Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.13, Issue 41, October 2024

Physical Resilience of urban housing against earthquakes: an analysis of northern neighborhoods and regions of Tehran Metropolis

Abolfazl Meshkini[1*], Somayeh Alipour[2], Hasan Masoudi[3]

1. *Corresponding Author,* Associate Professor, Department of Geography and Planning, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Postdoctoral researcher in geography and urban planning, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. PhD student Geography and Planning, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 08 July 2023
Revised: 08 May 2024
Accepted: 08 June 2024

Keywords:
Physical Resilience, Housing, Earthquake, SWARA Method, Tehran Metropolis.

ABSTRACT

The metropolis of Tehran is one of the most vulnerable cities in the world against the danger of earthquakes, which, in addition to being located around numerous faults, faces rapid urbanization, high population density, and weak infrastructure. The present study seeks to analyze the physical resilience of urban housing in the northern neighborhoods and regions of the Tehran metropolis (regions 1-5 and 22), which are directly adjacent to the northern fault of Tehran. Therefore, this study is practical in terms of descriptive-analytical methods and terms of purpose. The data and information needed in the research have been collected from two library and survey methods and analyzed using the SWARA model and Excel and ArcGIS-Pro software. For this purpose, first, by studying the background of the research, 13 key criteria were identified, and then by using the SWARA model, their weighting and importance coefficient were determined; respectively, the criteria of "type of structure", "distance from the fault" and "access to the road network" were assigned the highest importance. The findings of the research indicate the poor condition of urban housing in the study area in terms of physical resilience against earthquakes, where more than 60% of the localities have low or very low resilience. Only, about 19% of the neighborhoods have favorable conditions and can withstand possible earthquakes. In this survey, "Golha", "Hazarsang" and "Moradabad" neighborhoods had the lowest level of resilience, and "Tehran Pars West", "Hakimieh" and "Javadieh" neighborhoods had the highest level of resilience. Among the six investigated regions, Region One showed the lowest and Region Four the highest level of resilience against earthquakes. The research results indicate the high instability and vulnerability of the studied area. In the meantime, the northern and western parts of the range are less resilient and therefore more vulnerable; on the contrary, the more we move towards the south and southeast areas of the range, the physical resilience of the housing against earthquakes increases.

Cite this article: Meshkini, A., Alipour, S., & Masoudi, H. (2024). Physical Resilience of urban housing against earthquakes: an analysis of northern neighborhoods and regions of Tehran Metropolis. Journal of Natural Environmental Hazards, 13(41), 39-60. DOI: 10.22111/jneh.2024.46098.1974

© Abolfazl Meshkini
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2024.46098.1974

* Corresponding Author Email: Meshkini@modares.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۱، مهر ۱۴۰۳

تاب‌آوری کالبدی مسکن شهری در برابر زلزله : تحلیلی از محلات و مناطق شمالی کلان‌شهر تهران

ابوالفضل مشکینی[1*]، سمیه علیپور[2]، حسن مسعودی[3]

۱. دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)
۲. پژوهشگر فرا دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس
۳. پژوهشگر دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

واژه‌های کلیدی:
تاب‌آوری کالبدی، مسکن، زلزله، فن SWARA، کلان‌شهر تهران.

چکیده

کلان‌شهر تهران یکی از آسیب‌پذیرترین شهرهای جهان در برابر مخاطره زلزله است که علاوه بر قرارگیری پیرامون گسل‌های متعدد، با شهرنشینی سریع، تراکم بالای جمعیت و زیرساخت‌های ضعیف مواجه است. این پژوهش، به دنبال تحلیل تاب‌آوری کالبدی مسکن شهری در محلات و مناطق شمالی کلان‌شهر تهران (مناطق ۱-۵ و ۲۲) است که به‌طور مستقیم در مجاورت گسل شمال تهران قرار دارند. بنابراین، این مطالعه به لحاظ روش توصیفی – تحلیل و از نظر هدف، کاربردی است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در پژوهش نیز از دو روش کتابخانه‌ای و پیمایشی جمع‌آوری و با استفاده از مدل SWARA و نرم‌افزارهای Excel و ArcGIS-Pro تجزیه‌وتحلیل شده‌اند. بدین منظور، نخست با مطالعه پیشینه‌ی پژوهش ۱۳ معیار کلیدی شناسایی و سپس با استفاده از مدل SWARA وزن‌دهی و ضریب اهمیت آن‌ها مشخص شد که به ترتیب، معیارهای «نوع سازه»، «فاصله از گسل» و «دسترسی به شبکه معابر»، بالاترین اهمیت را به خود اختصاص دادند. یافته‌های پژوهش حاکی از وضعیت نامناسب مسکن شهری در محدوده‌ی مورد مطالعه از نظر تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله است که بیش از ۶۰ درصد از محلات واقع در آن، از تاب‌آوری کم و بسیارکم برخوردارند. تنها حدود ۱۹ درصد از محلات شرایط مطلوبی داشته و می‌توانند در برابر زلزله‌های احتمالی مقاومت کنند. در این بررسی، به ترتیب محلات «گل‌ها»، «هزارسنگ» و «مرادآباد» کمترین میزان تاب‌آوری و محلات «تهران‌پارس غربی»، «حکیمیه» و «جوادیه» بیشترین درجه‌ی تاب‌آوری را به خود اختصاص دادند. در بین مناطق شش‌گانه مورد بررسی نیز منطقه یک کمترین و منطقه چهار بیشترین میزان تاب‌آوری در برابر زلزله را نشان دادند. نتایج پژوهش حاکی از ناپایداری و آسیب‌پذیری بالای محدوده‌ی مورد مطالعه است. در این میان، بخش‌های شمالی و غربی محدوده از تاب‌آوری کمتر و در نتیجه آسیب‌پذیری بیشتری برخوردارند و در مقابل، هرچقدر به سمت مناطق جنوب و جنوب شرقی محدوده پیش می‌رویم، تاب‌آوری کالبدی مسکن در برابر زلزله افزایش می‌یابد.

استناد: مشکینی, ابوالفضل, علیپور, سمیه, مسعودی, حسن. (۱۴۰۳). تاب‌آوری کالبدی مسکن شهری در برابر زلزله : تحلیلی از محلات و مناطق شمالی کلان‌شهر تهران. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۱)، ۳۹-۶۰. DOI: 10.22111/jneh.2024.46098.1974

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© ابوالفضل مشکینی*، سمیه علیپور، حسن مسعودی.

*- ابوالفضل مشکینی (نویسنده مسئول)
Email: Meshkini@modares.ac.ir

مقدمه

متن شهرنشینی یک فرآیند پیچیده‌ی اجتماعی- اقتصادی (Abdul and Yu, 2020) و بازتابی از فعالیت‌های انسانی است که الگوهای سکونتگاهی و محیط ساخته‌شده را دگرگون می‌سازد (Zarghamfard et al, 2019). در حقیقت، در هیچ زمانی از تاریخ بشر، این حجم از انسان‌ها در شهرها زندگی نکرده (Abdul and Yu, 2020) و کشورها تا این حد شهری نشده‌اند. به دنبال شهرنشینی سریع و بدون برنامه‌ریزی، نقاط شهری و ساخت‌وسازِهای برنامه‌ریزی‌نشده در مناطقِ پرخطر رشد یافته (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۳) و شهرها نسبت به مناطق غیرشهری آسیب‌پذیرتر شده‌اند (Dehghani et al, 2022). قرارگیری سکونتگاه‌ها در مناطق پرخطر و آسیب‌پذیر، با توسعه‌ی اقتصادی نابرابر و زیرساخت‌های رو به‌زوال مرتبط بوده (Hofmann, 2022). به‌طوری‌که بر اساس آمار نیز، بیشترین خسارت‌ها وتلفاتِ ناشی از مخاطرات، در مکان‌هایی رخ داده است که سکونت‌گاه‌های آسیب‌پذیر در مجاورت مناطق مستعد مخاطره ایجاد شده‌اند (Godschalk, 2003). بنابراین، ارتباط تنگاتنگی بین ناپایداری ساختار شهری، محل قرارگیری آن‌ها و فراوانی وقوع بلاها و مخاطرات وجود دارد (Anelli et al, 2022).

بلاهای مرتبط با مخاطرات طبیعی در سرتاسر جهان در حال افزایش بوده و روز به روز تهدیدکننده‌تر و زیان‌بارتر می‌شوند و به موجب آن، هزینه‌ها و خسارت‌های گسترده و جبران‌ناپذیری بر دولت‌ها تحمیل می‌شود (Ainuddin and Routray, 2012; Feofilovs and Romagnol, 2021). به‌طوری‌که، بر اساس آمار مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلاهای طبیعی، طی ۲۰ سال گذشته بیش از ۷۳۴۰ مخاطره در سراسر جهان ثبت شده است که این مخاطرات، در مجموع جان حدود یک میلیون و ۲۳۰ هزار نفر را گرفته، زندگی بیش از چهار میلیارد نفر را متأثر نموده و منجر به خسارت‌های اقتصادی تقریباً ۲/۹۷ تریلیون دلاری در سرتاسر جهان شده‌اند (CRED, 2020). مخاطرات طبیعی همواره جزئی از تاریخ بشر بوده‌اند و در خاطره‌ی جمعی جوامع و انسان‌ها شکل گرفته و حفظ شده‌اند (Kurnio et al, 2021). در میان طیف گسترده‌ای از مخاطرات طبیعی، زمین‌لرزه یکی از مخرب‌ترین مخاطراتی است که می‌تواند خسارت‌های قابل‌توجهی به دنبال داشته باشد (Ainuddin and Routary, 2012). زمین‌لرزه‌ها در حدود هشت درصد از مجموع مخاطرات و بلاهای جهانی را تشکیل می‌دهند؛ اما به تنهایی عامل بیش از ۲۳ درصد از خسارت‌های گزارش‌شده هستند (Vinnell et al, 2019). اساساً، اثرات و پیامدهای ناشی از زلزله نه تنها ناشی از شدت رویداد، بلکه به علّت شکنندگی و آسیب‌پذیری محیط ساخته شده است (Basaglia et al, 2020) و آنچه زمین‌لرزه را به یک فاجعه تبدیل می‌کند، عدم آگاهی انسان و ناتوانی مقابله با آن است که با گسترده‌ترین مداخلات نسنجیده در محیط طبیعی همراه است (Meshkini et al, 2021). اثرات و خسارت‌های زلزله در مجموع به دو صورت فیزیکی و غیر فیزیکی بروز می‌کند (Lindell and Prater, 2003) که اثرات فیزیکی شامل تلفاتی مانند مرگ و جراحت، خسارت‌های مالی و زیرساختی و یا هر دو است و اثرات غیر فیزیکی می‌تواند به‌صورت اختلالات و مسائل اجتماعی و روانی ظاهر شود (Epstein et al, 2018). بنابراین، علاوه بر اینکه زلزله به‌عنوان یکی از زیان‌بارترین بلاهای طبیعی شناخته می‌شود، این مخاطره همچنین بر کیفیت زندگی خانواده‌ها و افراد تأثیر می‌گذارد و دستیابی انسان‌ها به رفاه و حتی رفع نیازهای اولیه‌شان را با اختلال مواجه می‌سازد (Sunarti et al, 2021).

وقوعِ بلاها و مخاطرات یک نگرانیِ عمده و کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از آن‌ها، یک اولویت فوری و ضروری برای جوامعِ جهانی محسوب می‌شود (Birkmann and Pelling, 2006). از همین رو، تلفات و خسارت‌های روزافزونِ

ناشی از مخاطرات طبیعی همچون زلزله، دولت‌ها را وادار کرده است تا رویکردهای یکپارچه‌تری را برای کاهش خطر بلاها و ایجاد محیطی امن، توسعه دهند (Djalante and Thomalla, 2010). یکی از رویکردهایی که برای این منظور در توافق‌نامه‌های بین‌المللی مطرح شده است، «تاب‌آوری» است (Feofilovs and Romagnoli, 2021) که توجهات روزافزونی را نیز در جامعه‌ی علمی به خود جلب کرده است (Feofilovs and Romagnoli, 2021). امروزه، تاب‌آوری برای گذار به توسعه پایدار امری ضروری بوده (Sharifi, 2019) و نشان‌دهنده‌ی توانایی سیستم برای بازگشت به شرایطِ پایدارِ قبلی پس از شوک‌های محیطی، اجتماعی یا اقتصادی است (Zeng et al, 2022). اغلب پژوهش‌ها تاب‌آوری را با سه ویژگی اساسی مطرح نموده‌اند: بازگشت به عقب، بازسازی بهتر از قبل و جهش به جلو (Breton, 2001; Zeng et al, 2022; Bueno, 2021; Tiernan, 2019; Pelling, 2006; Cere et al, 2017; Paton et al, 2001). رایج‌ترین تعریف از تاب‌آوری نیز توسط دفتر کاهش بلاها در سازمان ملل ارائه گردیده است که عبارت‌اند از «توانایی به موقع و مؤثرِ یک سیستم، جامعه یا اجتماعِ در معرض اثرات سوءِ یک مخاطره برای مقاومت، پذیرش، انطباق و بازیابی به‌واسطه حفظ و ترمیم ساختارها و عملکردهای پایه و اساسی» (UNDRR, 2017). از منظر این تعریف، تاب‌آوری ترکیبی از «آمادگی»، «جذب اختلالات و رسیدن به حالت تعادل»، «خودسازمان‌دهی» و «افزایش ظریفت یادگیری و انطباق» است (Parizi et al, 2021). در مفهوم خاص‌تر، تاب‌آوری در برابر زلزله به‌عنوان «توانایی جوامع برای بازگشت، واکنش، بازیابی و جذبِ اثرات و مقابله با زلزله» تعریف می‌شود (Ainuddin and Routary, 2012) و در آن بر قابلیتِ بازیابیِ عملکرد یک سازه، سیستم و یا یک شهر پس از بروز یک زلزله تأکید می‌شود (Ying et al, 2019). علاوه بر این، تاب‌آوری با سه اصل یا مؤلفه کلی بررسی می‌شود که عبارت‌اند از: پایداری، افزونگی و انعطاف‌پذیری. پایداری یا استحکام حاکی از مقاومت و استحکام سیستم در برابر تنش‌های احتمالی است. افزونگی، به مقاومت یا پاسخ سیستم به اختلالات واردشده اشاره دارد. در نهایت، انعطاف‌پذیری به سیستم کمک می‌کند تا با موقعیت جدید که ممکن است وقوع یک زلزله باشد، سازگاری بیشتری پیدا کند (Vlajic, 2017).

به لحاظ تاریخی، اصطلاح تاب‌آوری نخستین بار توسط هالینگ در مباحث اکولوژیکی و محیط‌زیستی مطرح شد (Adler et al, 2015; Holling, 1973). سپس، در دهه ۱۹۹۰ با علوم شهری ترکیب و در حوزه برنامه‌ریزی شهری معرفی گردید (Parizi et al, 2021). تاب‌آوری در گستره‌ی شهری، به فرآیندی پویا و چندبعدی اشاره دارد که هدف آن آماده‌سازی و انطباق محیط شهری برای جذب و بازیابی پس از اختلالات و کاهش آسیب‌پذیری شهری است (Kapucu et al, 2021). تاب‌آوری شهری، توانایی شهرها برای مدیریت و سازگاری با تغییرات را بالا می‌برد (Jones, 2017) و به‌عنوان دیدگاهی پیشگیرانه و نه واکنشی به برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و هدایت استراتژیک تعریف می‌شود که در آن، جوامع از طریق ظرفیت یادگیری فعال، استحکام، توانایی نوآوری و سازگاری، نقشی حیاتی برای شکل‌دهی مکان‌های تاب‌آور ایفا می‌کنند (Mehmood, 2016). بر همین مبنا، یک شهر زمانی تاب‌آور خواهد بود که با درنظرگرفتن رابطه بین نیروهای خارجی و اکوسیستم‌های اجتماعی، توانایی پاسخ‌گویی و مقابله با مخاطرات طبیعی متعدد را داشته باشد (Tanaka and Baba, 2020). شهر تاب‌آور، شبکه‌ای پایدار، قوی و انعطاف‌پذیر (به جای شکننده و آسیب‌پذیر بودن) از سیستم‌های فیزیکی و جوامع انسانی است (Godschalk, 2003) و توانایی مقابله، جذب، بازیابی و آماده شدن با شوک‌های آینده را دارد و توسعهٔ پایدار، رفاه و رشد فراگیر را ترویج می‌دهد (سازمان

همکاری و توسعه اقتصادی: OECD, 2017). به اعتقاد تومالا، شهری که در برابر بلاها و مخاطرات مقاوم است، ایمن‌ترین جامعه ممکنی است که بشر دانش طراحی و ساخت آن را در زمینه مخاطرات طبیعی به‌دست آورده است (Thomalla, 2011).

همان‌طور که اشاره شد، تاب‌آوری رویکردی پیچیده و چندوجهی است (Meshkini et al, Kurnio et al, 2021; 2021) و مجموعه‌ای از عوامل شهری در ابعاد مختلف، میزان تاب‌آوری را مشخص می‌سازند (Bueno et al, 2021). صاحب‌نظران مختلف در وجود حداقل چهار بعد از تاب‌آوری یعنی کالبدی یا فیزیکی (محیطی)، نهادی یا سازمانی، اقتصادی و اجتماعی اجماع نظر دارند (رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۹؛ ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸؛ گرجی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Sharifi, 2019; Marshall et al, 2013). در میان ابعاد مختلف تاب‌آوری، بعد کالبدی یا فیزیکی را می‌توان به‌عنوان محسوس‌ترین بعدی دانست که دانش شهرسازی در ارتقاء آن و کاهش اثرات مخاطرات محیطی نقش دارد (کمالی و همکاران، ۱۴۰۰). تاب‌آوری کالبدی به توانایی تمام اجزای فیزیکی یک شهر از جمله ساختمان‌ها، زیرساخت‌های حیاتی، جاده‌ها و غیره اشاره دارد که در چهار فاز اصلی از تاب‌آوری یعنی آمادگی، جذب، خودسازمان‌دهی و انطباق مؤثر است (Parizi et al, 2021). ساختمان‌ها و مساکن به‌عنوان یکی از اجزای فیزیکی شهرها، باید تاب‌آور باشند و بتوانند در هنگام وقوع زلزله و دیگر مخاطرات، در برابر فشارها و تنش‌های واردشده مقاومت کرده و خطرات را به خوبی جذب کنند (همان.).

علی‌رغم کاربرد گسترده تاب‌آوری در سطح بین‌المللی، این مفهوم در ایران به‌ویژه در حوزه بلاها، موضوع جدیدی تلقی می‌شود که حدود یک دهه از آغاز آن می‌گذرد (بدری و همکاران، ۱۴۰۰). در طول یک دهه گذشته پژوهشگران متعددی به بحث پیرامون تاب‌آوری پرداخته‌اند. یکی از اولین مطالعات توسط رفیعیان و همکاران (۱۳۹۰) انجام شده است که در آن به شرح و بسط چارچوب و مدل‌های تاب‌آوری بلاها پرداخته است. بر اساس بررسی پیشینه پژوهش، تا سال ۱۳۹۶ کمتر به موضوع تاب‌آوری شهری پرداخته شده است. اما از سال ۱۳۹۶، به واسطه وقوع زلزله در شهر سرپل ذهاب و بروز سیل در شهرهای متعدد کشور در سال ۱۳۹۸، موضوع تاب‌آوری شهری در مطالعات کشور رونق بیشتری یافت (مرادپور و همکاران، ۱۴۰۰). در حال حاضر، عمده مطالعات در حوزه تاب‌آوری توسط جغرافیدانان و برنامه‌ریزان شهری صورت می‌گیرد و مخاطرات طبیعی بخش اصلی از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده است. ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۸)، به ارزیابی تاب‌آوری کالبدی بلوک‌های شهری در شهر پیرانشهر در برابر زلزله پرداختند که یافته‌های آن‌ها نشان داد حدود ۲۷ درصد از مساحت شهر (بیشتر محله‌های قدیمی شهر) از تاب‌آوری اندک برخوردار است. در پژوهشی توسط لطفی و همکاران (۱۳۹۹)، ابعاد تاب‌آوری کالبدی منطقه ۷ کلان‌شهر تهران در برابر زلزله ارزیابی شده است. بر مبنای نتایج این پژوهش، ۱۴ شاخص در ۵ عامل کلیدی شناسایی شده است که در میان آن‌ها، دسترسی به معابر و فضای سبز از بیشترین تأثیر برخوردارند. تاب‌آوری کالبدی مساکن اجتماعی در پژوهشی توسط کمالی و همکاران (۱۴۰۰) تحلیل شده است که بر اساس آن فاصله از گسل بالاترین اهمیت و فاصله از مراکز درمانی و آتش‌نشانی کمترین اهمیت را داشته است. عابدینی و همکارانش (۱۴۰۱)، در یک بررسی به ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه شش تهران در برابر زلزله پرداختند که بر اساس آن، ۱۰ معیار اصلی و ۴۶ زیرمعیار شناسایی گردید. در پژوهشی توسط حکمت‌نیا و همکاران (۱۴۰۲)، فاکتورهای کالبدی اثرگذار بر ایجاد محلات تاب‌آور در مناطق اسکان غیررسمی بررسی و بر اساس آن، پنج طیف از شاخص‌ها شامل

کاربری، تراکم، دسترسی، ساختار کالبدی و شبکه معابر شناسایی شده است. همین موضوع در مطالعات خارجی نیز با قوت بیشتری دنبال می‌شود و پژوهشگران بسیاری در این زمینه به پژوهش‌های گسترده پرداخته‌اند، ازجمله: اصلانی و همکاران (۲۰۲۰)، هوآنگ و همکاران (۲۰۲۱)، مشکینی و همکاران (۲۰۲۱)، الاونه و رشید (۲۰۲۲). در مجموع، بررسی پیشینه‌ی پژوهش، حاکی از آن است که مفهوم تاب‌آوری شهری از زمان مطرح شدن آن توسط هالینگ در سال ۱۹۷۳، پیوسته در حال تغییر و تحول بوده و تعاریف و تعابیر بی‌شمار و در عین‌حال، متناقضی از آن ارائه شده است. افزون بر آن، با توجه به اینکه جهان پیوسته در حال تغییر و تحول است، این مفهوم نیز نیازمند ارائه تعاریف جدیدتر و متناسب با مسائل امروزی و همین‌طور به‌کارگیری مؤلفه‌ها و شاخص‌های کاربردی‌تری است. موضوعی که کمتر در پژوهش‌های داخلی شاهد آن هستیم و اغلب پژوهش‌ها با درنظرگرفتن چند شاخص محدود و در یک مقیاس خاص همچون یک شهر یا یک منطقه شهری، به ارزیابی تاب‌آوری پرداخته‌اند. بااین‌حال، آنچه نگارندگان را به پژوهش در این زمینه مشتاق نمود، عدم بررسی تاب‌آوری کالبدی مسکن شهری بر مبنای محلات در مناطق واقع در محور شمالی کلان‌شهر تهران که در مجاورت گسل شمالی تهران قرار دارند، است. این مناطق که در شمالی‌ترین محدوده کلان‌شهر تهران واقع شده‌اند، در معرض مستقیم خطرات زمین‌لرزه‌های احتمالی قرار دارند و در هیچ پژوهشی این موضوع به‌صورت مجزا بررسی نشده است. علاوه بر این، در این پژوهش برای نخستین بار از معیارهای فاصله از پایگاه مدیریت بحران و سرانه فضای اسکان به‌عنوان دو معیار مؤثر در تاب‌آوری کالبدی مسکن در محلات شهری استفاده شده است که علی‌رغم اهمیت بالای آن‌ها، در پژوهش‌های پیشین مدنظر نبوده‌اند. پایگاه‌های مدیریت بحران و فضاهای اسکان، ازجمله مواردی هستند که شهرداری تهران در سال‌های اخیر اهمیت بالایی برای آن‌ها قائل بوده و در تلاش برای شناسایی و مکان‌یابی بهینه آن‌ها در اقصی نقاط شهر است.

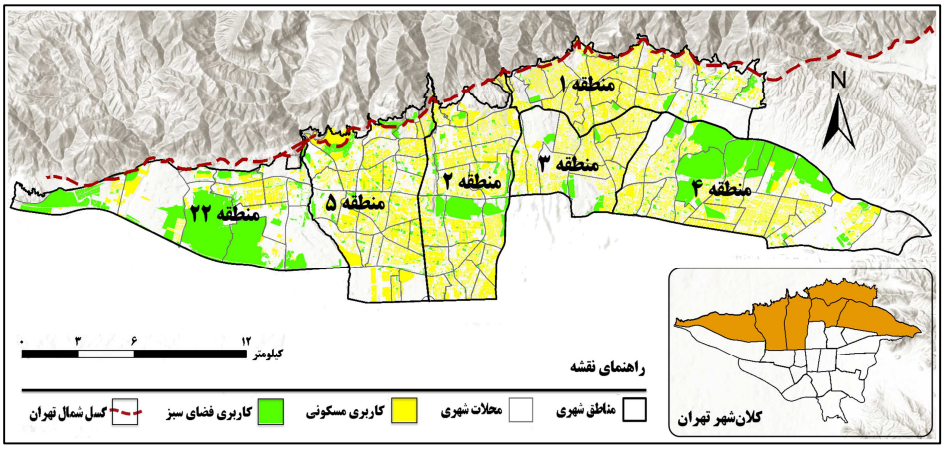
تهران، به‌عنوان پایتخت سیاسی، اجتماعی و اقتصادی ایران، با جمعیت رسمی بیش از ۹ میلیون نفر در شبانه‌روز و حدود ۱۳ میلیون‌نفر در روز (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)، بزرگ‌ترین و پرجمعیت شهر ایران است (Zolfaghari and Peyghaleh, 2016). گسترش سریع، تراکم بالای جمعیت، ساخت‌وسازهای نامناسب، سیستم زیرساختی ضعیف، برنامه‌ریزی و طراحی ناسازگار و نامناسب و سطوح بالای فعالیت لرزه‌ای، خطرپذیری کلان‌شهر تهران را در برابر بلاهای طبیعی به‌ویژه زلزله، به‌شدت افزایش داده (Ashtari, 2010) و این شهر را به یکی از ۱۷ کلان‌شهرِ آسیب‌پذیرِ جهان تبدیل کرده است (Kamranzad et al, 2020). کلان‌شهر تهران در دامنه‌ی جنوبی رشته کوه البرز ـ جایی که توسط گسل‌های فعال محصور شده است ـ قرار دارد (Yazdani and Kowsari, 2017; Ashtari et al, 2005). یکی از فعال‌ترین گسل‌های این منطقه، گسل شمال تهران است که در ضلع شمالی شهر واقع بوده و در طول تاریخ چندین زمین لرزه با بزرگی بیش از ۷ ریشتر را ایجاد نموده است (Ashtari et al, 2005). نزدیک‌ترین مناطق شهری به گسل شمال تهران، مناطق ۱ تا ۵ و منطقه ۲۲ می‌باشند که مستعد وقوع زمین‌لرزه‌های خطرناک و بزرگ می‌باشند. این مناطق در حدود ۴۰ درصد از جمعیت کلان‌شهر تهران را در بر می‌گیرند و از سابقه طولانی در وقوع زلزله‌های متعدد برخوردارند. بنابراین، این مناطق به‌عنوان محدوده مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شدند. در مجموع، این پژوهش با هدف تحلیل تاب‌آوری کالبدی مسکن در محلات و مناطق شمالی کلان‌شهر تهران (مناطق ۱-۵ و ۲۲) تدوین شده

است و به دنبال پاسخ‌گویی به این سؤال است که تاب‌آوری کالبدی مسکن در کدام محلات و مناطق مورد مطالعه بیشتر و در کدام مناطق کمتر است (؟).

داده‌ها

معرفی محدوده‌ی مورد مطالعه

کلان‌شهر تهران به‌عنوان پایتخت اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ایران، در دامنه‌ی جنوبی رشته کوه البرز که از شرق به غرب کشور کشیده شده و در امتداد کمربند لرزه‌ای آلپ ـ هیمالیا است، قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه (البرز مرکزی)، یک منطقه‌ی فعال تکتونیکی است که تحت تنش‌های زمین‌ساختی عظیمی قرار دارد (Ashtari, 2005). به‌طوری‌که در طول تاریخ، بارها زمین‌لرزه‌های قوی با بزرگی ۷ ریشتر و بالاتر در این منطقه رخ داده است (Nateghi, 2001).



شکل ۱: موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه در کلان‌شهر تهران. *منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲*

کلان‌شهر تهران یکی از بزرگ‌ترین مراکز شهری جهان است (Kamranzad et al, 2020) که در موقعیتی کاملاً لرزه‌خیز مستقر شده است (Alavi et al, 2020). زمین‌لرزه‌های ۷٫۱ ریشتری در سال ۸۵۵ میلادی، ۷٫۲ ریشتری در سال ۱۱۷۷ میلادی و زمین‌لرزه ۷٫۱ ریشتری در سال ۱۸۳۰ میلادی از جمله بزرگ‌ترین زلزله‌هایی است که در گذشته این شهر را تحت تأثیر قرار داده‌اند (Ashtari, 2007). این شهر از سال ۱۸۳۰ تاکنون زلزله قدرتمندی را تجربه نکرده است و به باور زلزله‌شناسان، وقوع زلزله شدید در آینده‌ای نزدیک در این شهر دور از انتظار نیست (Hashemi and Alesheikh, 2011). بر اساس اطلاعات موجود، کلان‌شهر تهران توسط چندین گسل اصلی و فعال احاطه شده است(Ashtari, Kamranzad et al, 2010; 2020) که گسل شمال تهران ـ با طول حدود ۱۷۵ کیلومتر ـ را می‌توان از جمله برجسته‌ترین و فعال‌ترین گسل‌های موجود در این منطقه به شمار آورد (Ashtari, 2005; Kamranzad et al, 2020; Hashemi and Alesheikh, 2001). گسل یادشده، در بخش شمالی شهر واقع شده است که بیشتر محور شمالی کلان‌شهر تهران یعنی مناطق ۱ تا ۵ و ۲۲ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این میان، مناطق ۱، ۲، ۵ و ۲۲ مستقیماً در ارتباط با گسل شمال تهران و دو منطقه‌ی دیگر (مناطق ۳ و ۴) نیز به‌شدت تحت تأثیر آن

قرار دارند. این مناطق، با جمعیتی بالغ بر ۳,۵ میلیون‌نفر، در حدود ۴۰ درصد از جمعیت کل شهر را به خود اختصاص داده‌اند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) که حاکی از تمرکز بالای جمعیت در محور شمالی کلان‌شهر تهران و در این مناطق است (جدول ۱). این مناطق در مطالعات قبلی اغلب به‌صورت مجزا بررسی شده‌اند و یا برخی از آن‌ها هرگز تحلیل نشده‌اند. علاوه بر این، با توجه به اینکه گسل شمال تهران تمام بخش شمالی شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ضرورت دارد این مناطق در یک مطالعه به‌صورت جامع بررسی شده و اثرات زمین‌لرزه‌های احتمالی ناشی از گسل تهران در آن‌ها تحلیل شود. از این طریق می‌توان مناطقی که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر زلزله قرار می‌گیرند، مقایسه نمود و در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی این مناطق، اولویت‌ها را درنظر گرفته و منطقی‌تر عمل کرد. بنابراین، با توجه به اهمیت بالای گسل شمال تهران و احتمال وقوع زلزله‌های شدید در آینده، مناطق و نواحی قرارگرفته در مجاورت این گسل که در محور شمالی کلان‌شهر تهران واقع هستند و از تراکم جمعیتی بالایی نیز برخوردارند، به‌عنوان محدوده مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شدند.

جدول ۱: مناطق مورد مطالعه و مهم‌ترین ویژگی‌های آن‌ها

شماره منطقه	مساحت (هکتار)	جمعیت	درصد از جمعیت کل	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	تعداد محلات
۱	۴۳۳۳	۴۸۷۵۰۸	۵,۶۰	۱۱۲,۵۱	۲۷
۲	۴۷۱۶	۷۰۱۳۰۳	۸,۰۶	۱۴۸,۷۰	۲۱
۳	۲۹۳۳	۳۳۰۶۴۹	۳,۸۰	۱۱۲,۷۳	۱۲
۴	۶۱۱۶	۹۱۹۰۰۱	۱۰,۵۷	۱۵۰,۲۶	۲۰
۵	۵۱۹۵	۸۵۸۳۴۶	۹,۸۷	۱۶۵,۲۲	۲۹
۲۲	۵۶۲۹	۱۷۶۳۴۷	۲,۰۲	۳۱,۳۳	۱۲
مجموع	۲۸۹۲۲	۳۴۷۳۱۵۴	۳۹,۹۵		۱۲۱

منبع: مرکز آمار (۱۳۹۵) و محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۲

روش پژوهش

با درنظرگرفتن هدف پژوهش، این پژوهش را می‌توان در دسته‌ی پژوهش‌های کاربردی قرار دارد که نتایج و یافته‌های حاصل از آن می‌تواند در اقدامات منجر به کاهش خطرات و آسیب‌های احتمالی ناشی از زلزله، مورد استفاده قرار گیرد. روش این پژوهش نیز ازآنجا که به‌دنبال تشریح و تبیین دلایل چگونه بودن و چرایی وضعیت مسئله و ابعاد آن نیست، فقط با رویکرد توصیفی - تحلیلی است. جهت استخراج داده‌های مورد نیاز، از اطلاعات موجود در پارسل‌ها و بلوک‌های آماری مرکز آمار و لایه کاربری اراضی (سال ۱۳۹۸) استفاده شد. همچنین، برخی از داده‌ها نیز به‌وسیله پژوهشگران و از مرکز آمار و سامانه رصد شهرداری تهران (data.tehran.ir) گردآوری شده است. در مجموع، در این پژوهش داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز با دو روش کتابخانه‌ای و پیمایشی (تهیه پرسشنامه) جمع‌آوری شده‌اند. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز از مدل SWARA و نرم‌افزارهای Excel و ArcGIS-Pro 3.0 استفاده شده است. به‌طور خلاصه این پژوهش یک فرآیند سه مرحله‌ای را دنبال می‌کند که عبارتند از: **الف)** شناسایی و استخراج معیارهای کلیدی، **ب)** وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها و **ج)** تلفیق داده‌ها و طبقه‌بندی نقشه‌ها:

الف) شناسایی و استخراج معیارها و شاخص‌های کلیدی مؤثر

در این مرحله، مرور جامعی بر ادبیات و پیشینه‌ی پژوهش صورت گرفت و با تحلیل محتوای منابع موجود، با توجه فراوانی و کاربرد معیارهای متعدد، در نهایت ۲۷ معیار اولیه استخراج شد. معیارهای به‌دست‌آمده با استفاده از فن دلفی تک مرحله‌ای و ضریب CVR در اختیار متخصصان و کارشناسان مربوطه قرار گرفت و با بررسی نهایی و با توجه به دسترسی به داده‌ها، ۱۳ معیار کلیدی در سه مؤلفه‌ی اصلی شامل «پایداری و استحکام»، «افزونگی» و «انعطاف‌پذیری» شناسایی و استخراج شد. معیارهای منتخب، وضعیت کالبدی مسکن و محیط پیرامونی آن را در بر می‌گیرند که تلفیق آن‌ها، تاب‌آوری کالبدی محلات را تشکیل می‌دهد (جدول ۲).

جدول ۲: مؤلفه‌ها و معیارهای کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی مسکن

کد	مؤلفه	معیار	جهت تاب‌آوری	منبع
C1	پایداری و استحکام	سازه (اسکلت) بنا	مستقیم	Meshkini et al (2021)
C2		تعداد طبقات	معکوس	Verrucci et al (2012); Meshkini et al (2021); Fu and Wang (۲۰۲۰) (2018); Shojaee et al. (2020) Fasihi and Dastjerdi
C3		دانه‌بندی (مترمربع)	مستقیم	Alawneh and Rashid (2022); Meshkini et al (2021)
C4		متوسط قدمت بنا (سال)	معکوس	Cutter et al (2010); Haghighi Fard and Doratli (2022); Sharifi and Yamagata (2014); Spaans and Waterhout (2017);
C5		تراکم خالص مسکونی	معکوس	Fasihi and Dastjerdi (2022); Alawneh and Rashid (2022); Meshkini et al (2021); Aslani et al (2020)
C6	افزونگی	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	معکوس	Kontokosta and Malik (2018); Hung et al. (2016); Cox and Hamlen (2015); Assarkhaniki et al. (2020); Scherzer et al. (2019);
C7		سرانه بهداشتی-درمانی (مترمربع)	مستقیم	Aslani et al (2020); Moradi et al (2021); Chong et al (2018); Fasihi and Dastjerdi (2022); Burton (2015); Copeland et al (2020)
C8		دسترسی به شبکه معابر	مستقیم	Alawneh and Rashid (2022); ؛(2022) Fasihi and Dastjerdi Meshkini et al (2021); Aslani et al (2020)
C9		فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی (متر)	معکوس	Meshkini et al (2021); Fasihi and Dastjerdi (2022); Burton (2015); Copeland et al (2020); Fu and Wang (2018); Kontokosta and Malik (2018); Scherzer et al (2019)
C10	انعطاف‌پذیری	فاصله از گسل (متر)	مستقیم	Aslani et al (2020)
C11		فاصله از پایگاه مدیریت بحران (متر)	معکوس	-
C12		سرانه فضای اسکان (مترمربع)	مستقیم	-
C13		سرانه فضای سبز (مترمربع)	مستقیم	Meshkini et al (2021); Burton (2015); Fu and Wang (2018) Assarkhaniki et al. (2020); Sharifi et al. (2021)

منبع: م العات نگارندگان، $#"!

ب) وزن‌دهی و تعیین اولویت معیارها و شاخص‌ها

معیارهای انتخاب‌شده در مرحله پیشین، در این مرحله با استفاده از فن SWARA، وزن‌دهی و ضریب اهمیت آن‌ها مشخص شد. فن تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی تدریجی یا به اختصار SWARA ، یکی از روش‌های پیشرفته در تجزیه‌وتحلیل چند شاخصه (MCDM) است (Hayat et al., 2023) که برای نخستین بار توسط Keršulienė و همکارانش در سال ۲۰۱۰ ارائه شد. این روش، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا به انتخاب، ارزیابی و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها بپردازد (Keršuliene et al., 2010) و به‌دلیل پیچیدگی کم، فرآیند اجرایی ساده‌تری داشته و به زمان کمتری نیز در مقایسه با دیگر روش‌ها نیاز دارد (Singh and Modgil, 2020; Hashemkhani et al., 2018).

این فن، به‌طورکلی از پنج مرحله اصلی تشکیل شده است که اساس آن رتبه‌ای است که هر کارشناس به معیارها یا زیرمعیارها می‌دهد. در نهایت، معیارها بر اساس رتبه‌ای که گرفته‌اند و میانگین اهمیت نسبی‌شان، اولویت‌بندی می‌شوند (Ajalli et al, 2019). برای این منظور، در ابتدا پرسشنامه‌ای که در آن رتبه و میزان اهمیت هرکدام از معیارها (بر اساس طیف لیکرت) مدنظر بود، تهیه و در بین ۲۰ نفر از کارشناسان و صاحب‌نظران حوزه تاب‌آوری مسکن شامل اساتید و متخصصان دانشگاهی، کارشناسان بنیاد مسکن و مرکز مطالعات شهرداری تهران با سطح تحصیلات دکتری و کارشناسی ارشد توزیع شد. سپس، پرسشنامه‌های تکمیل‌شده جمع‌آوری و وزن نهایی آن‌ها محاسبه گردید (جدول ۳).

جدول ۳: مقادیر و محاسبات مربوط به تعیین وزن معیارهای پژوهش در روش SWARA

کد معیار	معیار (واحد)	اهمیت نسبی (S_j)	ضریب (K_j) $K_j=S_j+1$	وزن اولیه (W_j) $W_j = w_{j-1}/K_j$	وزن نهایی (q_j) $q_j = w_j/\sum w_j$	رتبه
C1	سازه یا اسکلت ساختمان	-	۱	۱	۰,۴۰۸	۱
C2	تعداد طبقات	۰,۵۵	۱,۵۵	۰,۱۱۵۹۸۷	۰,۰۴۷	۵
C3	دانه‌بندی (دانه‌بندی)	۰,۸	۱,۸	۰,۰۱۵۵۲۲	۰,۰۰۶	۹
C4	متوسط قدمت بنا (سال)	۰,۹۵	۱,۹۵	۰,۱۷۹۷۷۹	۰,۰۷۳	۴
C5	تراکم خالص مسکونی	۰,۴۸	۱,۴۸	۰,۰۷۸۳۶۹	۰,۰۳۲	۶
C6	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	۰,۶۵	۱,۶۵	۰,۰۲۷۹۳۹	۰,۰۱۱	۸
C7	سرانه بهداشتی ـ درمانی (مترمربع)	۰,۸	۱,۸	۰,۰۰۲۵۱۷	۰,۰۰۱	۱۳
C8	دسترسی به معابر اصلی (عرض معابر)	۰,۷۵	۱,۷۵	۰,۳۵۰۵۷	۰,۱۴۳	۳
C9	فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی (متر)	۰,۳۵	۱,۳۵	۰,۰۱۱۴۹۸	۰,۰۰۵	۱۰
C10	فاصله از گسل (متر)	۰,۶۳	۱,۶۳	۰,۶۱۳۴۹۷	۰,۲۵۰	۲
C11	فاصله از پایگاه مدیریت بحران (متر)	۰,۴۵	۱,۴۵	۰,۰۰۴۵۳۱	۰,۰۰۲	۱۲
C12	سرانه فضای اسکان (مترمربع)	۰,۷	۱,۷	۰,۰۴۶۱	۰,۰۱۹	۷
C13	سرانه فضای سبز (مترمربع)	۰,۷۵	۱,۷۵	۰,۰۰۶۵۷	۰,۰۰۳	۱۱

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۲

بر مبنای محاسبات صورت‌گرفته، در بین ۱۳ معیار اصلی استخراج‌شده، به ترتیب معیارهای نوع سازه و اسکلت ساختمان (C1) با وزن نهایی «۰,۴۰۸»، فاصله از گسل (C10) با وزن نهایی «۰,۲۵۰» و دسترسی به شبکه معابر (C8) با وزن نهایی «۰,۱۴۳» نقش کلیدی دارند (جدول ۳). در این بخش، در ابتدا مقادیر داده‌های خام جمع‌آوری-شده برای هر معیار استانداردسازی شده و سپس، اوزان نهایی معیارهای اصلی (جدول ۴) در آن‌ها اعمال گردید. در واقع، در این مرحله علاوه بر تعیین وزن نهایی معیارها و شاخص‌ها، مقادیر نهایی هر شاخص محاسبه شده و سپس از مجموع آن‌ها، مقدار نهایی و استانداردشده هر معیار نیز به‌دست آمده است. به این نحو که در پایان این مرحله میزان تاب‌آوری محلات بر حسب هر شاخص و معیار به‌صورت مجزا قابل‌تحلیل است. تنها کافی است ضرایب نهایی معیارهای منتخب در مقادیر آن ضرب و با روی هم‌گذاری آن‌ها نقشه نهایی حاصل شود.

جدول ۴: شاخص‌های مربوط به هرکدام از معیارهای کلیدی و وزن نهایی آن‌ها

کد معیار	شاخص	وزن نهایی	کد معیار	شاخص	وزن نهایی	کد معیار	شاخص	وزن نهایی
C1	فلزی	۰,۴۲	C4	۱۰-۰	۰,۵۰	C8	۶-۰	۰,۰۸
	بتنی	۰,۲۴		۲۰-۱۰	۰,۲۹		۹-۶	۰,۱۰
	نیمه فلزی	۰,۱۵		۳۰-۲۰ و بیشتر	۰,۲۱		۱۴-۹	۰,۱۴
	آجری	۰,۱۱	C5	۲۰۰-۰	۰,۴۶		۲۴-۱۴	۰,۲۴
	خشت و چوب	۰,۰۹		۴۰۰-۲۰۰	۰,۲۵		۲۴ و بیشتر	۰,۴۵
C2	۰ و ۱	۰,۴۵		۶۰۰-۴۰۰	۰,۱۶	C9	۵۰۰-۰	۰,۴۴
	۲	۰,۲۴		۶۰۰ و بیشتر	۰,۱۳		۱۰۰۰-۵۰۰	۰,۲۴
	۳	۰,۱۳	C6	۱۰۰-۰	۰,۴۵		۱۵۰۰-۱۰۰۰	۰,۱۴
	۴	۰,۰۸		۲۰۰-۱۰۰	۰,۲۵		۲۵۰۰-۱۵۰۰	۰,۱۰
	۵	۰,۰۶		۳۰۰-۲۰۰	۰,۱۷		۲۵۰۰ و بیشتر	۰,۰۷
	۶ و بیشتر	۰,۰۴		۳۰۰ و بیشتر	۰,۱۳	C10	۵۰۰-۰	۰,۱۱
C3	۱۰۰-۰	۰,۱۴	C7	۱-۰	۰,۱۳		۱۵۰۰-۵۰۰	۰,۱۳
	۲۰۰-۱۰۰	۰,۱۷		۵-۱	۰,۱۶		۳۰۰۰-۱۵۰۰	۰,۱۵
	۳۰۰-۲۰۰	۰,۲۵		۱۰-۵	۰,۲۵		۶۰۰۰-۳۰۰۰	۰,۲۳
	۳۰۰ و بیشتر	۰,۴۳		۱۰ و بیشتر	۰,۴۶		۶۰۰۰ و بیشتر	۰,۳۸
C11	۵۰۰-۰	۰,۴۴	C12	۵-۰	۰,۰۸	C13	۱-۰	۰,۱۰
	۱۰۰۰-۵۰۰	۰,۲۴		۱۰-۵	۰,۱۰		۵-۱	۰,۱۱
	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۰,۱۴		۲۰-۱۰	۰,۱۴		۱۰-۵	۰,۱۵
	۲۵۰۰-۱۵۰۰	۰,۱۰		۵۰-۲۰	۰,۲۳		۵۰-۱۰	۰,۲۲
	۲۵۰۰ و بیشتر	۰,۰۸		۵۰ و بیشتر	۰,۴۵		۵۰ و بیشتر	۰,۴۲

همان‌طورکه از جدول (۴) مشخص است، در معیار "C1" اسکلت فلزی بیشترین وزن (۰,۴۲) و مصالح خشت و چوب از کمترین وزن برخوردارند (۰,۰۹). در معیار "C2"، تعداد طبقات ۰ تا ۲ طبقه از تاب‌آوری بیشتری برخوردار و وزن بالاتری گرفته‌اند (۰,۴۵). معیار "C3" که دانه‌بندی قطعات را نشان می‌دهد، قطعات با مساحت ۰ تا ۱۰۰ متر مربع تاب‌آورتر می‌باشند (۰,۱۴). همچنین، تاب‌آوری کالبدی مسکن در ساختمان‌هایی با متوسط قدمت ۰ تا ۱۰ سال بیشتر از سایرین است (۰,۵۰). محلاتی که از مقادیر بالای تراکم خالص مسکونی "C5" برخوردارند، از تاب‌آوری کمتری نسبت به سایرین برخوردارند. به لحاظ تراکم جمعیت "C6" نیز، هرچقدر تراکم جمعیت در محله‌ای بالاتر باشد، تاب‌آوری آن مرحله کمتر خواهد بود. سرانه‌ی بهداشتی- درمانی "C7"، فضای اسکان "C12" و سرانه فضای سبز "C13" از دیگر معیارهایی هستند که با افزایش آن‌ها تاب‌آوری نیز افزایش خواهد یافت. چرا که فضاهای سبز و فضاهای اسکان در اولین لحظات پس از وقوع زمین‌لرزه مورد استفاده شهروندان قرار خواهند گرفت و به میزانی که سرانه آن‌ها در محله‌ای بیشتر باشد، تاب‌آوری نیز در آن محله بالاتر خواهد بود. از دیگر معیارهای مؤثر در تاب‌آوری کالبدی، دسترسی به معابر است "C8" که با افزایش عرض آن، تاب‌آوری نیز بیشتر می‌شود (معابر با عرض ۲۴ متر و

بیشتر «وزن ۰,۴۵» تاب‌آورتر). در نهایت، هرچقدر میزان فاصله مساکن شهری از گسل "C10" بیشتر باشد، تاب‌آوری کاهش یافته و در مقابل، به میزانی که مساکن فاصله کمتری از مراکز آتش‌نشانی "C9" و مدیریت بحران "C10" داشته باشند، تاب‌آوری بیشتری در مقابل زلزله و صدمات بعد از آن خواهند داشت.

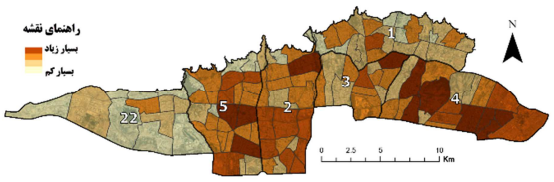
ج) تلفیق داده‌ها و طبقه‌بندی نقشه‌ها

در این مرحله، اطلاعات و داده‌های استخراج‌شده برای هر معیار (بر اساس محلات) در اوزان نهایی اعمال و سپس، با تلفیق معیارها نقشه نهایی تاب‌آوری مسکن شهری محدوده مورد مطالعه حاصل شد. برای این منظور از فن Raster Calculater در نرم‌افزار ArcGIS Pro 3.0 استفاده شده است. جهت طبقه‌بندی نقشه تاب‌آوری کالبدی نهایی و نقشه‌های مربوط به هرکدام از معیارها نیز از فن Natural Breaks استفاده شد. این روش یکی از رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی نقشه‌ها است که به بهترین نحو، مقادیر مشابه را در یک گروه قرار داده و تفاوت بین طبقات را به حداکثر می‌رساند.

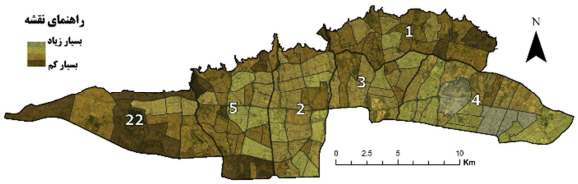
بحث و یافته‌ها

تحلیل وضعیت تاب‌آوری کالبدی محلات بر اساس معیارهای پژوهش

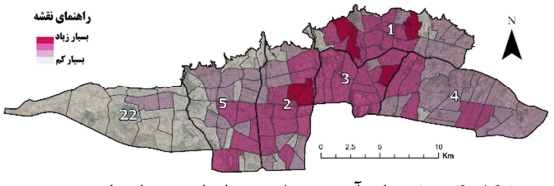
معیارهای تاب‌آوری در این پژوهش به‌طورکلی در سه مؤلفه اصلی تفکیک شده‌اند که عبارت‌اند از: پایداری، افزونگی و انعطاف‌پذیری. معیارهای مربوط به مؤلفه‌ی پایداری و استحکام شامل نوع سازه و اسکلت، تعداد طبقات، دانه‌بندی قطعات، متوسط قدمت بنا و تراکم خالص مسکونی است. این مؤلفه شامل آن دست از معیارهایی می‌شود که در مقاومت و استحکام بنا و بافت نقش کلیدی دارند. نقشه‌های تاب‌آوری کالبدی محلات بر مبنای هر کدام از معیارهای مؤلفه پایداری و استحکام در شکل‌های ۲ تا ۶ آورده شده است.



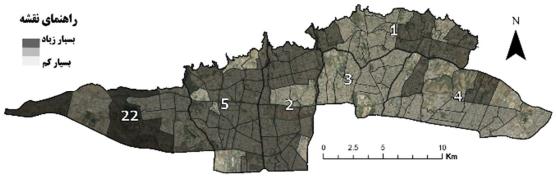
شکل ۲: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار نوع سازه



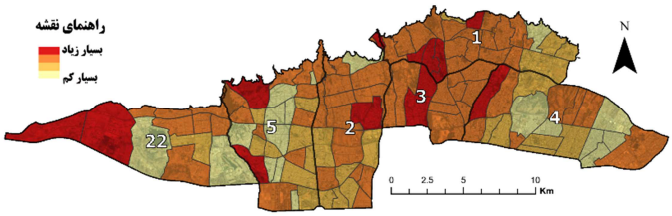
شکل ۳: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار تعداد طبقات



شکل ۴: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار دانه‌بندی



شکل ۵: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار قدمت ساختمان



شکل ۶: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار تراکم خالص مسکونی

جهت طبقه‌بندی نقشه‌ها، همان‌طورکه در بخش قبلی گفته شد، از فن Natural Breaks در نرم‌افزار ArcGIS pro و در ۵ دسته استفاده شد. در این روش که از جمله روش‌های رایج در طبقه‌بندی نقشه‌ها است، طیف تاب‌آوری در پنج دسته از تاب‌آوری بسیار کم تا تاب‌آوری بسیار زیاد، قابل تقسیم است. بر همین اساس، با توجه به مؤلفه‌ی پایداری، تاب‌آوری کالبدی مسکن در محلات مورد مطالعه به شرح جدول شماره ۵ است. در این جدول، تعداد محلات و درصد آن‌ها در کل محدوده بر مبنای معیارهای پایداری آورده شده است.

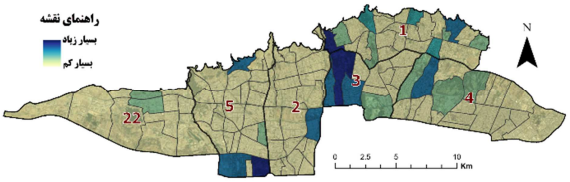
جدول ۵: تعداد و درصد محلات بر اساس طیف تاب‌آوری و مؤلفه پایداری

طیف تاب‌آوری	بسیار کم		کم		متوسط		زیاد		بسیار زیاد	
معیار	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد
C1	۲۰	۱۶,۵۳	۳۳	۲۷,۲۷	۳۹	۳۲,۲۳	۱۷	۱۴,۰۵	۱۲	۹,۹۲
C2	۳	۲,۴۸	۲۱	۱۷,۳۶	۳۷	۳۰,۵۸	۴۳	۳۵,۵۴	۱۷	۱۴,۰۵
C3	۳۲	۲۶,۴۵	۴۵	۳۷,۱۹	۲۳	۱۹,۰۱	۱۵	۱۲,۴۰	۶	۴,۹۶
C4	۱۳	۱۰,۷۴	۳۲	۲۶,۴۵	۳۵	۲۸,۹۳	۳۶	۲۹,۷۵	۵	۴,۱۳
C5	۱۸	۱۴,۸۸	۲۵	۲۰,۰۶	۲۳	۱۹,۰۱	۴۱	۳۳,۸۸	۱۴	۱۱,۵۷

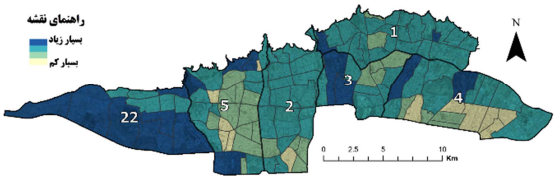
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

بر اساس اطلاعات مندرج در جدول (۵)، با توجه به معیار اسکلت و نوع سازه ساختمان (C1)، حدود ۴۴ درصد از محلات دارای شرایط نامناسب بوده و از تاب‌آوری کم و بسیار کم برخوردارند و تنها ۲۴ درصد از محلات دارای وضعیت مناسبی می‌باشند. بر اساس معیار تعداد طبقات (C2)، حدود ۲۰ درصد از محلات مورد مطالعه از تاب‌آوری کم و بسیار کم برخوردار بوده و بیش از ۴۹ درصد از محدوده نیز از تاب‌آوری نسبی برخوردار است. بر مبنای معیار دانه‌بندی (C3)، بالغ بر ۶۰ درصد از محلات تاب‌آوری کم و بسیار کم دارند و تنها ۱۷ درصد از آن‌ها از تاب‌آوری زیاد و بسیار زیاد برخوردارند. اطلاعات حاصل از معیار متوسط قدمت بنا (C4) حاکی از آن است که حدود ۳۷ درصد از محدوده‌ی مورد مطالعه از وضعیت نامناسب (کم و بسیار کم) در تاب‌آوری برخوردار است و حدود ۳۴ درصد از آن نیز تاب‌آوری مطلوبی دارد. بر اساس معیار تراکم خالص مسکونی (C5) نیز، حدود ۳۵ درصد از محلات محور شمالی کلان‌شهر تهران دارای تاب‌آوری اندکی بوده و حدود ۴۵ درصد نیز از تاب‌آوری بالایی برخوردارند.

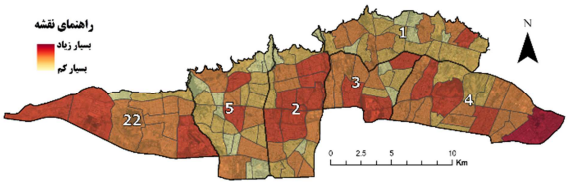
مؤلفه افزونگی، از دیگر ابعاد مهم تاب‌آوری است که در این پژوهش شامل معیارهای تراکم جمعیت، سرانه بهداشتی و درمانی، دسترسی به شبکه معابر و فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی است. این مؤلفه بیان‌گر مقاومت و پاسخ سیستم (محلات شهری) به اختلالات است. نقشه‌های تاب‌آوری کالبدی محلات مورد مطالعه بر اساس معیارهای یادشده در شکل‌های شماره ۷ تا ۱۰ آورده شده‌اند.



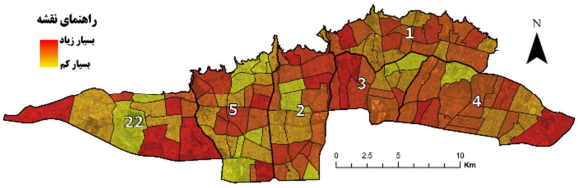
شکل ۷: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار سرانه درمانی



شکل ۸: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار تراکم جمعیت



شکل ۹: نقشهٔ تاب‌آوری محلات بر اساس معیار شبکه معابر



شکل ۱۰: نقشهٔ تاب‌آوری محلات بر اساس معیار فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی

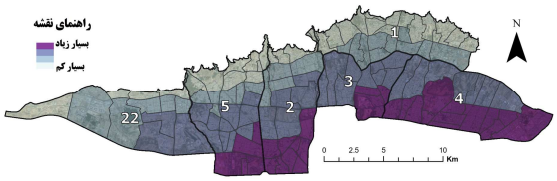
طیف تاب‌آوری بر اساس مؤلفه افزونگی (جدول ۶) و معیار تراکم جمعیت (C6)، حاکی از آن است که در بین ۱۲۱ محله‌ی مورد مطالعه، ۳۷ محله (۳۰ درصد) از تاب‌آوری کم و بسیار کم برخوردارند و ۴۱ محله (۳۳ درصد) نیز دارای تاب‌آوری زیاد و بسیار زیاد هستند. معیار سرانه‌ی بهداشتی ـ درمانی (C7) نیز بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد در حدود ۸۰ درصد از محلات از تاب‌آوری بسیار کمی در این زمینه برخوردارند. این امر، بیانگر سرانه بسیار پایین این کاربری و توزیع نامناسب آن در بین محلات مورد مطالعه است. بر مبنای معیار دسترسی به شبکه معابر (C8)، ۶۴ محله از ۱۲۱ محله (۵۰ درصد) از تاب‌آوری کم و بسیار کمی برخوردارند و تنها ۱۶ درصد از محدوده دارای تاب‌آوری بالا و بسیار بالا در این زمینه است. بر اساس زیرمعیارهای فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی (C9) نیز حدود ۴۰ درصد از کل محلات در وضعیت نامناسبی قرار گرفته و از تاب‌آوری کم و بسیار کمی برخوردارند.

جدول ۶: تعداد و درصد محلات بر اساس طیف تاب‌آوری و مؤلفه افزونگی

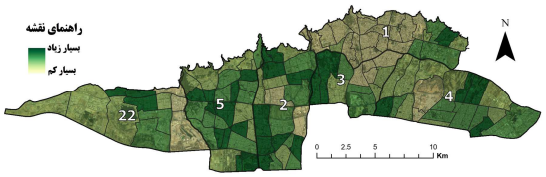
طیف تاب‌آوری	بسیار کم		کم		متوسط		زیاد		بسیار زیاد	
معیار	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد
C6	۱۲	۹,۹۲	۲۵	۲۰,۶۶	۴۳	۳۵,۵۴	۲۴	۱۹,۸۳	۱۷	۱۴,۰۵
C7	۹۷	۸۰,۱۷	۱۱	۹,۰۹	۲	۱,۶۵	۸	۶,۶۱	۳	۲,۴۸
C8	۲۳	۱۹,۰۱	۴۱	۳۳,۸۸	۳۷	۳۰,۵۸	۱۸	۱۴,۸۸	۲	۱,۶۵
C9	۱۴	۱۱,۵۷	۳۵	۲۸,۹۳	۳۷	۳۰,۵۸	۲۲	۱۸,۱۸	۱۳	۱۰,۷۴

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲

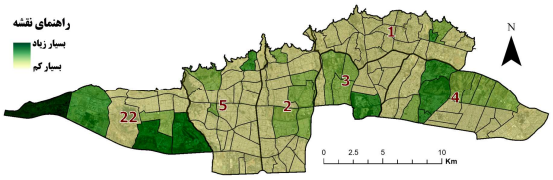
مؤلفه انعطاف‌پذیری نیز شامل معیارهای فاصله از گسل، فاصله از پایگاه مدیریت بحران، سرانه فضای سبز و سرانه فضای اسکان است. این مؤلفه همان‌طور که قبل‌تر بحث شد، سازگاری سیستم در موقعیت جدید را که می‌تواند ناشی از وقوع یک زلزله باشد، مد نظر قرار می‌دهد. تاب‌آوری کالبدی مسکن در محلات مورد مطالعه بر اساس معیارهای مد نظر در شکل‌های ۱۱ تا ۱۴ آورده شده‌اند.



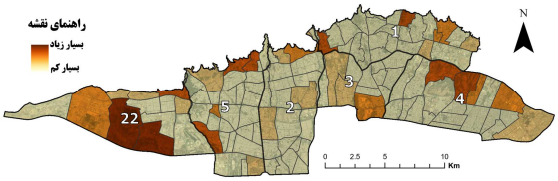
شکل ۱۱: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار فاصله از گسل



شکل ۱۲: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار فاصله از پایگاه بحران



شکل ۱۳: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار سرانهٔ فضای سبز



شکل ۱۴: نقشه تاب‌آوری محلات بر اساس معیار سرانه فضای اسکان

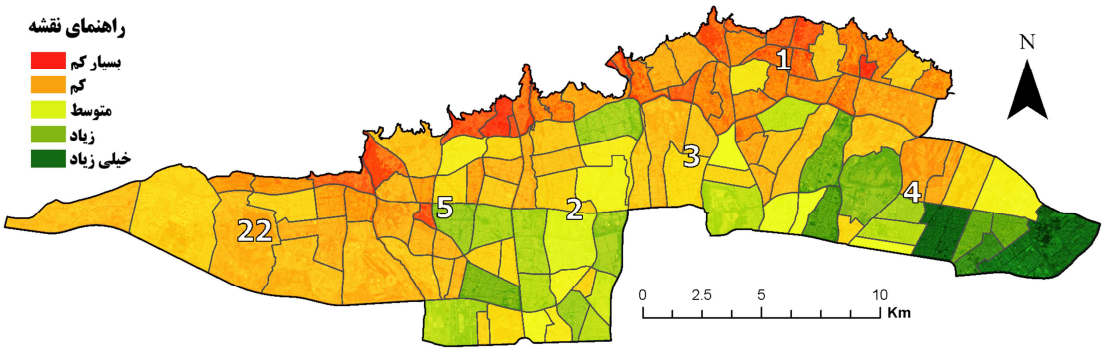
بر مبنای این مؤلفه (اتعطاف‌پذیری)، در حدود ۴۶ درصد از کل محلات با توجه به معیار فاصله از گسل، در وضعیت نامناسبی قرار گرفته و از تاب‌آوری کم و بسیار کمی برخوردارند. بر مبنای معیار فاصله از پایگاه‌های مدیریت بحران (C11) نیز، ۵۲ محله از کل محلات (۴۳ درصد)، دارای تاب‌آوری کمتری هستند و ۳۵ محله نیز تاب‌آوری بالاتری در برابر زلزله دارند. در نهایت، بر مبنای دو زیر معیار سرانه فضای اسکان و سرانه فضای سبز، بیش از ۷۰ درصد از محلات در طبقه اول یعنی تاب‌آوری بسیار کم قرار گرفته‌اند که حاکی از سرانه بسیار پایین این کاربری‌ها در پهنه محلات مورد مطالعه است. بنابراین، در صورتی که زلزله احتمالی رخ دهد، بالغ بر ۷۰ درصد از محلات از نظر دسترسی و میزان برخورداری از فضای سبز و فضاهای اسکان موقت، با مشکلاتی مواجه خواهند شد (جدول ۷).

جدول ۷: تعداد و درصد محلات بر اساس طیف تاب‌آوری و مؤلفه انعطاف‌پذیری. *مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲*

طیف تاب‌آوری	بسیار کم		کم		متوسط		زیاد		بسیار زیاد	
معیار	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد	تعداد محله	درصد
C10	۳۲	۲۶,۴۵	۲۴	۱۹,۸۳	۱۵	۱۲,۴۰	۱۹	۱۵,۷۰	۳۱	۲۵,۶۲
C11	۲۲	۱۸,۱۸	۳۰	۲۴,۷۹	۳۴	۲۸,۱۰	۲۰	۱۶,۵۳	۱۵	۱۲,۴۰
C12	۸۹	۷۳,۵۵	۱۳	۱۰,۷۴	۹	۷,۴۴	۷	۵,۷۹	۳	۲,۴۸
C13	۹۳	۷۶,۸۶	۱۷	۱۴,۰۵	۷	۵,۷۹	۳	۲,۴۸	۱	۰,۸۳

تحلیل وضعیت تاب‌آوری نهایی محلات

تجمیع لایه‌های تهیه‌شده برای هر معیار، در نهایت وضعیت تاب‌آوری کلی محلات مورد مطالعه را مشخص می‌سازد. بر این اساس، با درنظرگرفتن تمامی ۱۳ معیار مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی، می‌توان تعیین نمود هر محله چه مقدار در برابر مخاطره‌ی زلزله تاب‌آور است و در چه طیفی از تاب‌آوری قرار می‌گیرد. نقشه نهایی تاب‌آوری کالبدی مسکن در سطح محلات مورد مطالعه در شکل شماره ۱۵ آورده شده است.



شکل ۱۵: نقشه نهایی تاب‌آوری کالبدی مسکن محلات واقع در محور شمالی کلان‌شهر تهران. ***منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲***

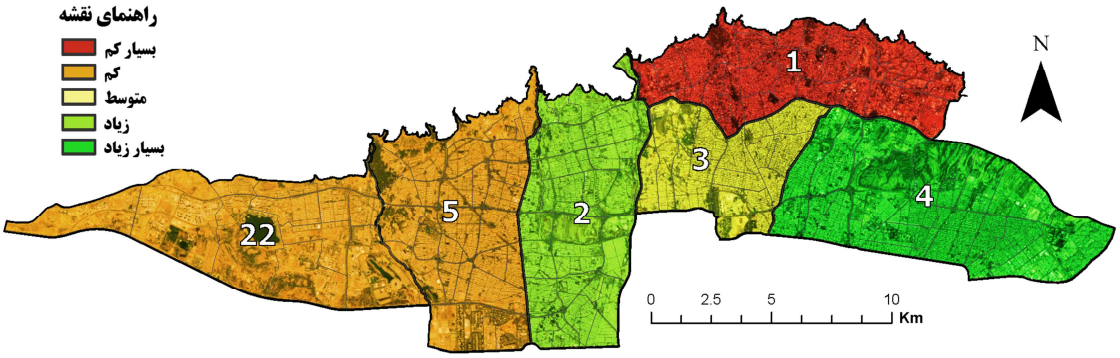
به‌طورکلی بر مبنای نتایج حاصل از یافته‌های پژوهش، محلات قرار گرفته در بخش شمالی و غربی محدوده مورد مطالعه از تاب‌آوری کمتری در برابر زلزله برخوردارند و هرچقدر از این محلات به سمت جنوب و جنوب شرق می‌رویم، میزان تاب‌آوری کالبدی محلات افزایش می‌یابد. با درنظرگرفتن پنج طبقه برای میزان تاب‌آوری شامل (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد)، شمار و آمار مربوط به طیف تاب‌آوری کالبدی مسکن در برابر زلزله در بین محلات مورد بررسی، به‌دست آمد (جدول ۸).

جدول ۸: تعداد و درصد محلات مورد مطالعه از نظر طیف پنج‌گانه تاب‌آوری. ***منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲***

طیف تاب‌آوری	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
تعداد محلات	۳۵	۴۱	۲۲	۲۰	۳
درصد از محلات	۲۸,۹۳	۳۳,۸۸	۱۸,۱۸	۱۶,۵۳	۲,۴۸
درصد پوشش از مساحت محدوده	۱۶,۵۲	۴۲,۳۰	۱۶,۶۰	۱۹,۷۳	۴,۸۶

تحلیل یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که بیش از ۶۰ درصد از محلات محدوده‌ی مورد مطالعه از نظر تاب‌آوری در وضعیت نامناسبی (کم و بسیار کم) قرار داشته و تنها در حدود ۱۹ درصد از محلات دارای شرایط مطلوبی می‌باشند. از نظر درصد پوشش نیز، در حدود ۵۹ درصد از مساحت محدوده از تاب‌آوری کم و بسیار کم و حدود ۲۴ درصد نیز از تاب‌آوری زیاد و بسیار زیاد برخوردارند. در بین محلات مورد بررسی نیز به ترتیب محلات «گل‌ها»، «هزارسنگ» و «مرادآباد» کمترین میزان تاب‌آوری و محلات «تهران‌پارس غربی»، «حکیمیه» و «جوادیه» بیشترین درجه‌ی تاب‌آوری را به خود اختصاص داده‌اند. پایین بودن میزان تاب‌آوری در برخی محلات به معنی آسیب‌پذیری بیشتر آن‌ها در برابر زلزله است و هرچقدر میزان تاب‌آوری افزایش می‌یابد، آن محله در برابر زلزله‌های احتمالی آسیب کمتری نسبت به سایرین خواهد دید.

علاوه بر این، با درنظرگرفتن میانگین طیف تاب‌آوری در سطح مناطق مورد مطالعه (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۲۲)، مشاهده می‌شود که منطقه یک به‌عنوان کم تاب‌آورترین منطقه و منطقه چهار نیز، تاب‌آورترین منطقه در محور شمالی کلان‌شهر تهران می‌باشند (شکل ۱۶). همچنین، منطقه سه نیز در وضعیت متوسطی از نظر تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله قرار گرفته است.



شکل ۱۶: تاب‌آوری کالبدی مناطق شش‌گانه مورد مطالعه در برابر زلزله. *منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲*

نتیجه گیری

شهرها، پیچیده‌ترین و مهم‌ترین دست‌ساخت‌های بشری می‌باشند که همواره در معرض تهدیدهای مکرر انسانی و طبیعی نظیر زمین‌لرزه قرار دارند. تاب‌آوری مفهومی است که به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم پایداری در دهه‌های اخیر در مواجه با مخاطرات و تهدیدهای موجود مطرح شده و توجهات روزافزونی را نیز به خود جلب کرده است. یک شهر زمانی تاب‌آور خواهد بود که با برخورداری از شبکه‌ای از سیستم‌های فیزیکیِ پایدار، قوی و انعطاف‌پذیر، توانایی مقابله، جذب و دفع شوک‌ها و مخاطرات متعدد را داشته باشد. بنابراین، تاب‌آوری شهرها یکی از جنبه‌های مهم مدیریت شهرهاست که نیازمند پایداری محیط شهری است. مسکن امن، مقرون به‌صرفه و در عین حال پایدار و تاب‌آور از جمله نیازهای اساسی شهرنشینی کنونی است که بسیاری از جوامع به دنبال دستیابی به آن هستند. ساختمان‌ها و مساکن شهری به‌عنوان یکی از اجزای فیزیکی شهرها، باید قادر باشند در هنگام وقوع زلزله و دیگر مخاطرات، در برابر فشارها و تنش‌های وارد شده دوام آورده و تاب بیاورند. بنابراین، از یک سو تاب‌آوری مساکن شهری ناشی از ماهیت خود ساختمان نظیر نوع سازه، قدمت، تعداد طبقات آن و غیره است و از سوی دیگر برگرفته از شرایط محیطی و موقعیت قرارگیری آن همانند دسترسی به انواع کاربری‌ها، فاصله از گسل و ... است. تمامی این موارد در شناخت کامل محیط و سنجش تاب‌آوری آن در برابر مخاطرات حائز اهمیت است که بایستی مورد توجه قرار گیرد. حال، با توجه به اهمیت موضوع تاب‌آوری در برابر بلاهای طبیعی به‌ویژه زلزله در کلان‌شهرها، این مقاله با هدف تحلیل مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی مسکن در برابر زلزله در محور شمالی تهران که همواره در معرض زلزله قرار دارد تدوین شده است .کلان‌شهر تهران با توجه به موقعیت قرارگیری و گسترش پیرامون گسل‌های متعددی که این شهر را تهدید می‌کند، یکی از آسیب‌پذیرترین شهرهای جهانی در برابر زلزله است. در این میان، محور شمالی کلان‌شهر تهران با بیش از ۴۰ درصد از جمعیت کل شهر و قرارگیری پیرامون گسل شمال تهران از موقعیت حساس‌تری برخوردار است.

در راستای تحلیل مولفه‌ها، ابتدا ۱۳ معیار کلیدی و مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی مسکن شناسایی و با استفاده از روش SWARA وزن‌دهی شد. در بین معیارهای استخراج‌شده، سه معیار «اسکلت یا سازه ساختمان»، «فاصله از گسل» و «دسترسی به شبکه معابر» از اهمیت بالاتری برخوردارند. در نهایت با اعمال ضرایب و اوزان نهایی معیارها و

شاخص‌های مربوطه، نقشه نهایی تاب‌آوری کالبدی محلات محور شمالی کلان‌شهر تهران به‌دست آمد. بر اساس یافته‌های پژوهش، در مجموع محدوده‌ی مورد مطالعه از حیث تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله وضعیت خوبی نداشته و بیش از ۶۰ درصد از محلات از تاب‌آوری کم و بسیارکم برخوردارند. این محلات عموماً در بخش‌هایی از مناطق یک، پنج و ۲۲ قرار دارند و نزدیکی به گسل، سرانه فضای سبز و درمانی پایین، تعداد بالای طبقات ساختمان و سازه‌های قدیمی و نسبتاً ضعیف از جمله مواردی است که موجب پایین بودن سطح تاب‌آوری در این محلات شده است. علاوه بر این، تنها حدود ۱۹ درصد از محلات مورد مطالعه از شرایط مطلوبی از نظر تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله برخوردارند. همچنین در بین مناطق شش‌گانه مورد مطالعه نیز، منطقه یک کمترین و منطقه چهار بیشترین میزان تاب‌آوری در برابر زلزله را نشان دادند. تمامی این موارد حاکی از ناپایداری و آسیب‌پذیری بالای محدوده‌ی مورد مطالعه است که هرچقدر به سمت بخش‌های شمالی و غربی می‌رویم، تاب‌آوری کمتر و در نتیجه آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود. همچنین، در زمان وقوع زلزله آسیب‌های احتمالی چندین برابر خواهد بود که وظیفه مدیریت شهری و برنامه‌ریزی برای افزایش تاب‌آوری این محلات را بیش از پیش روشن می‌سازد.

این پژوهش، ازآنجایی‌که به لحاظ محدوده‌ی مورد مطالعه و برخی معیارهای به‌کاررفته دارای نوآوری است، در سایر مطالعات با این گستردگی انجام نشده و یافته‌های اندکی در زمینه موضوع مورد مطالعه در این مناطق وجود دارد. لیکن، نتایج حاصل از این پژوهش با اندک مطالعاتی که در این مناطق صورت گرفته است، مطابقت دارد. به‌عنوان مثال، آروین و زیاری (۱۳۹۷) در بررسی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری منطقه دو کلان‌شهر تهران در برابر زلزله، به این نتیجه دست یافتند که این منطقه با آسیب‌پذیری بسیار بالا و تاب‌آوری پایین در مواجهه با زمین‌لرزه روبرو است که دلیل اصلی آن قرارگیری این منطقه بر روی گسل شمال تهران است. عشقی چهاربرج و همکاران (۱۳۹۶)، با ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه یک کلان‌شهر تهران، دریافتند که در صورت وقوع زلزله‌ای با شدت‌های بالا، دامنه تاب‌آوری منطقه به میزان قابل‌توجهی کاهش خواهد یافت و درصد زیادی از سازه‌های موجود در محدوده با خطر جدی مواجه خواهند شد. نتایج پژوهش یادشده حاکی از تاب‌آوری اندک منطقه یک کلان‌شهر تهران در برابر زلزله‌های احتمالی است که با یافته‌های این پژوهش نیز مطابقت دارد. همچنین، تعدادی از مطالعات مشابه نیز در سطح محلات واقع در مناطق شمالی تهران انجام شده‌اند که نتایج این مطالعه را تایید می‌نمایند. از جمله صیدبیگی و همکاران (۱۳۹۸) و خزاعی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهش‌های خود به بررسی تاب‌آوری در محله فرحزاد تهران، واقع در منطقه دو این شهر پرداخته‌اند که نتایج و یافته‌های مطالعات آن‌ها نشان‌دهنده‌ی سطوح پایین تاب‌آوری محله فرحزاد و در نتیجه آسیب‌پذیری بالای آن در برابر زلزله است.

بنابراین، این پژوهش در مقایسه با سایر مطالعات مشابه، مقیاس بزرگ‌تر و جامع‌تری را درنظر گرفته است و با عنایت به قرارگیری مناطق شمالی کلان‌شهر تهران در مجاورت گسل شمال تهران، محور شمالی این کلان‌شهر را که شامل مناطق شش‌گانه یادشده هست، مورد مطالعه قرار داده است. علاوه بر این، در این پژوهش با تحلیل محتوای پژوهش-های مشابه، مؤثرترین معیارها بر تاب‌آوری کالبدی مسکن استخراج شد که برخی از آن‌ها در عین اهمیت بالایی که دارند در دیگر پژوهش‌ها مورد توجه نبوده است. این موارد، حاکی از نوآوری و بداعت این پژوهش در مقایسه با دیگر پژوهش‌ها است. در مجموع، نتایج این پژوهش می‌تواند در شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر در مناطق مورد بررسی که

از سطوح پایین تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله برخوردارند، کارآمد باشد و مورد توجه سازمان‌های مرتبط در این زمینه همچون شهرداری مناطق، سازمان مدیریت بحران و ... قرار گیرد تا با برنامه‌ریزی مناسب از خسارت‌ها و تلفات احتمالی در آینده ممانعت به عمل آید.

منابع

ابراهیم‌زاده، عیسی؛ کاشفی‌دوست، دیمن؛ حسینی، احمد. (۱۳۹۸). ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله، مخاطرات و محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره ۲۰، ۱۳۱-۱۴۶.https://doi.org/10.22111/jneh.2018.22768.1343

آروین، محمود؛ زیاری، کرامت‌الله. (۱۳۹۷). سنجش میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و تاب‌آوری اجتماعی در برابر زلزله، فصلنامه امداد و نجات، دوره دهم، شماره ۳۷، ۲۱-۴۶.

بدری، سیدعلی؛ طهماسبی، سیامک؛ هاجری، بهرام. (۱۴۰۰). رویکرد علم‌سنجی به مطالعات تاب‌آوری بلاها در ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۳، ۵۲-۳۳.

مرادپور، نبی؛ پوراحمد، احمد؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ زیاری، کرامت الله. (۱۴۰۰). فراتحلیلی بر پژوهش های چاپ‌شده در حوزه تاب‌آوری شهری در ایران. مدیریت شهری و روستایی، ۲۰ (۶۴) :۷-۲۴.

رفیعیان، مجتبی؛ رضایی، محمدرضا؛ عسگری، علی؛ پرهیزکار، اکبر؛ شایان، سیاوش. (۱۳۹۰). تبیین مفهومی تاب‌آوری و شاخص‌سازی آن در مدیریت سوانح اجتماعی محور (CBDM)، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۵(۴)، ۱۹. http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-9255-fa.html

عشقی چهاربرج، علی؛ نظم‌فر، حسین؛ غفاری، عطا. (۱۳۹۶). ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله‌های احتمالی (منطقه یک شهرداری تهران)، نشریه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، سال دوم، شماره ۴، پیاپی ۸، ۱۱-۲۶.

کمالی، ماندانا؛ طبیبیان، منوچهر؛ الهی، مسعود. (۱۴۰۰)، تحلیلی بر تاب‌آوری کالبدی مساکن اجتماعی در برابر زلزله با استفاده از تکنیک موران (نمونه موردی، محله پونک زنجان)، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره ۱۱، شماره سوم، ۳۱۰-۳۲۶. http://dpmk.ir/article-1-435-fa.html

گرجی، مهشید؛ خادم‌الحسینی، احمد؛ اذانی، مهری؛ صابری، حمید. (۱۴۰۰)، تبیین تاب‌آوری کالبدی در بافت فرسوده شهری با بهره‌گیری از معادلات ساختاری PLS (نمونه‌ی موردی: محله‌های منطقه‌ی سه شهر اصفهان)، جغرافیا و توسعه، سال ۱۹، شماره ۶۴، ۱۴۳-۱۶۴. https://doi.org/10.22111/j10.22111.2021.6369

لطفی، صدیقه؛ نیک‌پور، عامر؛ اکبری، فاطمه. (۱۳۹۹)، سنجش و ارزیابی ابعاد کالبدی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله (مطالعه‌ی موردی: منطقه ۷ کلان‌شهر تهران)، فصلنامه علمی ـ پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال ۱۲، شماره ۴، صص ۱۹-۳۷. https://dorl.net/dor/20.1001.1.66972251.1399.12.4.2.0

مشکینی، ابوالفضل؛ قائدرحمتی، صفر؛ شعبان‌زاده‌نمینی، رضا. (۱۳۹۳). تحلیل آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله (منطقه مورد مطالعه: منطقه دو شهرداری تهران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی, ۴۶(۴), ۸۴۳-۸۵۶.https://doi.org/10.22059/jhgr.2015.51226

ملکی، سعید؛ امانپور، سعید؛ شجاعیان، علی؛ رضوی، معصومه. (۱۳۹۹). بررسی و سنجش میزان تاب‌آوری در ابعاد کالبدی و اجتماعی در برابر زلزله (مطالعه‌ی موردی شهر ایذه)، مطالعات ساختار و کارکرد شهری، سال هفتم، شماره ۲۲، صفحات ۸۱-۱۱۱. doi: 10.22080/usfs.2019.15917.1743.

Abdul, L., & Yu, T. F. (2020). Resilient urbanization: a systematic review on urban discourse in Pakistan. Urban Science, 4(4), 76. https://doi.org/10.3390/urbansci4040076

Adler, C. E., Aldunce, P., Indvik, K., Alegría, D., Borquez, R., & Galaz, V. (2015). Resilience. Research handbook on climate governance. https://doi.org/10.4337/9781783470600

Ainuddin, S., & Routray, J. K. (2012). Community resilience framework for an earthquake-prone area in Baluchistan. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2, 25-36. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2012.07.003

Ajalli, M., Mozaffari, M. M., & Salahshori, R. (2019). Ranking the suppliers using a combined SWARA-FVIKOR approach. International journal of supply chain management, 8(1), 907-915. http://excelingtech.co.uk/

Alavi, A., Meshkini, A., Ebrahimi, M. (2020). Operational site selection for disaster management bases in Tehran, Iran. MAUSAM, 71(3), 431-442. http://dx.doi.org/10.54302/mausam.v71i3.42

Alawneh, S. M., & Rashid, M. (2022). Revisiting Urban Resilience: A Review on Resilience of Spatial Structure in Urban Refugee Neighborhoods Facing Demographic Changes. Frontiers in Sustainable Cities, 57. https://doi.org/10.3389/frsc.2022.806531
Anelli, D., Tajani, F., & Ranieri, R. (2022). Urban resilience against natural disasters: Mapping the risk with an innovative indicators-based assessment approach. Journal of Cleaner Production, 371, 133496. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133496
Ashtari Jafari, M. (2007). Time-independent seismic hazard analysis in Alborz and the surrounding area. Natural hazards, 42, 237-252. http://dx.doi.org/10.1007/s11069-006-9097-7
Ashtari, M. (2010). Statistical prediction of the next great earthquake around Tehran, Iran. Journal of Geodynamics, 49(1), 14-18. https://doi.org/10.1016/j.jog.2009.07.002
Ashtari, M., Hatzfeld, D., & Kamalian, N. (2005). Microseismicity in the region of Tehran. Tectonophysics, 395(3-4), 193-208. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.09.011
Aslani, F., Hosseini, K. A., & Fallahi, A. (2020). A framework for earthquake resilience at the neighborhood level. International journal of disaster resilience in the built environment, 11(4), 557-575. http://dx.doi.org/10.1108/IJDRBE-12-2019-0082
Assarkhaniki, Z., Rajabifard, A., & Sabri, S. (2020). The conceptualization of resilience dimensions and comprehensive quantification of the associated indicators: A systematic approach. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101840. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101840
Basaglia, A., Aprile, A., Spacone, E., & Pelà, L. (2020). Assessing community resilience, housing recovery and impact of mitigation strategies at the urban scale: a case study after the 2012 Northern Italy Earthquake. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(13), 6039-6074. https://doi.org/10.1007/s10518-020-00919-8
Birkmann, J., & Pelling, M. (2006). Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies. United Nations University. https://digitallibrary.un.org/record/587074?ln=en&v=pdf
Breton, M. (2001). Neighborhood resiliency. Journal of Community Practice, 9(1), 21-36. https://doi.org/10.1300/J125v09n01_02
Bueno, S., Banuls, V. A., & Gallego, M. D. (2021). Is urban resilience a phenomenon on the rise? A systematic literature review for the years 2019 and 2020 using textometry. International Journal of Disaster Risk Reduction, 66, 102588. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102588
Cerè, G., Rezgui, Y., & Zhao, W. (2017). Critical review of existing built environment resilience frameworks: directions for future research. International journal of disaster risk reduction, 25, 173-189. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.018
Cox, R. S., & Hamlen, M. (2015). Community disaster resilience and the rural resilience index. American Behavioral Scientist, 59(2), 220-237. https://doi.org/10.1177/0002764214550297
CRED—Human cost of disasters. An overview of the last 20 years 2000-2019. http://www.undrr.org/quick/50922
Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2010). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. Global environmental change, 18(4), 598-606. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013
Dehghani, A., Alidadi, M., & Sharifi, A. (2022). Compact Development Policy and Urban Resilience: A Critical Review. Sustainability, 14(19), 11798. https://doi.org/10.3390/su141911798
Djalante, R., & Thomalla, F. (2010). Community resilience to natural hazards and climate change impacts: a review of definitions and operational frameworks. http://dx.doi.org/10.3850/S1793924011000952
Epstein, K., DiCarlo, J., Marsh, R., Adhikari, B., Paudel, D., Ray, I., & Måren, I. E. (2018). Recovery and Adaptation after the 2015 earthquakes; A smallholder farmer perspective. Ecology and Society, 23(1). https://www.jstor.org/stable/26799051
Fasihi, H., & Kamran Dastjerdi, H. (2022). Historical Urban Fabric in the Face of Hazards (a Case Study of Ferdowsi Neighborhood in Tehran, Iran). Available at SSRN: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4108984
Feofilovs, M., & Romagnoli, F. (2021). Dynamic assessment of urban resilience to natural hazards. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102328. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102328
Fu, X., & Wang, X. (2018). Developing an integrative urban resilience capacity index for plan making. Environment Systems and Decisions, 38, 367-378. https://doi.org/10.1007/s10669-018-9693-6
Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. Natural hazards review, 4(3), 136-143. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136)
Haghighi Fard, S. M., & Doratli, N. (2022). Evaluation of Resilience in Historic Urban Areas by Combining Multi-Criteria Decision-Making System and GIS, with Sustainability and Regeneration Approach: The Case Study of Tehran (IRAN). Sustainability, 14(5), 2495. https://doi.org/10.3390/su14052495
Hashemi, M., & Alesheikh, A. A. (2011). A GIS-based earthquake damage assessment and settlement methodology. Soil dynamics and earthquake engineering, 31(11), 1607-1617. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2011.07.003
Hashemkhani Zolfani, S., Yazdani, M., & Zavadskas, E. K. (2018). An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving the criteria prioritization process. Soft Computing, 22, 7399-7405. https://doi.org/10.1007/s00500-018-3092-2

Hayat, K., JianJun, Z., Ali, S., & Khan, M. A. (2023). Exploring factors of the sustainable supply chain in the post-COVID-19 pandemic: SWARA approach. Environmental Science and Pollution Research, 1-19. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16908-6

Hofmann, S. Z. (2022). Build Back Better and Long-Term Housing Recovery: Assessing Community Housing Resilience and the Role of Insurance Post Disaster. Sustainability, 14(9), 5623. https://doi.org/10.3390/su14095623

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual review of ecology and systematics, 1-23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245

Hung, H. C., Yang, C. Y., Chien, C. Y., & Liu, Y. C. (2016). Building resilience: Mainstreaming community participation into an integrated assessment of resilience to climatic hazards in metropolitan land use management. Land use policy, 50, 48-58. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.08.029

Jones. F, P. (2017). Housing resilience and the informal city. Journal of Regional and City Planning, 28(2), 129-139. http://dx.doi.org/10.5614/jrcp.2017.28.2.4

Kamranzad, F., Memarian, H., & Zare, M. (2020). Earthquake risk assessment for Tehran, Iran. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(7), 430. https://doi.org/10.3390/ijgi9070430

Kapucu, N., Martín, Y., & Williamson, Z. (2021). Urban resilience for building a sustainable and safe environment. Urban Governance, 1(1), 10-16. http://dx.doi.org/10.1016/j.ugj.2021.09.001

Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). Journal of business economics and management, 11(2), 243-258. https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12

Kontokosta, C. E., & Malik, A. (2018). The Resilience to Emergencies and Disasters Index: Applying big data to benchmark and validate neighborhood resilience capacity. Sustainable cities and society, 36, 272-285. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.025

Kurnio, H., Fekete, A., Naz, F., Norf, C., & Jüpner, R. (2021). Resilience learning and indigenous knowledge of earthquake risk in Indonesia. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102423. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102423

Lindell, M. K., & Prater, C. S. (2003). Assessing community impacts of natural disasters. Natural hazards review, 4(4), 176-185. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:4(176)

Marshall, N. A., Tobin, R. C., Marshall, P. A., Gooch, M., & Hobday, A. J. (2013). Social vulnerability of marine resource users to extreme weather events. Ecosystems, 16(5), 797-809. https://www.jstor.org/stable/23501440

McBean, G. A., & Henstra, D. (2003). Climate change, natural hazards and cities. Institute for Catastrophic Loss Reduction. http://www.iclr.org/

Mehmood, A. (2016). Of resilient places: planning for urban resilience. European planning studies, 24(2), 407-419. https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1082980

Meshkini, A., Hajilou, M., Jokar, S., & Esmaeili, A. (2021). The role of land use patterns in earthquake resilience: a case study of the Ahvaz Manba Ab neighborhood. Natural Hazards, 109(3), 2027-2051. https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-021-04909-0

Moradi, A., Nabi Bidhendi, G. R., & Safavi, Y. (2021). Effective environment indicators on improving the resilience of Mashhad neighborhoods. International Journal of Environmental Science and Technology, 18(8), 2441-2458. http://dx.doi.org/10.1007/s13762-021-03377-0

Mostafaei, H., & Kabeyasawa, T. (2004). Investigation and analysis of damage to buildings during the 2003 Bam earthquake. Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 79, 107-132. https://www.semanticscholar.org

Nateghi, F. (2001). Earthquake scenario for the mega-city of Tehran. Disaster Prevention and Management: An International Journal. http://dx.doi.org/10.1108/09653560110388618

Parizi, S. M., Taleai, M., & Sharifi, A. (2021). Integrated methods to determine urban physical resilience characteristics and their interactions. Natural Hazards, 109(1), 725-754. http://DOI:10.1007/s11069-021-04855-x

Paton, D., Millar, M., & Johnston, D. (2001). Community resilience to volcanic hazard consequences. Natural hazards, 24, 157-169. https://doi.org/10.1023/A:1011882106373

Scherzer, S., Lujala, P., & Rød, J. K. (2019). A community resilience index for Norway: An adaptation of the Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC). International Journal of Disaster Risk Reduction, 36, 101107. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101107

Sharifi, A. (2019). Resilient urban forms: A macro-scale analysis. Cities, 85, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.11.023

Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2014). Resilient urban planning: Major principles and criteria. Energy Procedia, 61, 1491-1495. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.154

Sharifi, A., Roosta, M., & Javadpoor, M. (2021). Urban form resilience: A comparative analysis of traditional, semi-planned, and planned neighborhoods in Shiraz, Iran. Urban Science, 5(1), 18. https://doi.org/10.3390/urbansci5010018

SHOJAEE, M., ZARE, M., AKASHEH, B., TAGHIZADEH, A. O., & DOROSTIAN, A. (2020). ANALYSIS OF PHYSICAL INDICES IN EARTHQUAKE RESILIENCE OF BABOL NEIGHBORHOODS, IRAN. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais, 11, 364-380. https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.983

Singh, R. K., & Modgil, S. (2020). Supplier selection using SWARA and WASPAS–a case study of the Indian cement industry. Measuring Business Excellence. http://dx.doi.org/10.1108/MBE-07-2018-0041

Solway, L. (2004). Reducing the effect of natural hazards on urban areas. In Natural Disasters and Sustainable Development (pp. 303-338). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-08905-7_19
Spaans, M., & Waterhout, B. (2017). Building up resilience in cities worldwide–Rotterdam a a participant in the 100 Resilient Cities Programme. Cities, 61, 109-116. https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.011
Sunarti, E., Gunawan, E., Widiyantoro, S., Marliyani, G. I., & Ida, R. (2021). Critical point on housing construction, resilience, and family subjective welfare after a disaster: Notes from the Lombok, Indonesia, earthquake sequence of July-August 2018. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 12(1), 922-938. https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1910576
Tanaka, M., & Baba, K. (2020). Resilient Policies in Asian Cities. Springer Singapore. https://www.springerprofessional.de
Thomalla, F. (2011). Community resilience to natural hazards and climate change impacts: A review of definitions and operational frameworks. http://dx.doi.org/10.3850/S1793924011000952
Tiernan, A., Drennan, L., Nalau, J., Onyango, E., Morrissey, L., & Mackey, B. (2019). A review of themes in disaster resilience literature and international practice since 2012. Policy design and practice, 2(1), 53-74. https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1507240
United Nations Office for Disaster Risk Reduction Terminology (2017). www.undrr.org
Verrucci, E., Rossetto, T., Twigg, J., & Adams, B. J. (2012, September). Multi-disciplinary indicators for evaluating the seismic resilience of urban areas. In Proceedings of 15th World Conference Earthquake Engineering, Lisbon.https://www.iitk.ac.in
Vinnell, L. J., Orchiston, C., Becker, J., & Johnston, D. (2019). Pathways to Earthquake Resilience: Learning from past events. Australasian Journal of Disaster & Trauma Studies, 23(2). http://trauma.massey.ac.nz/issues/2019-2/AJDTS_23_2_Editorial.pdf
Vlajic, J. (2017, July). Effective Usage of Redundancy and Flexibility in Resilient Supply Chains. In Proceedings of the 22nd International Symposium on Logistics (ISL 2017): Data Driven Supply Chains (pp. 450-458). Centre for Concurrent Enterprise, Nottingham University Business School.https://pure.qub.ac.uk
Yazdani, A., & Kowsari, M. (2017). A probabilistic procedure for scenario-based seismic hazard maps of Greater Tehran. Engineering Geology, 218, 162-172. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.01.013
Ying, Z., Hao, W., & An-qi, G. U. (2019). Earthquake engineering: From earthquake resistance, energy dissipation, and isolation, to resilience. 工程力学, 36(6), 1-12. https://dx.doi.org/10.6052/j.issn.1000-4750.2018.07.ST09
Zafarani, H., Hajimohammadi, B., & Jalalalhosseini, S. M. (2019). Earthquake hazard in the Tehran region based on the characteristic earthquake model. Journal of Earthquake Engineering, 23(9), 1485-1511. http://dx.doi.org/10.1080/13632469.2017.1387189
Zarghamfard, M., Meshkini, A., Pourahmad, A., & Murgante, B. (2019). The pathology of housing policies in Iran: a criterion-based analysis. International Journal of Housing Markets and Analysis. http://dx.doi.org/10.1108/IJHMA-06-2019-0066
Zeng, X., Yu, Y., Yang, S., Lv, Y., & Sarker, M. N. I. (2022). Urban resilience for urban sustainability: Concepts, dimensions, and perspectives. Sustainability, 14(5), 2481. https://doi.org/10.3390/su14052481
Zolfaghari, M. R., & Peyghaleh, E. (2016). Development of optimization-based probabilistic earthquake scenarios for the city of Tehran. Computers & Geosciences, 86, 129-145.
https://www.oecd.org/cfe/resilient-cities.htm.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Ebrahimzadeh, I., Kashefidoost, D., & Hosseini, A. (2019). Evaluating the Physical Resilience of a city against earthquake (case study: Piranshahr city). Journal of Natural Environmental Hazards, 8(20), 131-146. [in Persian].
Gorji, M., khademolhoseiny, A., azani, M., & saberi, H. (2021). Explain physical resilience in urban worn texture using PLS structural equations (Case study: Neighborhoods of the third region of Isfahan). Geography and Development, 19(64), 143-164. [in Persian].
Moradpour, Nabi; Pourahmad, Ahmad; Hataminezhad, Hosein; Ziari, Keramatollah. (2021). A meta-analysis of published research in the field of urban resilience in Iran. Journal title; 20 (64):7-24 [in Persian].
Kamali M, Tabibian M, Elahi M. (2021). Analysis of Physical Resilience of Social Housing against Earthquake Using the Moran technique (A case study of Poonak neighborhood in Zanjan). Disaster Prev. Manag. Know. 2021; 11 (3):310-326. [in Persian].
Lotfi, S., Nokpour, A., Akbari, F., (2020). Assessment and evaluation of the physical dimensions of urban resilience against earthquakes (Case study: District 7 of Tehran), Quarterly of New Attitudes in Human Geography (Autumn) 2020, Vol. 12. No 4. [in Persian].
Maleki, S., Amanpour, S., Shojaeeyan, A., & Razavii, M. (2020). Surveying and Measuring the Physical and Social Resilience to Earthquakes (Case Study of Izeh City). Urban Structure and Function Studies, 7(22), 81-111. [in Persian].
Meshkini, A., Ghaed Rahmati, S., & Shabanzadeh Namini, R. (2015). Analysis of urban fabric vulnerability against earthquake. (Case study: Tehran, District 2). Human Geography Research, 46(4), 843-856. [in Persian].
Rafieian, M., Rezayi, M.R., Asgari, A., Parhizkar, A., Shayan, S., (2012). Conceptual explanation of resilience and its indexing in community-based disaster management (CBDM), The Journal of Spatial Planning, 15 (4): 19-41. [in Persian].

References (in English)

Abdul, L., & Yu, T. F. (2020). Resilient urbanization: a systematic review on urban discourse in Pakistan. Urban Science, 4(4), 76. https://doi.org/10.3390/urbansci4040076
Adler, C. E., Aldunce, P., Indvik, K., Alegría, D., Borquez, R., & Galaz, V. (2015). Resilience. Research handbook on climate governance. https://doi.org/10.4337/9781783470600
Ainuddin, S., & Routray, J. K. (2012). Community resilience framework for an earthquake-prone area in Baluchistan. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2, 25-36. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2012.07.003
Ajalli, M., Mozaffari, M. M., & Salahshori, R. (2019). Ranking the suppliers using a combined SWARA-FVIKOR approach. International journal of supply chain management, 8(1), 907-915. http://excelingtech.co.uk/
Alavi, A., Meshkini, A., Ebrahimi, M. (2020). Operational site selection for disaster management bases in Tehran, Iran. MAUSAM, 71(3), 431-442. http://dx.doi.org/10.54302/mausam.v71i3.42
Alawneh, S. M., & Rashid, M. (2022). Revisiting Urban Resilience: A Review on Resilience of Spatial Structure in Urban Refugee Neighborhoods Facing Demographic Changes. Frontiers in Sustainable Cities, 57. https://doi.org/10.3389/frsc.2022.806531
Anelli, D., Tajani, F., & Ranieri, R. (2022). Urban resilience against natural disasters: Mapping the risk with an innovative indicators-based assessment approach. Journal of Cleaner Production, 371, 133496. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133496
Ashtari Jafari, M. (2007). Time-independent seismic hazard analysis in Alborz and the surrounding area. Natural hazards, 42, 237-252. http://dx.doi.org/10.1007/s11069-006-9097-7
Ashtari, M. (2010). Statistical prediction of the next great earthquake around Tehran, Iran. Journal of Geodynamics, 49(1), 14-18. https://doi.org/10.1016/j.jog.2009.07.002
Ashtari, M., Hatzfeld, D., & Kamalian, N. (2005). Microseismicity in the region of Tehran. Tectonophysics, 395(3-4), 193-208. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.09.011
Aslani, F., Hosseini, K. A., & Fallahi, A. (2020). A framework for earthquake resilience at the neighborhood level. International journal of disaster resilience in the built environment, 11(4), 557-575. http://dx.doi.org/10.1108/IJDRBE-12-2019-0082
Assarkhaniki, Z., Rajabifard, A., & Sabri, S. (2020). The conceptualization of resilience dimensions and comprehensive quantification of the associated indicators: A systematic approach. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101840. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101840
Basaglia, A., Aprile, A., Spacone, E., & Pelà, L. (2020). Assessing community resilience, housing recovery and impact of mitigation strategies at the urban scale: a case study after the 2012 Northern Italy Earthquake. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(13), 6039-6074. https://doi.org/10.1007/s10518-020-00919-8
Birkmann, J., & Pelling, M. (2006). Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies. United Nations University. https://digitallibrary.un.org/record/587074?ln=en&v=pdf
Breton, M. (2001). Neighborhood resiliency. Journal of Community Practice, 9(1), 21-36. https://doi.org/10.1300/J125v09n01_02

Bueno, S., Banuls, V. A., & Gallego, M. D. (2021). Is urban resilience a phenomenon on the rise? A systematic literature review for the years 2019 and 2020 using textometry. International Journal of Disaster Risk Reduction, 66, 102588. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102588

Cerè, G., Rezgui, Y., & Zhao, W. (2017). Critical review of existing built environment resilience frameworks: directions for future research. International journal of disaster risk reduction, 25, 173-189. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.018

Cox, R. S., & Hamlen, M. (2015). Community disaster resilience and the rural resilience index. American Behavioral Scientist, 59(2), 220-237. https://doi.org/10.1177/0002764214550297

CRED—Human cost of disasters. An overview of the last 20 years 2000-2019. http://www.undrr.org/quick/50922

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2010). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. Global environmental change, 18(4), 598-606. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013

Dehghani, A., Alidadi, M., & Sharifi, A. (2022). Compact Development Policy and Urban Resilience: A Critical Review. Sustainability, 14(19), 11798. https://doi.org/10.3390/su141911798

Djalante, R., & Thomalla, F. (2010). Community resilience to natural hazards and climate change impacts: a review of definitions and operational frameworks. http://dx.doi.org/10.3850/S1793924011000952

Epstein, K., DiCarlo, J., Marsh, R., Adhikari, B., Paudel, D., Ray, I., & Måren, I. E. (2018). Recovery and Adaptation after the 2015 earthquakes; A smallholder farmer perspective. Ecology and Society, 23(1). https://www.jstor.org/stable/26799051

Fasihi, H., & Kamran Dastjerdi, H. (2022). Historical Urban Fabric in the Face of Hazards (a Case Study of Ferdowsi Neighborhood in Tehran, Iran). Available at SSRN: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4108984

Feofilovs, M., & Romagnoli, F. (2021). Dynamic assessment of urban resilience to natural hazards. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102328. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102328

Fu, X., & Wang, X. (2018). Developing an integrative urban resilience capacity index for plan making. Environment Systems and Decisions, 38, 367-378. https://doi.org/10.1007/s10669-018-9693-6

Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. Natural hazards review, 4(3), 136-143. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136)

Haghighi Fard, S. M., & Doratli, N. (2022). Evaluation of Resilience in Historic Urban Areas by Combining Multi-Criteria Decision-Making System and GIS, with Sustainability and Regeneration Approach: The Case Study of Tehran (IRAN). Sustainability, 14(5), 2495. https://doi.org/10.3390/su14052495

Hashemi, M., & Alesheikh, A. A. (2011). A GIS-based earthquake damage assessment and settlement methodology. Soil dynamics and earthquake engineering, 31(11), 1607-1617. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2011.07.003

Hashemkhani Zolfani, S., Yazdani, M., & Zavadskas, E. K. (2018). An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving the criteria prioritization process. Soft Computing, 22, 7399-7405. https://doi.org/10.1007/s00500-018-3092-2

Hayat, K., JianJun, Z., Ali, S., & Khan, M. A. (2023). Exploring factors of the sustainable supply chain in the post-COVID-19 pandemic: SWARA approach. Environmental Science and Pollution Research, 1-19. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16908-6

Hofmann, S. Z. (2022). Build Back Better and Long-Term Housing Recovery: Assessing Community Housing Resilience and the Role of Insurance Post Disaster. Sustainability, 14(9), 5623. https://doi.org/10.3390/su14095623

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual review of ecology and systematics, 1-23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245

Hung, H. C., Yang, C. Y., Chien, C. Y., & Liu, Y. C. (2016). Building resilience: Mainstreaming community participation into an integrated assessment of resilience to climatic hazards in metropolitan land use management. Land use policy, 50, 48-58. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.08.029

Jones. F, P. (2017). Housing resilience and the informal city. Journal of Regional and City Planning, 28(2), 129-139. http://dx.doi.org/10.5614/jrcp.2017.28.2.4

Kamranzad, F., Memarian, H., & Zare, M. (2020). Earthquake risk assessment for Tehran, Iran. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(7), 430. https://doi.org/10.3390/ijgi9070430

Kapucu, N., Martín, Y., & Williamson, Z. (2021). Urban resilience for building a sustainable and safe environment. Urban Governance, 1(1), 10-16. http://dx.doi.org/10.1016/j.ugj.2021.09.001

Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). Journal of business economics and management, 11(2), 243-258. https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12

Kontokosta, C. E., & Malik, A. (2018). The Resilience to Emergencies and Disasters Index: Applying big data to benchmark and validate neighborhood resilience capacity. Sustainable cities and society, 36, 272-285. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.025

Kurnio, H., Fekete, A., Naz, F., Norf, C., & Jüpner, R. (2021). Resilience learning and indigenous knowledge of earthquake risk in Indonesia. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102423. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102423

Lindell, M. K., & Prater, C. S. (2003). Assessing community impacts of natural disasters. Natural hazards review, 4(4), 176-185. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:4(176)

Marshall, N. A., Tobin, R. C., Marshall, P. A., Gooch, M., & Hobday, A. J. (2013). Social vulnerability of marine resource users to extreme weather events. Ecosystems, 16(5), 797-809. https://www.jstor.org/stable/23501440

McBean, G. A., & Henstra, D. (2003). Climate change, natural hazards and cities. Institute for Catastrophic Loss Reduction. http://www.iclr.org/

Mehmood, A. (2016). Of resilient places: planning for urban resilience. European planning studies, 24(2), 407-419. https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1082980
Meshkini, A., Hajilou, M., Jokar, S., & Esmaeili, A. (2021). The role of land use patterns in earthquake resilience: a case study of the Ahvaz Manba Ab neighborhood. Natural Hazards, 109(3), 2027-2051. https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-021-04909-0
Moradi, A., Nabi Bidhendi, G. R., & Safavi, Y. (2021). Effective environment indicators on improving the resilience of Mashhad neighborhoods. International Journal of Environmental Science and Technology, 18(8), 2441-2458. http://dx.doi.org/10.1007/s13762-021-03377-0
Mostafaei, H., & Kabeyasawa, T. (2004). Investigation and analysis of damage to buildings during the 2003 Bam earthquake. Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 79, 107-132. https://www.semanticscholar.org
Nateghi, F. (2001). Earthquake scenario for the mega-city of Tehran. Disaster Prevention and Management: An International Journal. http://dx.doi.org/10.1108/09653560110388618
Parizi, S. M., Taleai, M., & Sharifi, A. (2021). Integrated methods to determine urban physical resilience characteristics and their interactions. Natural Hazards, 109(1), 725-754. http://DOI:10.1007/s11069-021-04855-x
Paton, D., Millar, M., & Johnston, D. (2001). Community resilience to volcanic hazard consequences. Natural hazards, 24, 157-169. https://doi.org/10.1023/A:1011882106373
Scherzer, S., Lujala, P., & Rød, J. K. (2019). A community resilience index for Norway: An adaptation of the Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC). International Journal of Disaster Risk Reduction, 36, 101107. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101107
Sharifi, A. (2019). Resilient urban forms: A macro-scale analysis. Cities, 85, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.11.023
Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2014). Resilient urban planning: Major principles and criteria. Energy Procedia, 61, 1491-1495. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.154
Sharifi, A., Roosta, M., & Javadpoor, M. (2021). Urban form resilience: A comparative analysis of traditional, semi-planned, and planned neighborhoods in Shiraz, Iran. Urban Science, 5(1), 18. https://doi.org/10.3390/urbansci5010018
SHOJAEE, M., ZARE, M., AKASHEH, B., TAGHIZADEH, A. O., & DOROSTIAN, A. (2020). ANALYSIS OF PHYSICAL INDICES IN EARTHQUAKE RESILIENCE OF BABOL NEIGHBORHOODS, IRAN. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais, 11, 364-380. https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.983
Singh, R. K., & Modgil, S. (2020). Supplier selection using SWARA and WASPAS–a case study of the Indian cement industry. Measuring Business Excellence. http://dx.doi.org/10.1108/MBE-07-2018-0041
Solway, L. (2004). Reducing the effect of natural hazards on urban areas. In Natural Disasters and Sustainable Development (pp. 303-338). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-08905-7_19
Spaans, M., & Waterhout, B. (2017). Building up resilience in cities worldwide–Rotterdam a a participant in the 100 Resilient Cities Programme. Cities, 61, 109-116. https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.011
Sunarti, E., Gunawan, E., Widiyantoro, S., Marliyani, G. I., & Ida, R. (2021). Critical point on housing construction, resilience, and family subjective welfare after a disaster: Notes from the Lombok, Indonesia, earthquake sequence of July-August 2018. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 12(1), 922-938. https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1910576
Tanaka, M., & Baba, K. (2020). Resilient Policies in Asian Cities. Springer Singapore. https://www.springerprofessional.de
Thomalla, F. (2011). Community resilience to natural hazards and climate change impacts: A review of definitions and operational frameworks. http://dx.doi.org/10.3850/S1793924011000952
Tiernan, A., Drennan, L., Nalau, J., Onyango, E., Morrissey, L., & Mackey, B. (2019). A review of themes in disaster resilience literature and international practice since 2012. Policy design and practice, 2(1), 53-74. https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1507240
United Nations Office for Disaster Risk Reduction Terminology (2017). www.undrr.org
Verrucci, E., Rossetto, T., Twigg, J., & Adams, B. J. (2012, September). Multi-disciplinary indicators for evaluating the seismic resilience of urban areas. In Proceedings of 15th World Conference Earthquake Engineering, Lisbon.https://www.iitk.ac.in
Vinnell, L. J., Orchiston, C., Becker, J., & Johnston, D. (2019). Pathways to Earthquake Resilience: Learning from past events. Australasian Journal of Disaster & Trauma Studies, 23(2). http://trauma.massey.ac.nz/issues/2019-2/AJDTS_23_2_Editorial.pdf
Vlajic, J. (2017, July). Effective Usage of Redundancy and Flexibility in Resilient Supply Chains. In Proceedings of the 22nd International Symposium on Logistics (ISL 2017): Data Driven Supply Chains (pp. 450-458). Centre for Concurrent Enterprise, Nottingham University Business School.https://pure.qub.ac.uk
Yazdani, A., & Kowsari, M. (2017). A probabilistic procedure for scenario-based seismic hazard maps of Greater Tehran. Engineering Geology, 218, 162-172. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.01.013
Ying, Z., Hao, W., & An-qi, G. U. (2019). Earthquake engineering: From earthquake resistance, energy dissipation, and isolation, to resilience. 工程力学, 36(6), 1-12. https://dx.doi.org/10.6052/j.issn.1000-4750.2018.07.ST09
Zafarani, H., Hajimohammadi, B., & Jalalalhosseini, S. M. (2019). Earthquake hazard in the Tehran region based on the characteristic earthquake model. Journal of Earthquake Engineering, 23(9), 1485-1511. http://dx.doi.org/10.1080/13632469.2017.1387189
Zarghamfard, M., Meshkini, A., Pourahmad, A., & Murgante, B. (2019). The pathology of housing policies in Iran: a criterion-based analysis. International Journal of Housing Markets and Analysis. http://dx.doi.org/10.1108/IJHMA-06-2019-0066

Zeng, X., Yu, Y., Yang, S., Lv, Y., & Sarker, M. N. I. (2022). Urban resilience for urban sustainability: Concepts, dimensions, and perspectives. Sustainability, 14(5), 2481. https://doi.org/10.3390/su14052481
Zolfaghari, M. R., & Peyghaleh, E. (2016). Development of optimization-based probabilistic earthquake scenarios for the city of Tehran. Computers & Geosciences, 86, 129-145.
https://www.oecd.org/cfe/resilient-cities.htm.