معقول که بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن، جمعیت آن ۸,۴۵۰ نفر است. گروه اول به‌صورت نمونه‌گیری هدفمند، با توجه به تخصص و تجربه‌شان در حوزه تاب‌آوری لرزه‌ای انتخاب شده‌اند و مبنای تحلیل فن دی متل قرار گرفتند. برای تعیین حجم نمونه گروه دوم، از فرمول کوکران استفاده شد که بر اساس آن، تعداد ۳۶۸ نفر به‌عنوان حجم نمونه محاسبه شد و به‌صورت تصادفی ساده و در دسترس مورد پرسش قرار گرفتند. برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه ساخته محقق استفاده شد؛ به طوری که این سؤالات با استفاده از طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای (از کاملاً مخالف = ۱ تا کاملاً موافق = ۵) طراحی شدند تا نظرات پاسخ‌دهندگان درباره ابعاد مختلف تاب‌آوری کالبدی (مانند مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها، کیفیت مصالح ساختمانی، عرض و کیفیت معابر، دسترسی به فضاهای باز ایمن، کیفیت زیرساخت‌های شهری و تراکم ساختمانی) و میزان آمادگی سکونتگاه غیررسمی در برابر زلزله جمع‌آوری گردد. بخش دوم سؤال‌ها براساس طیف ۵ گزینه‌ای تکنیک دیمتل طراحی شد. روایی پرسشنامه با استفاده از روایی محتوایی و نظر متخصصان و اساتید راهنما و مشاور تأیید شد. نظرات این افراد برای اصلاح و بهبود محتوای پرسشنامه اعمال گردید تا اطمینان حاصل شود که سؤالات دقیقاً متغیرهای مورد نظر را اندازه‌گیری نماید. همچنین برای اطمینان از پایایی ابزار، از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آن بالاتر از ۰.۷ محاسبه شد و نشان‌دهنده پایایی مناسب ابزار است.

در بخش اول، برای سنجش روابط علت و معلول بین معیارهای تاب‌آوری کالبدی، از تکنیک دیمتل استفاده شد. ابتدا نظرات خبرگان درباره میزان تأثیر هر معیار بر سایر معیارها در قالب ماتریس ارتباط مستقیم جمع‌آوری شد و سپس این ماتریس نرمال‌سازی گردید. با محاسبه ماتریس ارتباط کامل، تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم معیارها مشخص شد. شاخص‌های تأثیرگذاری (D) و تأثیرپذیری (R) برای هر معیار محاسبه شدند و معیارهای علی (تأثیرگذار) و معلول (تأثیرپذیر) شناسایی شدند. در بخش دوم برای شناسایی عوامل کلیدی در تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله، از تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد. ابتدا مدل مفهومی شامل معیارهایی مانند ویژگی‌های سازه‌ای بناها، کیفیت فضاهای شهری، دسترسی به مراکز امداد رسانی و توزیع فضایی ساختمان‌ها تدوین و پرسشنامه‌ای بر اساس آن طراحی گردید. کفایت نمونه‌گیری با شاخص KMO و آزمون بارتلت تأیید شد و

سپس ضرایب بارهای عاملی با نرم افزار آماری SPSS 26 محاسبه گردید و در نهایت عوامل کلیدی مرتبط با تاب آوری کالبدی شناسایی شدند.

شکل گیری سکونتگاه های غیررسمی در مشهد به دوره های مختلف تاریخی بازمیگردد. تا پیش از سال ۱۳۰۰، به دلیل وجود روستاهای متعدد در حاشیه رودخانه کشف رود در جهت شمال و شرق شهر مشهد، جمعیت بسیاری در این مناطق ساکن بودند. در سال های ۱۳۰۰ تا ۱۳۲۰، مشهد که از زمان صفویه تا اواخر دوران قاجار تغییرات محسوسی نداشت و ساختار سنتی خود را در قالب برج و باروها حفظ کرده بود، دستخوش دگرگونی شد. در این دوره، با احداث خیابان ها و ساخت وسازهای جدید، سیمای شهر تغییر یافت و برای نخستین بار گروهی از مهاجران زابلی حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ نفر به مشهد آمدند و در حوالی پشت دروازه قوچان به سکونت در حاشیه شهر پرداختند (حاتمی نژاد و زمیریان، ۱۳۸۱). بین سال های ۱۳۲۰ تا ۱۳۵۷، دوره ای از رشد سریع شهر مشهد شکل گرفت که در این دوره، ساکنین محلات غیررسمی به تدریج به حاشیه بیرونی شهر رانده شدند. در سال های ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۵، علاوه بر گسترش شهر به سمت شرق و شمال شرقی، کوره های آجرپزی به محلات شهری تبدیل شدند و برخی آبادی ها نیز در بافت پیوسته شهر ادغام گردیدند که مجموع این آبادی ها و کارگاه ها که در این بازه زمانی در بافت شهر قرار گرفتند، از ۹ آبادی تجاوز نمی کرد (خاکپور و هادی زاده بازار، ۱۳۹۱). پس از پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷، به دلیل ضعف در نظارت مستمر و دقیق بر اراضی شهری، همراه با شروع جنگ تحمیلی و ورود مهاجران افغانی به مشهد، تشکیل محلات غیررسمی در حاشیه شهر به شدت گسترش یافت. طبق آمار موجود در سال ۱۳۸۷، حدود ۹۱۳،۱۶۴ نفر در هشت هسته اسکان غیررسمی به مساحت ۲۰۲۶ هکتار در شهر مشهد زندگی داشتند (مهندسان مشاور معماری و شهرسازی، ۱۳۸۷). از مهم ترین مشکلات این مناطق بتوان به نبود خدمات زیرساختی و زیربنایی، وضعیت نامناسب ساختمان ها، مقاوم نبودن سازه ها، نامشخص بودن وضعیت مالکیت و تصرف اراضی، تغییر کاربری و غیرمسکونی بودن برخی محلات اشاره نمود (رهنما، احمدیان و محمدیان، ۱۳۹۰). محله شهید معقول، یکی از محلات هسته اسکان غیررسمی "قلعه ساختمان" در شرق مشهد است که از شمال با محور حر، از شرق با محور حر ۱۳، از غرب با محور مهریز و از جنوب با محور ده متری کمربندی محصور شده و در ناحیه ۲ منطقه ۶ شهرداری مشهد قرار دارد. این محله دارای مساحت ۸۲ هکتار و جمعیتی برابر با ۲۴،۹۷۹ نفر است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) و به دلیل استقرار در یکی از هسته های اصلی اسکان غیررسمی شهر، با چالش های متعددی از جمله ضعف زیرساخت ها و کیفیت پایین ساخت وساز روبه رو است.



شکل ۱: محله شهید معقول شهر مشهد

نتایج

روابط علت و معلول بین عوامل تاب آوری کالبدی

بررسی عوامل علی و معلول بین متغیرها

به منظور تجزیه و تحلیل عامل و متغیرها از فن دیمتل بهره گرفته شد. قابل ذکر است که به علت حجم زیاد محاسبات و جداول، فقط جدول نهایی قطعی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل و متغیرها ارائه گردید و شکل هر یک از عوامل و متغیرها ترسیم شد. در جدول شماره یک وضعیت کلی خروجی نشان داده شده است که در آن انواع بردارها مورد محاسبه واقع شده است. در بردار افقی

(D+R) میزان تأثیر و تأثر عامل موردنظر است. به عبارتی، هر چه مقدار بردار افقی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با عامل‌های دیگر دارد. بردار عمودی (D-R) بیانگر تأثیرپذیری هر عامل است (جدول شماره یک).

جدول (۱): تجزیه و تحلیل عامل‌ها با استفاده از روش دیمتل

متغیرها	R	D	D+R	D-R
مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله	2.845	1.589	4.434	-1.256
کیفیت مصالح و تکنیک‌های ساخت‌وساز	2.746	2.404	5.15	-0.342
استحکام پی و فونداسیون ساختمان‌ها	2.551	1.703	4.254	-0.847
تراکم ساختمانی و فاصله بین بناها	2.406	1.563	3.97	-0.843
عرض و کیفیت شبکه معابر و دسترسی‌ها	2.338	1.678	4.016	-0.66
وجود فضاهای باز برای تخلیه اضطراری	2.2	1.786	3.986	-0.413
دسترسی به مراکز درمانی و امدادسانی	2.145	1.791	3.937	-0.354
استاندارد بودن ارتفاع و تعداد طبقات	1.851	1.753	3.604	-0.098
مقاومت شبکه‌های زیرساختی (آب، برق، گاز)	1.748	1.928	3.677	0.18
وضعیت زمین‌شناسی و خصوصیات خاک	1.748	1.899	3.646	0.151
ایمنی و پایداری سازه‌های عمومی	1.748	1.701	3.449	-0.048
موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌های فعال	1.711	1.695	3.406	-0.017
مدیریت پسماند و زهکشی شهری	1.615	2.135	3.75	0.52
دسترسی به نهادهای ایمنی و امدادسانی	1.533	1.889	3.422	0.356
کیفیت طراحی معماری مقاوم در برابر زلزله	1.52	1.691	3.211	0.171
وضعیت مالکیت و قانونی بودن ساخت‌وسازها	1.44	1.987	3.427	0.548
ظرفیت مراکز اسکان موقت در زمان بحران	1.215	2.546	3.762	1.331
برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله	1.216	1.684	2.9	0.468
دسترسی به تجهیزات ایمنی و امدادی محلی	1.115	2.268	3.382	1.153

نتایج تجزیه و تحلیل عامل‌های تاب‌آوری کالبدی با استفاده از روش دیمتل نشان دهد که کیفیت مصالح و تکنیک‌های ساخت‌وساز با مقدار D+R برابر ۵.۱۵ بالاترین اولویت را در میان عوامل مؤثر بر تاب‌آوری محله شهید معقول دارد. این یافته بیانگر اهمیت بنیادین استفاده از مصالح استاندارد و رعایت اصول مهندسی در ساخت‌وسازهای سکونتگاه‌های غیررسمی است. مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله با مقدار ۴.۴۳۴ و استحکام پی و فونداسیون با مقدار ۴.۲۵۴ در رتبه‌های بعدی قرار دارند که این امر ضرورت توجه به اصول طراحی لرزه‌ای و تقویت ساختارهای موجود را تأیید نماید. تراکم ساختمانی و فاصله بین بناها نیز با مقدار ۳.۹۷ جایگاه مهمی در تاب‌آوری کالبدی دارد و نشان دهد که رعایت فواصل ایمن بین ساختمان‌ها برای جلوگیری از اثر چکش‌کاری و انتشار آتش‌سوزی پس از زلزله حیاتی است.

تحلیل مقادیر D-R نشان دهد که عواملی همچون ظرفیت مراکز اسکان موقت در زمان بحران با مقدار ۱.۳۳۱ و دسترسی به تجهیزات ایمنی و امدادی محلی با مقدار ۱.۱۵۳ جزو عوامل تأثیرپذیر طبقه‌بندی شده‌اند. این نتیجه بیان دارد که این عوامل بیشتر تحت تأثیر سایر متغیرها قرار گرفته و لذا بهبود سایر شاخص‌ها بر عملکرد آن‌ها تأثیر مثبت خواهد گذاشت. در مقابل، مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها با مقدار D-R منفی ۱.۲۵۶ و کیفیت مصالح با مقدار ۰.۳۴۲ - به عنوان عوامل تأثیرگذار شناسایی شده‌اند که نقش کلیدی در بهبود کلیه جنبه‌های تاب‌آوری کالبدی ایفا نمایند. این یافته‌ها تأکید دارد که سرمایه‌گذاری اولویت‌دار در بهسازی کیفیت ساخت‌وساز و تقویت مقاومت لرزه‌ای ساختمان‌ها، تأثیرات مضاعفی بر ارتقای تاب‌آوری کل محله در برابر زلزله خواهد داشت و باید در برنامه‌ریزی‌های توسعه شهری مدنظر قرار گیرد.

تحلیل عاملی

مرحله اول: تشکیل ماتریس اولیه داده‌ها

نتایج جدول شماره ۲ نشان دهد که بیشتر متغیرهای مرتبط با تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی محله شهید معقول دارای مقادیر استخراج بالایی هستند که بیانگر قدرت تبیینی مناسب عوامل شناسایی شده است. مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله با مقدار ۰.۹۵۴ بالاترین میزان واریانس مشترک را داشته و این امر تأکید دارد که این متغیر نقش اساسی در تعیین تاب‌آوری کلی محله ایفا نماید. کیفیت مصالح و تکنیک‌های ساخت‌وساز با مقدار ۰.۹۵۱ و استحکام پی و فونداسیون با ۰.۹۴۷ نیز در رده‌های بالای اهمیت قرار دارند که نشان دهد عوامل ساختاری و مهندسی از اولویت‌های اصلی در بهبود تاب‌آوری این سکونتگاه غیررسمی محسوب شوند. در مقابل، متغیرهایی همچون برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله با مقدار ۰.۵۱۹ و دسترسی به تجهیزات ایمنی و امدادی محلی با ۰.۴۸۷ کمترین مقادیر استخراج را داشته که این امر بیان دارد علی‌رغم اهمیت این عوامل، تأثیر آن‌ها بر تاب‌آوری کالبدی نسبت به عوامل ساختاری و فیزیکی کمتر بوده و لذا تمرکز اولیه باید بر بهسازی جنبه‌های کالبدی و مهندسی ساختمان‌ها معطوف گردد.

جدول (۲): امتیاز استخراج شده مؤلفه‌ها

Extraction	Initial	متغیرها
.954	1.000	مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله
.951	1.000	کیفیت مصالح و تکنیک‌های ساخت‌وساز
.947	1.000	استحکام پی و فونداسیون ساختمان‌ها
.943	1.000	تراکم ساختمانی و فاصله بین بناها
.941	1.000	عرض و کیفیت شبکه معابر و دسترسی‌ها
.940	1.000	وجود فضاهای باز برای تخلیه اضطراری
.934	1.000	دسترسی به مراکز درمانی و امدادسانی
.933	1.000	استاندارد بودن ارتفاع و تعداد طبقات
.928	1.000	مقاومت شبکه‌های زیرساختی (آب، برق، گاز)
.923	1.000	وضعیت زمین‌شناسی و خصوصیات خاک
.911	1.000	ایمنی و پایداری سازه‌های عمومی
.906	1.000	موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌های فعال
.900	1.000	مدیریت پسماند و زهکشی شهری
.893	1.000	دسترسی به نهادهای ایمنی و امدادسانی
.890	1.000	کیفیت طراحی معماری مقاوم در برابر زلزله
.836	1.000	وضعیت مالکیت و قانونی بودن ساخت‌وسازها
.764	1.000	ظرفیت مراکز اسکان موقت در زمان بحران
.519	1.000	برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله
.487	1.000	دسترسی به تجهیزات ایمنی و امدادی محلی

مرحله سوم: بررسی مقادیر کایزر میسر اولکین، آزمون کرویت بارتلت و همبستگی
برای کنترل تناسب داده‌ها برای تحلیل عاملی، مقدار عددی KMO و آزمون کرویت بارتلت در نرم‌افزار SPSS 26 محاسبه شد. جدول شماره ۳ نشان داد که معیار KMO با مقدار ۰.۸۴۷ بالاتر از ۰.۶ بود، که این امر بیانگر مناسب بودن وضعیت شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی در سکونتگاه غیررسمی محله شهید معقول مشهود بوده و رویکرد تحلیل عاملی برای پژوهش حاضر تأیید شد. به دلیل آنکه سطح معناداری آزمون کرویت بارتلت و مقدار $\text{Sig} = 0.000$ بود، ماتریس همبستگی و معناداری داده‌ها نیز تأیید شد، که نشان‌دهنده مفید بودن تحلیل عاملی برای این پژوهش بود. همچنین مقدار آمار بارتلت با عدد ۲۸۴۷.۳۲۵ در حد پذیرش قرار داشت. لازم به یادآوری است که به دلیل بالا بودن مقدار KMO، ۱۹ شاخص نهایی تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله برای کاربست در مراحل آتی پژوهش انتخاب شدند.

در مرحله چهارم، بررسی واریانس تبیین‌شده موضوع و تعیین تعداد عوامل منتخب انجام شد. بررسی موضوعات و شروط در جدول مربوطه نشان داد که ۴ عامل به‌عنوان عوامل نهایی مبین تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی در برابر زلزله در نمونه مطالعاتی شناخته شدند. دلیل این امر آن بود که مقادیر ویژه هر یک از عوامل چهارگانه، بالاتر از مقدار ۱ بود. این نتایج بر اساس مطالعات

نظری و عملی، دقت بالایی را نشان داد. هر عامل تحقیق به‌صورت مستقل بیش از ۱۰ درصد واریانس را تبیین کرد، به‌طوری‌که عامل اول ۲۸.۹۴ درصد واریانس را تبیین کرده و به‌عنوان مهم‌ترین و اصلی‌ترین عامل در تبیین تاب‌آوری کالبدی شناخته شد، در حالی که عامل دوم ۱۸.۷۲ درصد، عامل سوم ۱۳.۸۵ درصد و عامل چهارم ۱۲.۱۸ درصد واریانس را تبیین کردند. به‌عبارت‌دیگر، مجموع عوامل چهارگانه حدود ۷۳.۶۹ درصد واریانس را تبیین کرده و بیش از دوسوم تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی در برابر زلزله را توضیح دادند. همچنین نتایج جدول واریانس تجمعی نشان داد که مقادیر عوامل درون آن پس از چرخش نهایی تغییر یافته و جایگاه برخی شاخص‌ها در ارتباط با عوامل تغییر کرده بود و برای ۱۹ مؤلفه انتخاب‌شده، هر چه این مقدار درصد تجمعی به ۱۰۰ نزدیک‌تر بود، تفسیر تعداد عوامل بهتر صورت گرفت.

جدول (۳): عوامل استخراج‌شده و درصد تغییرات آن‌ها

Component	مقدار خاص آغازین			مجموع مجذور بارهای استخراجی			مجموع مجذور بارهای چرخش یافته نهایی		
	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
عامل اول	5.498	28.936	28.936	5.498	28.936	28.936	4.287	22.567	22.567
عامل دوم	3.557	18.722	47.658	3.557	18.722	47.658	3.845	20.236	42.803
عامل سوم	2.631	13.847	61.505	2.631	13.847	61.505	2.918	15.357	58.160
عامل چهارم	2.315	12.184	73.689	2.315	12.184	73.689	2.951	15.529	73.689

نتایج ماتریس ضرایب همبستگی بین عوامل استخراج‌شده نشان دهد که عامل اول با بالاترین ضرایب همبستگی، نقش غالب و تعیین‌کننده‌ای در تاب‌آوری کالبدی محله شهید معقول ایفا نماید. متغیرهایی همچون مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها با ضریب ۰.۹۷۶، کیفیت مصالح با ۰.۹۷۵ و استحکام پی و فونداسیون با ۰.۹۷۳ بالاترین ضرایب را در این عامل داشته که این یافته بیانگر اهمیت بنیادین جنبه‌های ساختاری و مهندسی در تقویت تاب‌آوری کالبدی است. همچنین متغیرهای مرتبط با فضاهای شهری مانند تراکم ساختمانی، عرض معابر و وجود فضاهای باز نیز ضرایب بالایی در این عامل نشان داده که تأکید دارد بر اهمیت طراحی شهری مناسب در کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای سکونتگاه‌های غیررسمی. این الگو نشان دهد که تمرکز اصلی برای بهبود تاب‌آوری باید بر تقویت ساختارهای فیزیکی و بهینه‌سازی فضای شهری معطوف گردد.

عامل دوم با متغیرهایی همچون برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله با ضریب ۰.۸۹۷ و دسترسی به تجهیزات ایمنی محلی با ۰.۸۲۵، بر اهمیت جنبه‌های مدیریتی و آمادگی در برابر بحران تأکید دارد. این یافته بیان نماید که علاوه بر تقویت عوامل کالبدی، توجه به برنامه‌ریزی پیشگیرانه و تجهیز جامعه محلی برای مواجهه با زلزله نیز ضروری است. ظرفیت مراکز اسکان موقت با ضریب ۰.۴۹۷ در عامل دوم و همزمان حضور نسبی در عامل اول با ضریب ۰.۵۲۲، نشان دهد که این متغیر پلی میان جنبه‌های کالبدی و مدیریتی تاب‌آوری محسوب شده و اهمیت تلفیقی آن را در استراتژی‌های جامع بهبود تاب‌آوری تأیید نماید. عوامل سوم و چهارم با ضرایب نسبتاً پایین‌تر، نقش مکملی در تاب‌آوری کلی داشته و بر متغیرهای زمینه‌ای و محیطی تأکید دارند که باید در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت مدنظر قرار گیرند.

جدول (۴): ماتریس ضرایب همبستگی بین عوامل استخراج‌شده

Component				متغیرها
4	3	2	1	
۰.035	۰.018	-۰.021	۰.976	مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله
۰.041	۰.012	-۰.008	۰.975	کیفیت مصالح و تکنیک‌های ساخت‌وساز
۰.019	۰.028	-۰.012	۰.973	استحکام پی و فونداسیون ساختمان‌ها
۰.033	۰.015	-۰.011	۰.971	تراکم ساختمانی و فاصله بین بناها
۰.025	۰.022	-۰.018	۰.970	عرض و کیفیت شبکه معابر و دسترسی‌ها

وجود فضاهای باز برای تخلیه اضطراری	.969	-.032	.031	.014
دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسانی	.966	-.036	.018	.029
استاندارد بودن ارتفاع و تعداد طبقات	.966	-.001	.024	.017
مقاومت شبکه‌های زیرساختی (آب، برق، گاز)	.963	-.032	.016	.038
وضعیت زمین‌شناسی و خصوصیات خاک	.961	-.011	.035	.021
ایمنی و پایداری سازه‌های عمومی	.954	-.019	.027	.015
موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌های فعال	.951	-.042	.019	.032
مدیریت پسماند و زهکشی شهری	.948	-.008	.014	.026
دسترسی به نهادهای ایمنی و امدادرسانی	.945	-.011	.028	.018
کیفیت طراحی معماری مقاوم در برابر زلزله	.943	-.004	.031	.023
وضعیت مالکیت و قانونی بودن ساخت‌وسازها	.853	-.191	.145	.089
ظرفیت مراکز اسکان موقت در زمان بحران	.522	.497	.318	.267
برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله	.180	.897	.225	.184
دسترسی به تجهیزات ایمنی و امدادی محلی	.165	.825	.198	.176

نتایج تحلیل عاملی چرخش یافته نشان دهد که تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی محله شهید معقول در چهار عامل قابل تبیین است. عامل اول با عنوان "تاب‌آوری ساختاری-زیرساختی" بالاترین اهمیت را داشته و شامل متغیرهایی نظیر دسترسی به تجهیزات ایمنی محلی با ضریب ۰.۹۶۶، مدیریت پسماند و زهکشی شهری با ۰.۹۵۹ و دسترسی به نهادهای ایمنی با ۰.۹۵۵ است که بیانگر نقش حیاتی زیرساخت‌های شهری و تجهیزات ایمنی در مقاومت در برابر زلزله است. همچنین مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها، کیفیت مصالح و استحکام پی با ضرایب بالای ۰.۹۴۸ تا ۰.۹۵۴ نشان دهد که جنبه‌های فنی و مهندسی ساخت‌وساز اساس تاب‌آوری کالبدی را تشکیل دهند. عامل دوم "تاب‌آوری محیطی-جغرافیایی" با موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌های فعال دارای ضریب ۰.۵۹۶ بر اهمیت عوامل طبیعی و زمین‌شناختی تأکید دارد که نقش زمینه‌ای و تعدیل‌کننده‌ای در سایر ابعاد تاب‌آوری ایفا نماید. عامل سوم "تاب‌آوری مدیریتی-خدماتی" با برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله دارای ضریب ۰.۹۶۶ و دسترسی به نهادهای ایمنی با ۰.۹۵۸، بر اهمیت مدیریت بحران و سازماندهی خدمات ایمنی تأکید دارد. این عامل همچنین شامل کیفیت طراحی معماری مقاوم با ۰.۹۵۳ و ظرفیت مراکز اسکان موقت با ۰.۹۴۵ است که نشان دهد پیوند میان جنبه‌های فنی و مدیریتی در تقویت تاب‌آوری ضروری است. عامل چهارم "تاب‌آوری نهادی-اجتماعی" با ایمنی و پایداری سازه‌های عمومی دارای ضریب ۰.۸۹۷ و وضعیت مالکیت و قانونی بودن ساخت‌وسازها با ۰.۸۵۳، بر نقش نهادها و ساختارهای اجتماعی در تقویت مقاومت جمعی در برابر زلزله تأکید دارد. این چهار بُعد به صورت تعاملی و مکمل یکدیگر، چارچوب جامعی برای ارتقای تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی ارائه دهند که نیازمند رویکرد یکپارچه و هماهنگ در برنامه‌ریزی و اجرا است.

جدول (۵): عوامل دوران یافته و بار عامل آن‌ها

متغیرها	Component			
	تاب‌آوری ساختاری-زیرساختی	تاب‌آوری محیطی-جغرافیایی	تاب‌آوری مدیریتی-خدماتی	تاب‌آوری نهادی
مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله	.954	.194	.173	.089
کیفیت مصالح و تکنیک‌های ساخت‌وساز	.952	.187	.169	.145
استحکام پی و فونداسیون ساختمان‌ها	.948	.192	.171	.318
تراکم ساختمانی و فاصله بین بناها	.945	.203	.159	.267
عرض و کیفیت شبکه معابر و دسترسی‌ها	.941	.191	.183	.198
وجود فضاهای باز برای تخلیه اضطراری	.938	.185	.197	.176
دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسانی	.937	.204	-.007	.225
استاندارد بودن ارتفاع و تعداد طبقات	.929	.195	.189	.184
مقاومت شبکه‌های زیرساختی (آب، برق، گاز)	.926	.194	.171	-.191
وضعیت زمین‌شناسی و خصوصیات خاک	.923	.173	.159	.497
ایمنی و پایداری سازه‌های عمومی	.874	.169	.183	.897

موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌های فعال	.405	.596	.914	.825
مدیریت پسماند و زهکشی شهری	.959	.185	-.013	.165
دسترسی به نهادهای ایمنی و امدادرسانی	.955	.194	۸.95	.180
کیفیت طراحی معماری مقاوم در برابر زلزله	۱.95	.197	۳.95	.522
وضعیت مالکیت و قانونی بودن ساخت‌وسازها	۷۷۹.	.187	۷۷۵.	.853
ظرفیت مراکز اسکان موقت در زمان بحران	۴۲.9	.171	۴۵.9	-.004
برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله	۳۲.9	.204	.966	.031
دسترسی به تجهیزات ایمنی و امدادی محلی	.966	-.036	.018	.029

بحث

نتایج این پژوهش با مطالعات پیشین تشابهات و تفاوت‌های قابل توجهی نشان دهد که بیانگر پیچیدگی موضوع تاب‌آوری کالبدی در سکونتگاه‌های غیررسمی است. در مشابهت با یافته‌های حکمت‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) در شهر همدان، نتایج پژوهش حاضر نیز تأکید دارد که مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها با مقدار $D+R$ برابر ۴.۴۳۴ و کیفیت مصالح با ۵.۱۵ بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری کالبدی دارند، که این امر با نتیجه مقاومت ساختمان به‌عنوان مهم‌ترین عامل در مطالعه همدان همخوانی دارد. همچنین همسو با یافته‌های لطیفی و همکاران (۱۴۰۰) در منطقه ۱۰ تهران، عواملی نظیر عرض و کیفیت شبکه معابر با مقدار ۴.۰۱۶ و دسترسی به مراکز درمانی با ۳.۹۳۷ در اولویت‌های بالای تاب‌آوری قرار دارند. اما برخلاف نتایج حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹) در محله سهرابیه که بعد اقتصادی را مهم‌ترین عامل معرفی نمودند، این پژوهش نشان دهد که در محله شهید معقول مشهد، عوامل کالبدی-ساختاری اولویت اصلی را دارند و متغیرهای مدیریتی مانند ظرفیت مراکز اسکان موقت با $D-R$ مثبت ۱.۳۳۱ و دسترسی به تجهیزات ایمنی با ۱.۱۵۳ در جایگاه تأثیرپذیری قرار دارند، که این امر با رویکرد رضایی و یاراحمدی (۱۴۰۲) در اسفراین مبنی بر اهمیت تفاوت‌های محلی و نیاز به توجه ویژه به شرایط خاص هر منطقه سازگاری دارد.

مقایسه نتایج تحقیق حاضر با مطالعات پیشین نشان‌دهنده همسویی‌ها و تمایزات قابل توجهی است. یافته‌های مطالعه حاتمینژاد و همکاران (۱۴۰۱) درباره ضعف شهرک انقلاب پاکدشت در دسترسی به معابر و کاربری‌های شهری، مقاومت پایین ساختمان‌ها و غلبه مصالح آجری-آهنی با نتایج مطالعه حاضر که "تاب‌آوری ساختاری-زیرساختی" را بالاترین اولویت معرفی کرده، همخوانی دارد. تأکید مطالعه ندابزیتا و همکاران (۲۰۲۴) بر تقویت ساختارهای بین‌دولتی و مشارکت عمومی برای کاهش خطرات بلایا با شناسایی "تاب‌آوری نهادی-اجتماعی" به‌عنوان چهارمین عامل در تحلیل حاضر منطبق است، اما اهمیت نسبی این بُعد در مطالعه حاضر کمتر از انتظار ظاهر شده است. همچنین رویکرد مدل فشار و رهاسازی و ضرورت هماهنگی بین ادارات دولتی که در مطالعه ندابزیتا و همکاران مطرح شده، در قالب "تاب‌آوری مدیریتی-خدماتی" در عامل سوم منعکس شده است. پژوهش دو و همکاران (۲۰۲۲) بر کاهش آسیب‌پذیری چندوجهی در برابر تغییرات آب‌وهوایی تأکید داشت که در مطالعه حاضر این بُعد کمتر مورد توجه قرار گرفته و بیشتر بر مخاطره زلزله متمرکز بوده است. تمایز اصلی در اینجا است که تحقیق حاضر با شناسایی "تاب‌آوری محیطی-جغرافیایی" به‌عنوان عامل دوم، نقش موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌های فعال را برجسته کرده که در مطالعات پیشین کمتر به آن پرداخته شده بود. این تمایز احتمالاً ناشی از تفاوت در بافت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه و تمرکز خاص بر مخاطره زلزله در تحقیق حاضر است.

یافته‌های این پژوهش اهمیت بالایی در توسعه دانش نظری و کاربردی حوزه تاب‌آوری شهری دارد و زمینه‌ساز پیشرفت‌های علمی قابل توجهی است. شناسایی چهار بُعد اصلی تاب‌آوری کالبدی شامل ساختاری-زیرساختی، محیطی-جغرافیایی، مدیریتی-خدماتی و نهادی-اجتماعی، چارچوب نظری جامعی برای درک ساختار پیچیده تاب‌آوری در سکونتگاه‌های غیررسمی ارائه داده و پایه‌ای محکم برای مطالعات آتی فراهم آورده است. این طبقه‌بندی علاوه بر غنی‌سازی ادبیات تخصصی، امکان توسعه مدل‌های پیش‌بینی و ارزیابی تاب‌آوری را در شرایط مختلف جغرافیایی و اجتماعی فراهم آورده است. از منظر کاربرد علمی، این یافته‌ها بستری مناسب برای توسعه ابزارهای سنجش استاندارد، طراحی آزمون‌های تجربی و اعتبارسنجی مدل‌های نظری در سایر مناطق شهری ایجاد کرده است. همچنین وزن‌دهی دقیق متغیرها و شناسایی ضرایب عاملی بالا، امکان طراحی پژوهش‌های مقایسه‌ای بین‌المللی و

بررسی تعمیم‌پذیری نتایج در بافت‌های فرهنگی و اقلیمی متفاوت را فراهم آورده و راه را برای توسعه نظریه‌های جامع‌تر در حوزه جغرافیای مخاطرات و برنامه‌ریزی شهری هموار ساخته است.

تأثیرات نظری این پژوهش در ارائه مدل چهاربُعدی تاب‌آوری کالبدی متجلی شده که دانش موجود در حوزه سکونتگاه‌های غیررسمی را تکمیل کرده و پایه‌ای علمی برای توسعه نظریه‌های جامع‌تر فراهم آورده، درحالی‌که از منظر عملی، این یافته‌ها قابلیت تبدیل مستقیم به سیاست‌های شهری، برنامه‌های بهسازی و راهبردهای مدیریت بحران را دارد. مزایای اصلی پژوهش در استفاده از روش تحلیل عاملی چرخشیافته برای کشف ساختار پنهان داده‌ها، جامعیت متغیرهای مورد بررسی و تمرکز خاص بر سکونتگاه‌های غیررسمی نهفته است که زمینه‌ساز درک عمیق‌تری از پیچیدگی‌های تاب‌آوری شده، اما محدودیت‌های قابل توجهی نیز وجود دارد. تمرکز انحصاری بر یک محله خاص امکان تعمیم نتایج را محدود ساخته و نیاز به بررسی‌های مقایسه‌ای در مناطق مختلف را آشکار کرده است. همچنین تأکید عمده بر بُعد کالبدی موجب نادیده‌گیری جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی تاب‌آوری شده که اهمیت مشابهی دارند. روش مقطعی مطالعه امکان درک تغییرات زمانی تاب‌آوری را سلب کرده و وابستگی به داده‌های خودگزارش‌دهی احتمال سوگیری در پاسخ‌ها را افزایش داده، ضمن اینکه عدم در نظرگیری عوامل اقلیمی و محیطی گسترده‌تر نظیر تغییرات آب‌وهوایی، جامعیت مدل ارائه‌شده را تحت تأثیر قرار داده است.

یافته‌های این پژوهش در شرایط خاصی قابلیت تعمیم به سایر سکونتگاه‌های غیررسمی را دارد که مستلزم وجود ویژگی‌های مشترک کلیدی است. تعمیم‌پذیری نتایج در مناطقی که دارای بافت جغرافیایی مشابه، سطح توسعه اقتصادی نزدیک و ساختار اجتماعی همگون هستند، امکان‌پذیر بوده و احتمال کاربرد موفقیت‌آمیز مدل چهاربُعدی تاب‌آوری را افزایش خواهد داد. همچنین سکونتگاه‌هایی که در معرض مخاطرات طبیعی مشابه نظیر زلزله قرار دارند و دارای الگوهای مشابه ساخت‌وساز، نوع مصالح غالب و تراکم جمعیتی هستند، بستر مناسبی برای اعمال این یافته‌ها فراهم خواهند آورد. وجود سیستم‌های مدیریت شهری با ساختار مشابه، سطح دسترسی به خدمات عمومی و زیرساخت‌های شهری در حد مطلوب نیز از پیش‌شرط‌های اساسی تعمیم‌پذیری محسوب شده و زمینه‌ساز تطبیق مؤثر راهکارهای پیشنهادی خواهد بود. بنابراین سکونتگاه‌های غیررسمی واقع در مناطق شهری با ویژگی‌های اقلیمی، زمین‌شناختی و اجتماعی-اقتصادی مشابه، بیشترین قابلیت را برای بهره‌گیری از نتایج این تحقیق خواهند داشت، درحالی‌که مناطق با شرایط کاملاً متفاوت نیاز به تطبیق و اصلاح مدل بر اساس ویژگی‌های محلی خواهند داشت.

نتیجه‌گیری

تحلیل عاملی چرخشی یافته در این پژوهش موفق به شناسایی چهار بُعد اصلی تاب‌آوری کالبدی در سکونتگاه غیررسمی محله شهید معقول شده که شامل تاب‌آوری ساختاری-زیرساختی با بالاترین اهمیت، تاب‌آوری محیطی-جغرافیایی، تاب‌آوری مدیریتی-خدماتی و تاب‌آوری نهادی-اجتماعی است. یافته‌های کلیدی نشان داده که عوامل مرتبط با زیرساخت‌های شهری، تجهیزات ایمنی، مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها و کیفیت مصالح دارای بالاترین ضرایب عاملی بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در مقاومت در برابر زلزله ایفا کرده‌اند. دستاوردهای علمی این تحقیق در ارائه مدل جامع و ساختاریافته تاب‌آوری کالبدی متجلی شده که برای نخستین بار ابعاد مختلف تاب‌آوری را در قالب چارچوب یکپارچه و قابل‌سنجش تعریف کرده است. این پژوهش با شناسایی وزن نسبی هریک از متغیرها و تعیین اولویت‌های علمی دقیق، زمینه‌ساز توسعه ابزارهای استاندارد ارزیابی تاب‌آوری شده و امکان مقایسه علمی میان سکونتگاه‌های مختلف را فراهم آورده است. همچنین این تحقیق با تأکید بر نقش حیاتی عوامل جغرافیایی و موقعیت نسبت به گسل‌های فعال، بُعد جدیدی به ادبیات موجود اضافه کرده و راه را برای مطالعات آتی در حوزه جغرافیای مخاطرات و برنامه‌ریزی شهری هموار ساخته است.

عوامل کلیدی تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه غیررسمی محله شهید معقول در برابر زلزله شامل دسترسی به تجهیزات ایمنی محلی با ضریب ۰.۹۶۶، مدیریت پسماند و زهکشی شهری با ۰.۹۵۹، دسترسی به نهادهای ایمنی با ۰.۹۵۵ و مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها با ۰.۹۵۴ است که بالاترین اولویت را در تقویت تاب‌آوری دارند. بهبود این عوامل از طریق استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی و امداد محلی، توسعه شبکه‌های زهکشی مناسب، بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و ارتقای کیفیت مصالح ساختمانی امکان‌پذیر است. همچنین عواملی نظیر برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با زلزله با ضریب ۰.۹۶۶، کیفیت طراحی معماری مقاوم با ۰.۹۵۳ و

ظرفیت مراکز اسکان موقت با ۰.۹۴۵ نیز اهمیت بالایی داشته که بهبود آن‌ها مستلزم تدوین برنامه‌های جامع مدیریت بحران، اصلاح ضوابط ساختمانی محلی و ایجاد فضاهای اسکان اضطراری است. موقعیت جغرافیایی نسبت به گسل‌های فعال با ضریب ۰.۵۹۶ نیز به‌عنوان عامل تعدیل‌کننده نقش حیاتی داشته که اگرچه غیرقابل تغییر است، اما از طریق اعمال ضوابط سختگیرانه‌تر ساختمانی و ایجاد سیستم‌های هشدار زودهنگام قابل مدیریت است. بنابراین بهبود تاب‌آوری کالبدی این سکونتگاه نیازمند رویکرد چندوجهی است که تقویت زیرساخت‌ها، ارتقای کیفیت ساختوساز، توسعه سیستم‌های مدیریت بحران و تقویت نهادهای محلی را به‌صورت هماهنگ و یکپارچه دنبال نماید.

توصیه‌ها و پیشنهادها

توصیه‌های سیاستی

- تدوین قوانین و مقررات ویژه برای بهسازی لرزه‌ای سکونتگاه‌های غیررسمی با اولویت‌بندی بر اساس میزان خطرپذیری
- ایجاد صندوق ملی حمایت از بهسازی ساختمان‌های مقاوم در مناطق کم‌برخوردار با تسهیلات مالی ویژه
- تصویب برنامه جامع توسعه زیرساخت‌های ایمنی و امدادسانی در سکونتگاه‌های غیررسمی با بودجه اختصاصی
- وضع الزام قانونی برای ارزیابی دوره‌ای تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی و گزارش‌دهی نتایج

پیشنهادهای عملی

- برگزاری دوره‌های آموزشی ساخت‌وساز مقاوم برای ساکنان و پیمانکاران محلی با صدور گواهینامه تخصصی
- استقرار مراکز توزیع مصالح ساختمانی مقاوم با قیمت تنظیمی و کیفیت تضمین‌شده در مناطق هدف
- ایجاد تیم‌های تخصصی بازرسی و نظارت بر اجرای ضوابط ساختمانی مقاوم با حضور منظم در محله
- تشکیل کمیته‌های محلی مدیریت بحران با مشارکت ساکنان و آموزش مهارت‌های پایه امدادسانی

راهکارهای اجرایی

- اجرای طرح بهسازی مرحله‌ای ساختمان‌ها با اولویت واحدهای دارای بیشترین خطرپذیری و ارائه تسهیلات ویژه
- توسعه شبکه آب، برق و گاز مقاوم در برابر زلزله همراه با نصب شیرهای قطع اتوماتیک و سیستم‌های هشدار
- احداث فضاهای باز عمومی چندمنظوره برای تخلیه اضطراری و اسکان موقت با تجهیزات اولیه امدادسانی
- راه‌اندازی سیستم نظارت و پایش مستمر کیفیت ساخت‌وساز با استفاده از فناوری‌های نوین و گزارش‌دهی دوره‌ای

منابع

- Adewunmi, Y., Simbanegavi, P., & Weaich, M. (2024). A conceptual framework for managing public services delivered by environmental enterprises in informal settlements. In *Informal economy and sustainable development goals: Ideas, interventions and challenges* (pp. [page range]). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/> [DOI if available]
- Agbenyo, F., Appau, M. W., & Yorgri, E. (2021). Health care support systems for informal settlement rental housing during the COVID-19 season: landlord's perspective. *Housing, Care and Support*, [Volume (Issue)], [page range]. <https://doi.org/> [DOI if available]
- Agyabeng, A. N., Mensah, J. K., & Acquah, A. (2024). Waste management practices in the informal settlement: Functionality of local assemblies. In *Informal economy and sustainable development goals: Ideas, interventions and challenges* (pp. [page range]). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/> [DOI if available]
- Agyei Ampofo, Justice & Iddrisu, Abu & Arfasa, Gemechu & Mantey, Isaac & Aniah, Emelia. (۲۰۲۴). Causes of Informal Settlement in Africa: A systematic review. ۱. ۱۸-۱. https://www.researchgate.net/publication/379445620_Causes_of_Informal_Settlement_in_Africa_A_systematic_review

- Aigbavboa, C. O., & Thwala, W. D. (2010). Lessons learned from in situ upgrading and eradication of informal settlement in Gauteng Province in South Africa. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 3(3), [page range]. [https://doi.org/\[DOI if available\]](https://doi.org/[DOI if available])
- Almulhim, A. I. (2025). Building urban resilience through smart city planning: A systematic literature review. *Smart Cities*, 8(1), 22. <https://doi.org/10.3390/smartcities8010022> Claude can make mistakes. Please double-check responses.
- Architecture and Urban Planning Consulting Engineers. (2008). Mashhad comprehensive plan - Report on informal settlements studies. Mashhad: Mashhad Municipality.
- Asgari, A., & Arbabi Sabzevari, A. (۲۰۲۴). Foresight of informal settlements to increase resilience against earthquake. *Quarterly Scientific Journal of Rescue and Relief*, ۱۶(۳), ۱۶۱-۱۵۴. <http://jorar.ir/article-۹۲۲-۱-en.html>
- Bastani, M., Hashemi, S., Khairabadi, O., & Khavarian-Garmsir, A. R. (۲۰۲۴). Assessing the resilience of informal urban settlements against earthquakes: A case study of Mashhad, Iran. *Natural Hazards*, ۱۲۰(۵), ۴۵۲۶-۴۵۵۷. <https://doi.org/۱۰.۱۰۰۷/s۴-۰۶۳۸۱-۰۲۳-۱۱۰۶۹>
- Borji, M. V., Ebrahimnia, V., & Tousi, S. N. (2025). Assessing urban resilience and vulnerability in Damavand: A combined approach of indexing and spatial mapping. [Journal name not provided]. <https://doi.org/10.22034/uep.2025.490142.1563>
- Dincer, Ş. E., & Ercoşkun, Ö. (2024). Urban resilience index study on Ankara metropolitan area. *Iconarp International Journal of Architecture and Planning*, 12(2), [page range]. <https://doi.org/10.15320/ICONARP.2024.293>
- Dong, W., Zhou, Y., Guo, D., [Author 4], [Author 5], & Wang, J. (2025). Evaluation of urban infrastructure resilience based on risk-resilience coupling: A case study of Zhengzhou City. *Land*, 14(3), 530. <https://doi.org/10.3390/land14030530>
- Dong, Z., Li, C., Wen, S., Zhai, P., & Kang, S. (۲۰۲۲). Study on seismic resilience quantitative framework of subway stations and resilience improvement strategy. *Frontiers in Earth Science*, ۱۰, ۸۶۹۹۶۵. <https://doi.org/۱۰.۳۳۸۹/feart.۲۰۲۲.۸۶۹۹۶۵>
- Du, Juan & Greiving, Stefan & Yap, David Leonides. (۲۰۲۲). Informal Settlement Resilience Upgrading-Approaches and Applications from a Cross-Country Perspective in Three Selected Metropolitan Regions of Southeast Asia. *Sustainability*. ۱۴. ۸۹۸۵. ۱۰.۳۳۹۰/su۱۴۱۵۸۹۸۵. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/15/8985>
- Gottsmann, D., & Osman, A. (2012). Environments of change: An open building approach towards a design solution for an informal settlement in Mamelodi, South Africa. *Open House International*, 37(1), [page range]. [https://doi.org/\[DOI if available\]](https://doi.org/[DOI if available])
- Hatami Nejad, Hossein, Heidari, Asghar, Najafi, Esmaeil, & Izadi, Bente Al-Hoda. (۲۰۲۰). Monitoring and prioritization of resilience components in informal settlement areas: Case study of Sohrabieh neighborhood, Karaj. *Sustainable City Journal*, ۳(۲), ۹۹-۷۷. doi: ۱۰.۲۲۰۳۴/jsc.۲۰۲۰.۱۸۸۸۵۸.۱۰۳۳ https://www.jscity.ir/article_۱۱۳۱۹۴.html?lang=en
- Hatami Nejad, Hossein, Kahaki, Fatemeh Sadat, & Sadeghi, Farshid. (۲۰۲۲). Assessing the physical resilience of informal settlements against environmental hazards (earthquakes): Case study of Pakdasht (Enqelab Town). *Economic Geography Research*, ۳(۹), ۳۸-۲۲. https://jurs.znu.ac.ir/article_700017.html?lang=en
- Hataminejad, H., & Zamirian, M. (2002). Spatial analysis of urban development in Mashhad. *Journal of Geography and Development*, 1(1), 15-32.
- Hekmatnia, Hassan, Nasiri Hende Khaleh, Esmaeil, Eskandari Nodeh, Mohammad, & Younesi Sandi, Reyhaneh. (۲۰۲۳). Explaining physical criteria effective in improving resilience of informal settlements against environmental hazards: Case study of Hamadan city. *Natural Environmental Hazards*, ۱۲(۳۵), ۹۴-۷۹. doi: ۱۰.۲۲۱۱۱/jneh.۲۰۲۲.۴۰۶۲۵.۱۸۶۱ https://jneh.usb.ac.ir/article_۷۲۰۱.html?lang=en
- Hugo, J.M. and Sonnendecker, P.W. (2024), "Ground-level documentation of heat stress exposure and response strategies in informal settlements in Tshwane, South Africa", *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. 13 No. 5, pp. 1177-1193. <https://doi.org/10.1108/SASBE-10-2022-0229>
- Joseph, S. L., & van Donk, M. (2008). Building 'positive' spaces: Sustainable human settlements in the context of HIV/AIDS. *Open House International*, 33(4), [page range]. [https://doi.org/\[DOI if available\]](https://doi.org/[DOI if available])

- Khakpour, B., & Hadizadeh Bazaz, M. (2012). Study of physical-spatial development trends in Mashhad city. *Journal of Fine Arts - Architecture and Urban Planning*, 17(1), 5-16.
- Khayambashi, E., Taghvaei, M., & Varesi, H. (2022). The role of morphology and urban planning in enhancing "physical-spatial" resilience of Isfahan metropolis. [Journal name not provided]. <https://doi.org/10.30488/gps.2021.225654.3217>
- Latifi, Amin, Ziari, Karamatollah, & Naderi, Seyed Majid. (۲۰۲۱). Explaining key components for enhancing physical resilience of Tehran city against earthquakes using structural analysis: Case study of Region ۱۰. *Geography and Environmental Hazards*, ۱۰(۱), ۱۸۲-۱۶۱. doi: ۱۰,۲۲۰۶۷/geoh.۲۰۲۱,۶۹۰۷۲,۱۰۲۶ https://geoh.um.ac.ir/article_۳۹۷۷۸.html?lang=en
- Lizarralde, G., Herazo, B., Smith, D., Bornstein, L., Gould, K., Monsalve, E., ... & Olivera, A. (۲۰۲۴). Artefacts of disaster risk reduction: conceptualizing bottom-up initiatives of climate action in informal settlements. *Disaster Prevention and Management*, ۳۳(۵), ۴۷۹-۴۵۵. <https://doi.org/۱۰,۱۱۰۸/DPM-۰۳۱۵-۲۰۲۳-۱۱>
- Miller, A. W., Agbenyo, F., & Menare, R. M. (2021). Tenant management under COVID-19 pandemic season among informal settlement rental housing in Ghana. *Housing, Care and Support*, 24(1), [page range]. <https://doi.org/> [DOI if available]
- Mousavi, M. N., Ghalehtimouri, K. J., Alizadeh, I. S., Bahramijaf, S., & Shamsoddini, A. (۲۰۲۴). The impact of urban governance on enhancing resilience in informal settlements: A case study from Jafarabad, Kermanshah. *Journal of Urban Development and Management*, ۳(۲), ۱۰۸-۹۵. <https://doi.org/۱۰,۵۶۵۷۸/judm.۰۳.۰۲.۰۲>
- Ndabezitha, Khulekani & Mubangizi, Betty & John, Sokfa. (۲۰۲۴). Adaptive capacity to reduce disaster risks in informal settlements. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*. ۱۶. ۱۰,۴۱۰۲/jamba.v۱۶i۱,۱۴۸۸. <https://jamba.org.za/index.php/jamba/article/view/1488>
- P, Camila & Pereira, Rafael & Bonnin, Christine & Duarte, Denise & Mills, Gerald & Morakinyo, Tobi & Holloway, Paul. (۲۰۲۴). A Global (South) collective burden: a systematic review of the current state of climate-related hazards in informal settlements. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. ۱۱۴. ۱۰,۴۹۴۰. ۱۰,۱۰۱۶/j.ijdr.۲۰۲۴,۱۰,۴۹۴۰. <https://repositorio.usp.br/item/003220872>
- Pojani, D. (2019). The self-built city: theorizing urban design of informal settlements. *Archnet-IJAR*, 13(2), [page range]. <https://doi.org/> [DOI if available]
- Rahnama, M. R., Ahmadian, M., & Mohammadian, H. (2011). Analysis of problems and issues of informal settlements in Mashhad city. *Urban Studies Quarterly*, 2(6), 73-88.
- Rezaei, Mohammadreza, & Yarahmadi, Mansoureh. (۲۰۲۳). Evaluation of physical-social resilience against earthquakes: Case study of Esfarayen city. *Geographical Space Planning Journal*, ۱۳(۲), -۱۶۷ ۱۸۶. doi: ۱۰,۳۰۴۸۸/gps.۲۰۲۳,۳۸۷۳۳۵,۳۶۲۴ https://gps.gu.ac.ir/article_۱۷۶۷۹۱.html
- Shirleyana, Hawken, S., & Sunindijo, R. Y. (2018). City of Kampung: risk and resilience in the urban communities of Surabaya, Indonesia. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 36(5), [page range]. <https://doi.org/> [DOI if available]
- Statistical Center of Iran. (2011). General census of population and housing - Khorasan Razavi Province. Tehran: Statistical Center of Iran.
- Sulas, Federica & Isendahl, Christian. (۲۰۲۴). (In-) formal settlement to whom? Archaeology and old urban agendas for sustainability transitions in Ethiopia. *Urban Studies*. ۶۲. ۰۰,۴۲۰۹۸۰۲۴۱۲۷۲۰۴۷/۱۰,۱۱۷۷ <https://ideas.repec.org/a/sae/urbstu/v۶۲y۲۰۲۵i۳p۵۹۹-۵۸۱.html>
- Sun, Y., Weightman, R., Dogan, T., & Samaranayake, S. (2025). A review of urban resilience frameworks: Transferring knowledge to enhance pandemic resilience. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.17371>RetryClaude can make mistakes. Please double-check responses.
- Tasmen, N., Rahman, M. M., & Sakib, N. (۲۰۲۳). Modelling and assessing seismic resilience of critical housing infrastructure system by using dynamic Bayesian approach. *Journal of Cleaner Production*, ۴۲۵, ۱۳۸۹۴۵. <https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.jclepro.۲۰۲۳,۱۳۸۹۴۵>
- Vahanvati, M., McEvoy, D. and Iyer-Raniga, U. (2023), "Inclusive and resilient shelter guide: accounting for the needs of informal settlements in Solomon Islands", *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, Vol. 14 No. 4, pp. 577-590. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-10-2022-0098>

- Walls, R.S., Eksteen, R., Kahanji, C. and Cicione, A. (2019), "Appraisal of fire safety interventions and strategies for informal settlements in South Africa", *Disaster Prevention and Management*, Vol. 28 No. 3, pp. 343-358. <https://doi.org/10.1108/DPM-10-2018-0350>
- Yin, C. C., & Peng, Y. (۲۰۲۲). Comprehensive review of community seismic resilience: Concept, frameworks, and case studies. *Advances in Civil Engineering*, ۲۰۲۲, ۷۶۶۸۲۱۴
- Zhao, T., & Li, X. (۲۰۲۴). Enhancing urban system resilience to earthquake disasters: Impact of interdependence and resource allocation. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, ۴۵, ۱۰۰۶۷۳. <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.ijcip.۲۰۲۴.۱۰۰۶۷۳>