Vol.10, No.3, Fall 2021, pp.229-243 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2021.70371.1059 Open access

Quantification of Urban Seismic Resilience Index (a Case Study of Districts 1 and 3 of Zanjan city)

Mahsima Kalantary [a], Mahdi Eghbali [b*], Delbaz Samadian [c]

[a] *MSc in Structural Engineering, Roozbeh Institute of Higher Education, Zanjan, Iran*
[b] *Assistant professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran*
[c] *MSc in Structural Engineering, Semnan University, Semnan, Iran*

Received: 11 April 2021 ***Revise: 14 June 2021*** ***Accepted: 19 June 2021***

Abstract

Resilience is a new approach and is defined to promote creating a resilient society against natural hazards. Building cities resiliently against these hazards is crucial in order to reduce vulnerability and for proper risk management during the occurrence of accidents. Todays, one of the most important hazards, threatening many cities is the occurrence of coming earthquakes. Therefore, by administrating the concept of resilience in cities, the effects of destructive earthquakes can be alleviated and help cities to return to the pre-event conditions. In this paper, in order to learn more about the concept of urban resilience and its quantification method, districts 1 and 3 of Zanjan city are selected as the case study, and are compared with each other in terms of resilience parameter. The model used in this study is based on the resilience indicators that the weight of them was obtained by analytical hierarchy system and spreading the questionnaire among experts and then, performing statistical analysis on the data derived from these questionnaires. Finally, the final rate of urban resilience against earthquake in these areas was calculated using the current relationships in the literature. The results show that the final rate of resilience in districts 1 is 0.432, while it is 0.392 for region 3. Thus, by quantifying resilience, this issue will be understandable to officials, individuals, and engineers who are involved in these areas and help them to look for solutions to enhance the urban resilience against earthquakes.

Keywords: Urban resilience, Resilience indicators, Earthquake, Disaster risk management, Vulnerability reduction

*. Corresponding author: Mahdi Eghbali E-mail: eghbali@znu.ac.ir Tel: + 982433054484

How to cite this Article: Kalantary, M., Eghbali, M., Samadian, D. (2021). Quantification of Urban Seismic Resilience Index (a Case Study of Districts 1 and 3 of Zanjan city). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 229-243.
doi: 10.22067/geoeh.2021.70371.1059

Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant with open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards
Volume 10, Issue 3 - Number 39, Fall 2021
https://geoeh.um.ac.ir
: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70371.1059

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دهم، شمارهٔ سی و نهم ، پاییز ۱۴۰۰ صص ۲۴۶- ۲۲۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی کمی شاخص تاب‌آوری لرزه‌ای شهری (مطالعه موردی: مناطق ۱ و ۳ شهر زنجان)

مه‌سیما کلانتری- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی روزبه، زنجان، ایران
مهدی اقبالی[1]- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
دلباز صمدیان- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۳/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۳/۲۹

چکیده

تاب‌آوری یک رویکرد جدید در جهت ایجاد جامعه‌ای انعطاف‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی به شمار می‌رود. تاب آور نمودن شهرها در برابر این مخاطرات، به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری و مدیریت ریسک سوانح امری لازم و ضروری است. یکی از مهم‌ترین خطراتی که امروزه برای بسیاری از شهرها وجود دارد، احتمال رخداد زلزله می‌باشد. ازاین‌رو با به کار بردن مفهوم تاب‌آوری در شهرها می‌توان از اثرات زلزله‌های مخرب کاست و به بازگشت اوضاع به شرایط قبل از حادثه کمک نمود. در این مقاله به‌منظور آشنایی بیشتر با موضوع تاب‌آوری شهری و روش تجزیه‌وتحلیل آن، مناطق ۱ و ۳ شهر زنجان به‌عنوان نمونه موردمطالعه انتخاب و ازنظر تاب‌آوری در برابر زلزله، مقایسه شده‌اند. مدل استفاده شده در این مطالعه بر مبنای شاخص‌های تاب‌آوری می‌باشد که وزن این شاخص‌ها به‌وسیله روش تحلیل سلسله مراتبی و تقسیم پرسش‌نامه در میان صاحب‌نظران و بعدازآن انجام تحلیل‌های آماری بر داده‌های مستخرج از این پرسش‌نامه‌ها به دست آمده است. درنهایت میزان نهایی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله در این مناطق با استفاده از روابط پیشنهاد شده محاسبه گردید. نتایج حاصله نشان می‌دهد که میزان نهایی تاب‌آوری در منطقه ۱ برابر با ۰/۴۳۲ و در منطقه ۳ برابر با ۰/۳۹۲ می‌باشد. بدین ترتیب با کمی سازی

۱ نویسنده مسئول: ۰۲۴-۳۳۰۵۴۴۸۴
Email: eghbali@znu.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله :

کلانتری, مهسیما, اقبالی, مهدی, صمدیان, دلباز. (۱۴۰۰). ارزیابی کمی شاخص تاب‌آوری لرزه‌ای شهری (مطالعه موردی: مناطق ۱ و ۳ شهر زنجان). جغرافیا و مخاطرات محیطی, ۱۰(۳),صص۲۴۶-۲۲۹.
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70371.1059

تاب‌آوری، این موضوع برای مسئولان و مهندسین فعال در این مناطق، قابل درک خواهد بود و آن‌ها را به سمت یافتن راهکارهایی به‌منظور ارتقا میزان تاب‌آوری شهری در برابر زلزله ترغیب می‌نماید.
کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری شهری، شاخص‌های تاب‌آوری، زلزله، مدیریت ریسک سوانح، کاهش آسیب‌پذیری .

۱- مقدمه

یکی از پرتکرارترین رخدادهای دلخراش طبیعی در جهان زلزله است. قرارگیری ایران نیز در معرض گسل‌های فعال، باعث بروز همیشگی حوادثی همچون زلزله می‌گردد. بر اساس آمار موجود، کشور ما دهمین کشور زلزله‌خیز جهان است و ۹۰ درصد شهرهای آن در برابر یک زلزله ۵/۵ ریشتری آسیب‌پذیر هستند. وقوع این حوادث طبیعی مثل زلزله با توجه به رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی می‌تواند خسارات و تلفات سنگینی را ایجاد نماید؛ چراکه تمرکز جمعیتی بیشتر در شهرها دیده می‌شود و اگر آمادگی مواجهه با این حوادث وجود نداشته باشد، شهرها تلفات مالی و جانی زیادی را متحمل می‌شوند (سلمانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳). دلایل زیادی در افزایش جمعیت شهرها تأثیرگذار هستند و دامنه عمل آن‌ها نیز گسترده است که شامل دلایل اقتصادی، فرهنگی، امکانات شهری و... می‌شود. اگر این رشد و توسعه شهرها بدون هیچ‌گونه برنامه‌ریزی صورت گیرد و برنامه‌ای در راستای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش توانایی‌های مردم برای مواجهه با خطرات ناشی از بلایای طبیعی وجود نداشته باشد، بسیاری از شهرها در معرض آسیب‌های جدی از این بلایا قرار خواهند گرفت. لذا ضروری است در جهت افزایش تاب‌آوری شهری برنامه‌ریزی نمود. شهر زنجان هم منطقه‌ای است که روی تقاطع ۲ گسل جنوبی و شمالی خاموش قرار گرفته است. این ۲ گسل مهم‌ترین تهدید شهر زنجان به شمار می‌آیند که در آن گسل شمال زنجان از شهرک صنعتی شروع شده و به سمت جاده ارمغانخانه می‌رود و گسل سلطانیه از جنوب شهر زنجان تا شهر سلطانیه ادامه دارد (عبدی، ۱۳۸٦)؛ بنابراین در شهر زنجان نیز مانند سایر شهرهای کشور باید آمادگی مواجهه با حوادث و بلایای طبیعی ازجمله زلزله را داشت و با برنامه‌ریزی مناسب، تلاش شود تا میزان خسارت ناشی از این پدیده به حداقل برسد و نیز راه حل‌هایی به‌منظور کاهش میزان آسیب‌پذیری شهر و ارتقاء تاب‌آوری شهر بعد از زلزله ارائه گردد. مفهوم تاب‌آوری شهری که شامل برنامه‌ریزی، مقاومت، جذب و بهبود سریع از حوادث مخرب است، در دهه اخیر در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است. جامعه تاب آور میزان کمتری از آسیب را تجربه خواهد کرد (پروگا، ۲۰۱٤)[1]. برای تجزیه‌وتحلیل و مدیریت تاب‌آوری، ملاحظات و ارزیابی‌های میزان خطر و ریسک می‌تواند کمک کننده باشد (ترج آون، ۲۰۱۷)[2]. فعالیت‌های کاهش و مدیریت ریسک می‌توانند راهی برای ایجاد مقاومت در برابر سایر خطرات نیز ایجاد نمایند (بوش و دیون، ۲۰۱۹)[3]. تاب‌آوری اصطلاح کلیدی در مدیریت خطر در برابر بلایای

1 Proaga
2 Terje Aven
3 Bush & Doyon

طبیعی (DRM[1]) است (مک آسکیلا و گوثریا، ۲۰۱٤)[2]. با این وجود، تاب‌آوری به طرق مختلفی تفسیر می‌شود. بیشتر مطالعات بر روی یک خطر واحد (اغلب زمین‌لرزه) یا زیرساخت‌های خاص (به‌عنوان مثال امکانات مراقبت‌های بهداشتی) متمرکز شده‌اند. ازآنجایی‌که برنامه‌های تاب‌آوری به طور فزاینده‌ای روی پاسخگویی به شرایط اضطراری، کاهش خطر، آمادگی و امنیت و بهبود جوامع از اختلالات فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی تأثیرگذار هستند، لذا مفاهیم تاب‌آوری در جوامع پس از هر یک از بلایای طبیعی تکامل یافت (ماریا کولیئو و همکاران، ۲۰۱۸)[3]. در بیشتر تعاریف تاب‌آوری یک جریان در نظرگرفته می‌شود تا یک نتیجه، جریانی که سازگاری در حین حادثه و بعدازآن را به همراه دارد (کیوک و همکاران، ۲۰۱٦)[4].

تلاش‌های اولیه در زمینه تاب‌آوری شهری مربوط می‌شود به ۲۲ ژانویه ۲۰۰۵. در این راستا دستورکار هیوگو در سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ توسط استراتژی بین‌المللی کاهش خطر سازمان ملل متحد به تصویب رسید. بعد از تصویب این قانون، در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مخاطرات و کاهش خطر بلایا، اهداف از کاهش آسیب‌پذیری به سمت ایجاد و افزایش تاب‌آوری سوق پیدا کرده است. هم‌اکنون در حین بحران‌ها و حوادث، تلاش جوامع در جهت بازگشت به شرایط قبل از حادثه می‌باشد که تأثیر زیادی بر موضوع کاهش آسیب‌ها دارد و منجر به افزایش توجه در زمینه تاب‌آوری می‌گردد (غفاری، پاشازاده و آقایی، ۱۳۹٦ به نقل از مایونگا، ۲۰۰۷)[5]. در سال ۲۰۱٤ ویشسلگارتنر و کلمن پژوهشی را با عنوان جغرافیای تاب آور انجام دادند و فرصت‌ها و چالش‌های مفاهیم تاب‌آوری و ویژگی‌های تاب‌آوری را بیان نموده‌اند. آن‌ها ادعا کردند که تبدیل تاب‌آوری از تعریف و توصیف به یک برنامه عملی، در عین وجود چالش‌ها می‌تواند فرصت‌هایی را نیز فراهم نماید و البته برای افزایش تاب‌آوری به هردو مفهوم احتیاج است (غفاری و همکاران به نقل از ویچسلگارتنر و کلمان، ۲۰۱٤)[6]. رضایی در سال ۱۳۹۲ در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی شهرها در مقابل بلایای طبیعی (مطالعهٔ موردی: زلزلهٔ محله‌های شهر تهران)، وزن شاخص‌ها را به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی محاسبه می‌نماید، به دنبال آن مناطق را طبق مؤلفه‌های اقتصادی و نهادی دسته‌بندی می‌نماید (غفاری و همکاران به نقل از رضایی، ۱۳۹۲). جلالی و فلاحی در سال ۱۳۹۲ به بازسازی تاب آور از دیدگاه طراحی شهری، پس از زلزله ۱۳۸۲ بم و با هدف شناسایی دلایل و روش‌های مؤثر بر تاب‌آوری شهر بم می‌پردازند. با توجه به نتایج به دست آمده، در یافته می‌شود که تمرکز بر تعدادی از مختصات طراحی پایدار شهری مثل هویت شهری، علائم شهری و نیز پیشرفت فضاهای پرکاربرد و مقاوم در برابر زلزله‌های آینده درون بافت مسکونی علاوه بر کاهش آسیب‌پذیری و پایدارنمودن ساختارها، می‌توانند برای بهسازی شهر بم از دیدگاه تاب‌آوری

1 Disaster Risk Management
2 MacAskilla & Guthriea
3 Maria Koliou et al
4 Kwok et al
5 Mayunga
6 Weichselgartner & Kelman

کمک کننده باشند (غفاری و همکاران به نقل از فلاحی و جلالی، ۱۳۹۲). اسکندری و همکاران در سال ۱۳۹۳ در مقاله‌ای تحت عنوان مدل ارزیابی تاب‌آوری مراکز درمانی در برابر زلزله، پس از تعیین محتمل‌ترین سناریوی وقوع زلزله در منطقه، در فاز اول میزان خسارات جانی زلزله تخمین و سپس قابلیت ارائه خدمات درمانی به مصدومین سانحه، توسط بیمارستان‌های شهر با استفاده از چک لیست اصلاح شده سازمان بهداشت جهانی، به‌عنوان فاز دوم مطالعه ارزیابی شده و درنهایت با مقایسه نتایج حاصل از دو فاز مذکور، به ارزیابی تاب‌آوری اقدام نموده‌اند (غفاری و همکاران به نقل از اسکندری و همکاران، ۱۳۹۳). در سال ۱۳۹۵ قنبری و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهرک باغمیشه تبریز) مدل فازی –تاپسیس را با توابع همپوشانی به دست آمده از نرم افزار ARC GIS ترکیب نموده و نقشه نهایی که بیانگر میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهرک باغمیشه می‌باشد را در واحد پیکسل استخراج نموده‌اند (غفاری و همکاران به نقل از قنبری و همکاران، ۱۳۹۵) صمدیان و همکاران، ۲۰۱۶،۲۰۱۹، ۲۰۲۰[1]؛ اقبالی و همکاران، ۲۰۲۰[2]؛ شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۲۰[3]؛ سرداری و همکاران، ۲۰۲۰[4]، به بررسی کمی شاخص تاب‌آوری لرزه‌ای مدارس بتنی و فولادی موجود در ایران پرداختند و تأثیر مقاوم‌سازی بر روی بهبود این شاخص را موردبررسی قرار دادند. در زمینه کاهش تاب‌آوری لرزه‌ای برونو و همکاران[5] ۲۰۰۳، پیشنهاد کردند که تاب‌آوری را می‌توان توسط ٤ بعد مرتبط با هم معرفی کرد که شامل ابعاد فنی، سازمانی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد. بعد فنی تاب‌آوری اشاره دارد به پاسخ و عملکرد سیستم‌ها زمانی که تحت نیروهای زلزله واقع می‌شوند. بعد سازمانی تاب‌آوری به ظرفیت و قابلیت سازمان‌ها برای پاسخ دادن به حالات اضطراری و انجام اقدامات حیاتی اشاره دارد. بعد اجتماعی تاب‌آوری به ظرفیت کاهش پیامدهای منفی اجتماعی ناشی از فقدان سرویس‌های حیاتی در دوران پس از فاجعه، می‌پردازد. بعد اقتصادی تاب‌آوری به توانایی کاهش زیان‌های مستقیم و غیر مستقیم اقتصادی ناشی از زلزله‌های مخرب معطوف است. از این ٤ بعد، ابعاد فنی و سازمانی بیشتر مربوط به عملکرد و تاب‌آوری سیستم‌های حیاتی است، مثل نیروگاه‌های برق، آب، بیمارستان و اورژانس .ابعاد اقتصادی و اجتماعی بیشتر مربوط به عملکرد و تاب‌آوری اجتماع به‌عنوان یک" کل "می‌باشد. همچنین آن‌ها اشاره کردند که تاب‌آوری دارای ٤ ویژگی غنای منابع، سرعت پذیری، استحکام‌پذیری و افزونگی می‌باشد. استحکام‌پذیری به مقاومت یا توانایی المان‌ها، سیستم‌ها و دیگر واحدهای آنالیز مرتبط است تا بتوانند تنش‌های وارده در یک سطح مشخص را بدون فقدان یا کاهش عملکرد در خود تحمل کنند. سرعت پذیری بیانگر ظرفیت رسیدن به اولویت‌ها و اهداف مورد نظر در زمان مناسب به‌منظور جلوگیری از اختلالات آینده و تحمل زیان‌ها، می‌باشد. افزونگی به توانایی

1 Samadian et al
2 Eghbali et al
3 Shamsoddini et al
4 Sardari et al
5 Bruneau et al

جایگزینی عناصر و سیستم‌ها که می‌توانند بعد از وقوع اختلالات زلزله فعال شوند، اشاره دارد. در نهایت غنای منابع، ظرفیت بسیج عمومی و به‌کارگیری مصالح و ذخایر انسانی برای رسیدن به اهداف مورد نظر در زمان وقوع اختلالات است. از این ٤ ویژگی، سرعت پذیری و استحکام‌پذیری به‌عنوان اهداف توسعه تاب‌آوری اند و افزونگی و غنای منابع به ترتیب ابزارهای رسیدن به این اهداف می‌باشند.

لازم به ذکر است تاب‌آوری شهری[1] به بررسی میزان توانایی بازیابی مجموعه‌های شهری به‌عنوان یک مجموعه جامع، دربرگیرنده سازه‌های عمرانی، در مقابل حوادث آینده می‌پردازد. درحالی‌که، تاب‌آوری سازه‌ای[2] تاب‌آوری یک سازه به صورت انفرادی موردبررسی قرار گرفته و تعامل آن با دیگر زیرساخت‌های موجود در جامعه موردبررسی قرار نمی‌گیرد. ازاین‌رو ارزیابی تاب‌آوری شهری شاخص کلی‌تری از توانایی جوامع و شهرها در برابر اثرات مخرب آتی ارائه می‌دهد.

بسیاری از سازمان‌های فعال در موضوع کاهش خطرات، اکثراً اقدامات خود را در زمینه رسیدن به جوامع تاب آور در برابر حوادث متمرکز ساخته‌اند. همین موضوع توجه و اهمیت به بحث تاب‌آوری را افزایش داد واهداف مهم برنامه‌ریزی‌ها و کاهش مخاطرات از سمت کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری گرایش پیدا کرده است (کاسپرسون، ۱۹۸۸)[3]

امروزه ارتقا تاب‌آوری شهری در ارتباط با حوزه‌های مختلف زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و ... به طور فزاینده‌ای مورد توجه محققان و مقامات محلی قرار گرفته است (ریبریئو و پناجاردیم گنکالوس، ۲۰۱۹)[4]. اصطلاح تاب‌آوری شهری به‌منظور میزان توانایی یک شهر برای بهبود بعد از یک سانحه به کار می‌رود و متشکل از ظرفیت یک شهر و سیستم‌های آن برای جذب خسارات و تأثیرات ناشی از آن‌ها می‌باشد (لوسینی، ۲۰۱۳)[5]. این مقاله سعی دارد تا کاربرد مفهوم تاب‌آوری را با توجه به ابعاد آن در سطح شهر بررسی نماید. در این راستا از روش‌های موجود در ادبیات فنی به‌منظور محاسبه میزان تاب‌آوری شهری استفاده گردیده و به کمک آن تاب‌آوری دو منطقه شهری به دست آورده می‌شود. مدل مورد استفاده برمبنای شاخص‌های وزن‌دار تاب‌آوری شهری بیان می‌شود. به‌منظور استفاده ازاین مدل، نیاز به وزن‌دار شدن و استفاده از وزن آن‌هاست. در این راستا از روش تحلیل سلسله مراتبی و مصاحبه بین متخصصین این حوزه استفاده نموده سپس با استفاده از تحلیل‌های آماری روی این داده‌ها وزن شاخص‌ها به دست می‌آید و بعد از مقیاس پنج مرحله‌ای میزان شاخص‌ها به عدد صحیح تبدیل می‌گردد. میزان کمی تاب‌آوری منطقه ۱ و ۳ شهر زنجان در برابر زلزله محاسبه شده و عوامل مؤثر در میزان آسیب‌پذیری و تاب‌آوری در دو منطقه

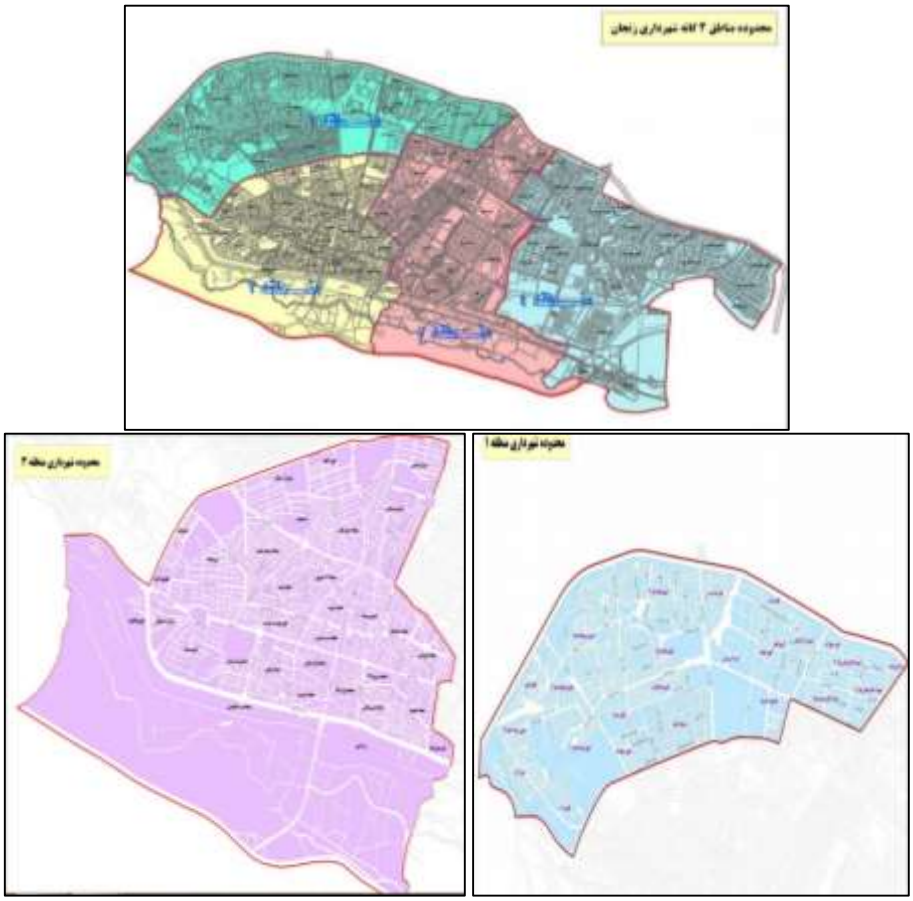
1 Urban Resilience
2 Structural Resilience
3 Kasperson
4 Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves
5 Lucini

شناسایی می‌گردد. با دستیابی به مقادیر کمی تاب‌آوری در هر یک از این مناطق، درک آن برای مسئولان و مردم ساده‌تر می‌شود و می‌توان دو منطقه را با یکدیگر از نظر تاب‌آوری در برابر زلزله مقایسه نمود.

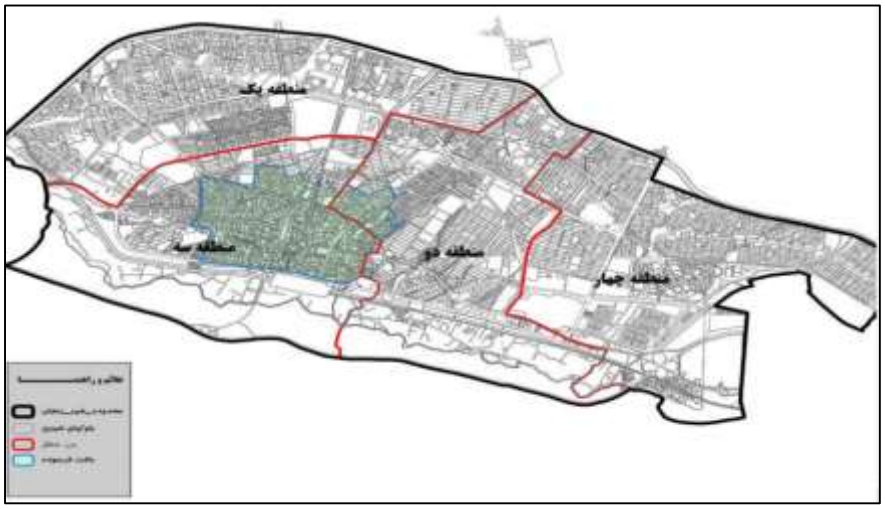
۲- داده‌ها و روش‌ها

۲-۱- محدوده موردمطالعه

در این پژوهش که از نظر هدف کاربردی و روش توصیفی، تحلیلی و پیمایشی می‌باشد، مناطق ۱ و ۳ شهرداری زنجان (شکل ۱) به‌عنوان نمونه موردمطالعه انتخاب شده‌اند. منطقه ۱ در شمال غرب استان می‌باشد و منطقه ۳ نیز در جنوب غرب استان قرار گرفته است. علت انتخاب این دو منطقه به دلیل تفاوت در بافت شهری، میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و سطح رفاه ساکنین می‌باشد. جمعیت ساکن در منطقه ۱ معادل ۱۲۸۷٦۲ نفر بوده (طبق سرشماری سال ۹۵) که در قالب ۳۷۹۳۹ خانوار زندگی می‌کنند و حدود چهارگانه و حریم آن به شرح زیر می‌باشد: ضلع شمالی محدوده قانونی و استحفاظی شهر زنجان از ورودی تبریز به سمت زنجان، واقع در غرب شهر زنجان تا میدان جهاد امتداد آن در بزرگراه ۲۲ بهمن تا تقاطع بلوار سرداران شهید به سمت خیابان استاد ثبوتی و تقاطع تربیت و به سمت شرق خیابان آیت اله هاشمی تا تقاطع شهید آوینی و به سمت شمال شرق بلوار دانشجو می‌باشد (سایت شهرداری زنجان). منطقه ۳ دارای جمعیتی معادل ۱۰۱۳٤۲ نفر بوده (براساس سرشماری سال ۹۵) که در قالب ۳۲٤۰۵ خانوار زندگی می‌کنند و حدود چهارگانه و حریم آن به شرح زیراست : ضلع جنوبی محدوده قانونی و استحفاظی شهر زنجان از ورودی تبریز به سمت زنجان، واقع در غرب شهر زنجان تا میدان جهاد امتداد آن در بزرگراه ۲۲ بهمن تا تقاطع بلوار سرداران شهید امتداد آن دروازه رشت و به سمت شرق تقاطع بعثت و جمهوری به سمت بلوار آزادی و خیابان اردوناس می‌باشد (سایت شهرداری زنجان).



شکل ۱- موقعیت محدوده موردمطالعه (منبع: سایت شهرداری زنجان)



شکل ۲- محدوده بافت فرسوده شهر (منبع: سایت شهرداری زنجان)

با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که بیشتر بافت فرسوده شهر زنجان در منطقه سه قرار دارد که این موضوع بیانگر ناکارآمدی بافت شهری به‌عنوان یکی از شاخص‌های بخش تاب‌آوری ساختار شهر و همچنین نشان دهنده آسیب‌پذیری بالای ساختمان‌ها به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های بخش تاب‌آوری فیزیکی می‌باشد که با توجه به تأثیرگذاری بالای این دو شاخص در تاب‌آوری شهر در برابر زلزله، انتظار می‌رود میزان تاب‌آوری لرزه‌ای در این منطقه کاسته شود. وجود معابر با عرض مناسب، آسیب‌پذیری پایین ساختمان‌ها، دسترسی بهتر به فضاهای باز و استطاعت مالی بیشتر ساکنین ازجمله نقاط قوت منطقه یک به شمار می‌روند که انتظار می‌رود باعث افزایش میزان تاب‌آوری در این منطقه در مقایسه با منطقه سه گردد. در عین حال وجود همکاری و حس تعاون در بین بیشتر ساکنین منطقه سه به چشم می‌خورد که ازجمله مؤلفه‌های افزایش دهنده میزان تاب‌آوری می‌باشد. شکل ۳ تا ۷ نمایی از بافت شهری در مناطق مختلف شهر زنجان را نشان می‌دهد.

شکل ۳ – توسعه ناهمگون شهری در برخی از محله‌های منطقه سه

شکل ٤ – وجود معابر با عرض نامناسب و بافت فرسوده وسیع در منطقه سه که منجر به کاهش میزان تاب‌آوری می‌شود.

شکل ۵- وجود معابر با عرض مناسب در منطقه یک و دسترسی بهتر بعد از وقوع زلزله

شکل ٦- عریض بودن اکثر خیابان‌های اصلی در منطقه ۱ و نسبت مناسب ارتفاع ساختمان‌ها به عرض خیابان‌ها

شکل ۷- علاوه بر وجود بافت فرسوده وسیع در منطقه ۳، بیشتر ساختمان‌ها نیز از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار بوده که باعث کاهش تاب‌آوری در برابر زلزله می‌گردد.

۲-۲- سیستم شاخص مورد استفاده

سیستم مورد استفاده، برگرفته از سیستم شاخص تاب‌آوری لرزه‌ای ارائه شده توسط آقای اتراچالی و همکاران، ۲۰۱۷ می‌باشد. در این سیستم، تاب‌آوری شهری در پنج بخش کلی تاب‌آوری ساختار شهر، تاب‌آوری فیزیکی، تاب‌آوری اجتماعی – انسانی، تاب‌آوری اقتصادی و تاب‌آوری مدیریتی، نهادی و قانونی در نظر گرفته شده است و تمامی ابعاد یک شهر در آن پوشش داده شده است. برای هر کدام ازاین بخش‌ها قسمت‌های جزئی‌تری تحت عنوان "ناحیه موضوعی" به‌منظور تفکیک و تمایز قائل شدن بین بخش‌ها پیشنهاد شده است. درنهایت برای هرکدام از نواحی موضوعی تعدادی شاخص پیشنهاد شده است که این شاخص‌ها کوچک‌ترین جزء سیستم شاخص تاب‌آوری پیشنهادی هستند.

۳- مدل وزن‌دار شده سیستم شاخص تاب‌آوری شهری

در این پژوهش وزن شاخص‌ها محاسبه شده است؛ زیرا بخش‌های پیشنهادی کاملاً با هم متفاوت بوده و نمی‌توان وزن یکسانی برای آنان قائل شد. در این قسمت وزن شاخص‌ها، نواحی موضوعی و بخش‌های موجود در سیستم شاخص تاب‌آوری لرزه‌ای ارائه می‌گردد. برای این کار از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) استفاده شده است. تکنیک AHP توسط (توماس و ساتی، ۱۹۸۳)[2] معرفی شد. اساس روش تحلیل سلسله مراتبی بر پایه مقایسات زوجی است که این مقایسات طبق نظر متخصصان انجام می‌شود. به‌منظور این کار تعداد ۳۰ پرسشنامه در اختیار متخصصین این حوزه قرار گرفت. در مرحله بعد به محاسبه اوزان نسبی و نرخ ناسازگاری پرداخته می‌شود. این بخش توسط نرم افزار اکسپرت چویس[3] انجام شده و خود نرم افزار اوزان را از طریق روش بردار ویژه (دقیق‌ترین روش محاسبه وزن) محاسبه می‌کند. بدین ترتیب که اطلاعات هرکدام از پرسشنامه‌ها را با توجه به امتیازدهی که توسط مصاحبه شوندگان بین مقایسات زوجی صورت گرفته است وارد نرم افزار می‌شود که این امتیازات برای هر شاخص اعدادی بین ۱ تا ۹ را در برمی‌گیرد. نرم افزار از مجموع اطلاعات ۳۰ پرسشنامه میانگین هندسی گرفته ودرنهایت برای هر شاخص یک عدد را به‌عنوان وزن ارائه می‌دهد. نکته دیگر در این مقایسات زوجی نرخ ناسازگاری است که همواره باید از ۰/۱ کمتر باشد تا مقایسه زوجی سازگار شود. شکل شماره ۸ چارچوب مورد استفاده در مطالعه حاضر برای ارزیابی تاب‌آوری شهری را نشان می‌دهد.

1 Analytical Hierarchy Process
2 Thomas L. Saaty
3 Expert Choice

شکل ۸- مراحل دستیابی به تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

٤- مدل استفاده شده به‌منظور محاسبه تاب‌آوری لرزه‌ای شهری

بعد از به دست آوردن وزن نسبی شاخص‌ها، نواحی و بخش‌ها، در مرحله بعدی باید با ترکیب وزن معیارها با امتیاز آن‌ها و قرار دادن آن‌ها در فرمول به یک مقدار واحد برای تاب‌آوری در هر منطقه دست یافت. درنهایت با مقایسه میزان تاب‌آوری دو منطقه ۱ و ۳، منطقه تاب آور تر مشخص می‌گردد. در فرمولی که توسط آقای اتراچالی برای محاسبه میزان نهایی تاب‌آوری ارائه شده تاب‌آوری برای هر بخش به شکل مجزا حساب می‌شود و درنهایت تاب‌آوری کلی نیز ازمجموع حاصل ضرب تاب‌آوری هر بخش در وزن آن بخش به دست می‌آید. لازم به ذکر است در این روابط، مقادیر وزن شاخص‌ها یکبار توسط نرم افزار محاسبه می‌گردد ولی امتیاز شاخص‌ها با توجه به هر پرسشنامه عدد متفاوتی می‌شود. وزن‌ها با w و امتیازها با I نشان داده شده‌اند.

۱) **تاب‌آوری ساختار شهر (W'F)** که شامل ناحیه موضوعی توسعه شهری حساس نسبت به ریسک (WF1) و ناحیه موضوعی بافت و ساختار کلی شهر (WF2) می‌باشد.

۲) **تاب‌آوری فیزیکی (W'P)** که شامل ناحیه موضوعی ساختمان‌ها (WP1)، ناحیه موضوعی زیرساخت‌های مرتبط با مدیریت بحران (WP2) ناحیه موضوعی زیرساخت‌های شهری (WP3) می‌باشد.

۳) **تاب‌آوری اجتماعی – انسانی (W'S)** که شامل ناحیه موضوعی شناخت و درک خطر سوانح (WS1) ناحیه موضوعی وضعیت توسعه انسانی (WS2) ناحیه موضوعی مشارکت اجتماعی (WS3) ناحیه موضوعی آسیب‌پذیری انسانی (WS4) می‌باشد.

٤) **تاب‌آوری اقتصادی (W'E)** که شامل ناحیه موضوعی ظرفیت‌های اقتصادی (WE1) ناحیه موضوعی درآمد (WE2) می‌باشد.

۵) **تاب‌آوری مدیریتی، نهادی و قانونی (W'M)** که شامل ناحیه موضوعی ظرفیت‌های مدیریتی و قانونی شهر (WM1) ناحیه موضوعی مدیریت شرایط اضطراری (WM2) می‌باشد.

۵- یافته‌های پژوهش

۵-۱- محاسبه اوزان شاخص‌ها، بخش‌ها و نواحی موضوعی و ارزیابی نرخ ناسازگاری توسط نرم افزار

مقادیر مربوط به اوزان شاخص‌ها و نرخ ناسازگاری توسط نرم افزار و به دنبال آن ارجح‌ترین بخش، ناحیه موضوعی و شاخص انتخاب می‌گردد؛ به‌عنوان مثال با توجه به امتیازدهی به مقایسه بین "پنج بخش اصلی"، خروجی نرم افزار اکسپرت چویس مربوط به ماتریس مقایسات زوجی بخش‌های اصلی به شرح شکل ۹ به دست آمده است. (نرخ ناسازگاری ۰/۰۱)

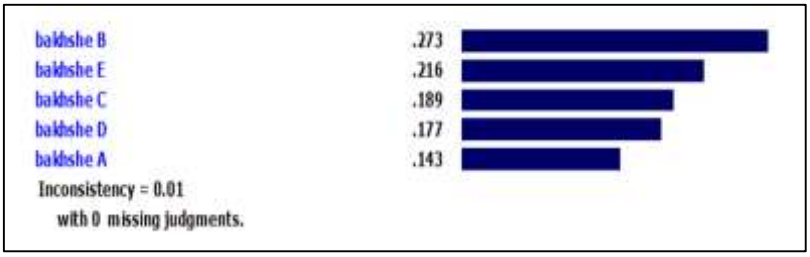
	bakhshe A	bakhshe B	bakhshe C	bakhshe D	bakhshe E
bakhshe A		2.32385	1.34857	1.17796	1.23885
bakhshe B			1.02865	1.4888	1.47557
bakhshe C				1.16104	1.36729
bakhshe D					1.45478
bakhshe E	Incon: 0.01				

شکل ۹- ماتریس مقایسه زوجی پنج بخش اصلی تاب‌آوری

اعداد جدول فوق نشان دهنده اولویت شاخص سطر نسبت به شاخص ستون مربوطه است. اعداد به رنگ قرمز وضعیت معکوس، یعنی اولویت ستون نسبت به سطر را نشان می‌دهند. ازآنجایی‌که ارجحیت هر شاخص نسبت به خودش همواره برابر ۱ می‌باشد، بنابراین اعداد روی قطر اصلی در این ماتریس‌ها ۱ بوده و با رنگ خاکستری نمایش

داده می‌شود. مقادیر زیر قطر اصلی نیز معکوس مقادیر بالای قطر اصلی هستند و این قسمت نیز با رنگ خاکستری نشان داده می‌شود، یعنی اگر ارجحیت شاخص A نسبت به شاخص B برابر ۳ باشد، آنگاه اهمیت شاخص B نسبت به A، برابر ۳/۱ خواهد بود.

شکل شماره ۱۰ رتبه‌بندی و ارزش وزنی تعیین‌شده بخش‌ها را نشان می‌دهد:



شکل ۱۰- رتبه‌بندی بخش‌های اصلی

جدول ۱- مقایسه ارزش وزنی بخش‌های اصلی

ردیف	نام بخش	ارزش وزنی	رتبه
۱	بخش تاب‌آوری فیزیکی	۰/۲۷۳	۱
۲	بخش تاب‌آوری مدیریتی، نهادی، قانونی	۰/۲۱۸	۲
۳	بخش تاب‌آوری اجتماعی-انسانی	۰/۱۸۹	۳
٤	بخش تاب‌آوری اقتصادی	۰/۱۷۷	٤
۵	بخش تاب‌آوری ساختار شهر	۰/۱٤۳	۵

مطابق جدول شماره ۱ از دیدگاه کارشناسان "بخش تاب‌آوری فیزیکی" مهم‌ترین "بخش" می‌باشد. به همین ترتیب برای نواحی موضوعی و شاخص‌ها نیز ماتریس مقایسه زوجی به دست آمده و درنهایت وزن مربوط به تمامی بخش‌ها و نواحی موضوعی و شاخص‌ها به شکل جدول شماره ۲ به دست آمده است:

جدول ۲- مدل وزن‌دار شده سیستم تاب‌آوری شهری

تاب‌آوری شهر	۰/۱۴۳	توسعه شهری متناسب با سطح خطر	۰/۵۲۹	IF1 = سازگاری توسعه و ساخت‌وساز با سطح خطر	۰/۶۹۳
				IF2 = وجود طرح جامع توسعه شهری	۰/۳۰۷
		بافت و ساختار کلی شهر	۰/۴۷۱	IF3 = نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض معابر	۰/۲۰۴
				IF4 = دسترسی به راه و فضای باز	۰/۴۵۲
				IF5 = الگوی شهر	۰/۱۰۷
				IF6= ناکارآمدی بافت شهر	۰/۲۳۷
تاب‌آوری فیزیکی	۰/۲۷۳	ساختمان‌ها	۰/۲۷۳	IP1 = آسیب‌پذیری (نوع سازه، سال ساخت، تعداد طبقه)	۰/۷۶۱
				IP2 = کاربری	۰/۲۳۹
		زیرساخت‌های مرتبط با مدیریت بحران	۰/۳۸۰	IP3 = ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۰/۲۶۲
				IP4 = بیمارستان‌ها	۰/۳۲۲
				IP5 = دسترسی نیروهای امدادی	۰/۴۱۶
		زیرساخت‌های شهری	۰/۳۴۷	IP6 = شبکه انتقال آب	۰/۱۸۵
				IP7 = سیستم انتقال گاز	۰/۱۵۷
				IP8 = سیستم توزیع برق	۰/۱۹۸
				IP9 = شبکه مخابرات	۰/۱۴۱
				IP10 = شبکه راه‌ها	۰/۳۱۹
تاب‌آوری اجتماعی – انسانی	۰/۱۸۹	شناخت و درک خطر سوانح	۰/۱۹۴	IS1 = سطح آگاهی و حساسیت مردم	۰/۳۸۹
				IS2 = مدیریت ریسک محلی/گروه‌های پاسخ اضطراری	۰/۶۱۱
		وضعیت توسعه انسانی	۰/۲۰۶	IS3 = اعتماد و ارتباط بین مردم، مسئولان و متخصصان	۰/۱۲۵
				IS4 = سطح بهداشت و سلامت	۰/۲۳۱
				IS5 = سطح سواد و آموزش	۰/۲۲۹
				IS6 = سن افراد	۰/۱۹۹
				IS7 = سطح آسایش نسبی و امیدواری به زندگی	۰/۲۱۶
		مشارکت اجتماعی	۰/۲۷۹	IS8 = همکاری و حس تعاون	۰/۴۱۸
				IS9 = وجود و فعالیت سازمان‌های اجتماعی و مدنی	۰/۲۴۵
				IS10 = برگزاری مانور واکنش اضطراری	۰/۳۳۶
		آسیب‌پذیری انسانی	۰/۳۲۱	IS11 = جمعیت آسیب‌پذیر در برابر سوانح	۰/۴۶۶
				IS12 = تراکم جمعیت	۰/۵۳۴
تاب‌آوری اقتصادی	۰/۱۷۷	ظرفیت‌های اقتصادی	۰/۴۱۵	IE1 = ظرفیت مالی برای اجرای سیاست‌ها و پاسخگویی به بحران	۰/۳۱۷
				IE2 = توانایی بازیابی و بازسازی فیزیکی و اقتصادی	۰/۳۸۳
				IE3 = اشتغال	۰/۲۹۹
		درآمد	۰/۵۸۵	IE4 = رفاه اقتصادی	۰/۳۹۳

				IE5 = میانگین GDP خانوارها	۰/۶۰۷
تاب‌آوری مدیریتی، نهادی و قانونی	۰/۲۱۶	ظرفیت‌های مدیریتی و قانونی شهر	۰/۳۱۵	IM1 = وجود قوانین	۰/۲۲۸
				IM2 = اجرای قوانین و حاکمیت قانونی	۰/۷۷۲
		مدیریت شرایط اضطراری	۰/۶۸۵	IM3 = سیستم‌های هشدار سریع	۰/۲۷۳
				IM4 = توانایی مدیریت تحویل منابع به آسیب‌پذیرترین افراد و استفاده حداکثری از نیروهای موجود	۰/۷۲۷

۶- نتیجه‌گیری

همان‌طور که در جدول شماره ۲ ملاحظه می‌شود، شاخص IM2 "(اجرای قوانین و حاکمیت قانونی) "با ارزش وزنی ۷۷/۲٪ به‌عنوان مهم‌ترین شاخص از دیدگاه کارشناسان برگزیده شده است. شاخص IP1 "((آسیب‌پذیری) نوع سازه، سال ساخت، تعداد طبقه) نیز با ارزش وزنی ۷۶/۱٪ در رتبه دوم ازدیدگاه کارشناسان قرار گرفته است. در واقع شاخص اجرای قوانین و حاکمیت قانونی که در بخش تاب‌آوری مدیریتی، نهادی و قانونی قرار گرفته است، نقش زیادی در ارتقاء تاب‌آوری شهری دارد. تاب‌آوری مدیریتی، نهادی و قانونی شامل ۲ بخش ظرفیت‌های مدیریتی و قانونی شهر (وجود قوانین و مقررات و اجرای مناسب آن‌ها) و مدیریت شرایط اضطراری (توانایی مدیریت تحویل منابع به آسیب‌پذیرتر افراد و استفاده حداکثری از نیروهای موجود و ایجاد سیستم‌های هشدار سریع) می‌باشد. در مقابل کارشناسان شاخص الگوی شهری (IF5)، با ارزش وزنی ۰/۱۰۷ که در بخش تاب‌آوری ساختار شهری قرار دارد را به‌عنوان یک شاخص کم اثر در تاب‌آوری لرزه‌ای شهری در نظر گرفته‌اند. ناحیه موضوعی مدیریت شرایط اضطراری با ارزش وزنی ۶۸/۵٪ به‌عنوان مهم‌ترین ناحیه موضوعی از دیدگاه کارشناسان انتخاب شده است؛ یعنی این ناحیه موضوعی بیشترین تأثیر را در افزایش تاب‌آوری شهری دارد. ناحیه موضوعی شناخت و درک خطر سوانح با ارزش وزنی ۰/۱۹۴ واقع در بخش تاب‌آوری اجتماعی انسانی از نظر متخصصین تأثر کمی بر میزان تاب‌آوری لرزه‌ای شهری دارد. بخش تاب‌آوری ساختار شهر با ارزش ۰/۱۴۳ می‌باشد که از دیدگاه متخصصین شکل و ساختار شهر تأثیر چندانی در میزان تاب‌آوری شهر در برابر زلزله ندارد و به‌عنوان کم اهمیت‌ترین بخش محسوب می‌شود. براساس نظر کارشناسان بخش تاب‌آوری فیزیکی با ارزش وزنی ۲۷/۳۰٪ در مقایسه با سایر بخش‌ها بیشترین اهمیت را در افزایش تاب‌آوری شهری دارد. اگرچه با بالا بردن تاب‌آوری در این بعد، تاب‌آوری شهری به میزان قابل توجهی افزایش میابد، اما لزوماً با تمرکز در این بخش نمی‌توان به یک شهر تاب آور دست یافت؛ زیرا تاب‌آوری تنها به یک بعد خلاصه نمی‌شود؛ بنابراین باید تلاش‌ها در راستای افزایش تاب‌آوری شهری در همه ابعاد صورت گیرد. بعد از به دست آوردن وزن نسبی شاخص‌ها، نواحی و بخش‌ها، در مرحله بعدی با ترکیب وزن معیارها با امتیاز آن‌ها و قرار دادن آن‌ها در فرمول، یک مقدار واحد برای تاب‌آوری در هر منطقه استخراج می‌شود.

نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌های دیگر نیز در فرمول تاب‌آوری قرار داده می‌شود و مقدار نهایی تاب‌آوری برای اشخاص به شکل جداگانه محاسبه می‌شود. درنهایت از مجموع این ۳۰ عدد تاب‌آوری، میانگین هندسی گرفته می‌شود تا مقدار نهایی تاب‌آوری برای هر منطقه به شکل مجزا به دست آورده شود. میزان تاب‌آوری لرزه‌ای برای منطقه ۱ برابر ۰/٤۳۲ و برای منطقه ۳ برابر ۰/۳۹۲ به دست آمده است. نتایج حاکی از آن است که منطقه ۱ در مقایسه با منطقه ۳ از تاب‌آوری بیشتری در برابر زلزله برخوردار است. یکی از مهم‌ترین علل بالا بودن تاب‌آوری این منطقه می‌توان به آسیب‌پذیری کمتر ساختمان‌ها در این منطقه اشاره نمود، چراکه شاخص آسیب‌پذیری (IP1) با توجه به امتیاز بالایی که دارد تأثیر زیادی در میزان تاب‌آوری دارد و می‌تواند تاب‌آوری را تا میزان قابل توجهی بالا ببرد. در این مطالعه به‌منظور کاهش تلفات بعد از زلزله و تسهیل در تصمیم‌گیری‌ها، برای مناطق انتخابی در شهر زنجان به کمک سیستم شاخص ارائه شده توسط آقای اتراچالی اقدام به وزن دهی مناسب شاخص‌ها با روش مبتنی بر AHP شده است. هر یک از فاکتورهای وزنی شاخص‌های مختلف توصیف کننده تاب‌آوری شهری، می‌تواند بر تولید تاب‌آوری نهایی تأثیر به سزایی داشته باشد. ازاین‌رو با توجه به اهمیت و پیچیدگی مرحله کمی سازی تاب‌آوری و تأثیرگذاری نظرات دریافتی از مصاحبه شوندگان بر کلیه تفاسیر و نتایج اجرای مدل، لذا باید در انتخاب مصاحبه شوندگان دقت لازم را به کار برد. هم‌چنین نتایج این مطالعه مقایسه‌ای انجام شده، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر سیاست‌های انتخاب شده در این زمینه بگذارد. مسئولان و تصمیم‌گیرندگان می‌توانند بر اساس اولویت مناطق و مقادیر تاب‌آوری آن‌ها با تخصیص بودجه و اقدامات حمایتی و با برنامه‌ریزی مناسب در جهت افزایش تاب‌آوری شهری گام بردارند .

کتابنامه

اتراچالی، محمد؛ غفوری آشتیانی، محسن؛ امینی حسینی، کامبد؛ ۱۳۹٦. ویژگی‌های شهر تاب آور در برابر زلزله و روش‌های ارزیابی آن‌ها (مطالعه موردی: بخش‌هایی از مناطق ۲ و ۱۹ شهرداری تهران) دولتی – پایان نامه کارشناسی ارشد – پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

اسکندری، محمدامین؛ شیعه، اسماعیل؛ حبیبی، کیومرث؛ ماکس، ویس؛۱۳۹۳. مدل ارزیابی تاب‌آوری مراکز درمانی در برابر زلزله. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران‌های طبیعی(INDM-2014) ، ص ۱۱۱۷.

رضایی، محمدرضا؛ ۱۳۹۲. ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری در برابر سوانح طبیعی. مطالعه موردی: زلزلهٔ محله‌های شهر تهران. فصلنامه مدیریت بحران. شماره ۳. ۳۸-۲۷.

سایت شهرداری زنجان/https://www.zanjan.ir

سلمانی مقدم، محمد؛ امیر احمدی، ابوالقاسم؛ کاویان، فرزانه؛ ۱۳۹۳. کاربرد برنامه‌ریزی کاربری اراضی درافزایش تاب‌آوری شهری در برابر زمین‌لرزه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: شهر سبزوار). پژوهش‌های مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم. شماره ۱۷.

عبدی، پرویز؛ ۱۳۸٦. بررسی فعالیت‌های لرزه‌ای استان زنجان. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

غفاری، عطا؛ پاشازاده، اصغر؛ آقایی، واحد؛ ۱۳۹٦. سنجش و اولویت‌بندی تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله (نمونه موردی شهر اردبیل و مناطق چهارگانه آن). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۱. ٦٥-٤٥.

فلاحی، علیرضا؛ جلالی، تارا؛ ۱۳۹۲. بازسازی تاب آور از دیدگاه طراحی شهری، پس از زلزله ۱۳۸۲ بم. نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی. شماره ۳. ١٦-٥.

قنبری، ابوالفضل؛ سالکی ملکی، محمدعلی؛ قاسمی، معصومه؛ ۱۳۹۵. ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهرک باغمیشه تبریز). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۱۸. ۱۵-۱.

Aven. T., 2017. How some types of risk assessments can support resilience analysis and management, Reliability Engineering and System Safety 167: 536–543.

Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W. A., Winterfeldt, D. 2003. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities, Earthquake Spectra 19:733–752

Bush, J., Doyon, A., 2019. Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? 95: 102483, ISSN 0264-2751.

Eghbali, M., Samadian, D., Ghafory-Ashtiany, M., Raissi Dehkordi, M., 2020. Recovery and reconstruction of schools after M 7.3 Ezgeleh-Sarpole-Zahab earthquake; part II: Recovery process and resiliency calculation. Soil Dyn. Earthq. Eng., 139, 106327.

Kasperson, R.E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H.S., Emel, J., Gobel, R., Kasperson, J.X., Ratick, S., 1988. The social amplification of risk: A conceptual framework.

Kwok, A. H., Doyle, E. E. H., Becker, J., Johnston, D., Paton, D., 2016. What is 'social resilience'? Perspectives of disaster researchers, emergency management practitioners, and policymakers in New Zealand, International Journal of Disaster Risk Reduction, 19:197-211.

Lucini, B., 2013. Social capital and sociological resilience in megacities context, International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 58-71.

MacAskilla, K., Guthriea, P. 2014., Multiple interpretations of resilience in disaster risk management.Procedia Economics and Finance, 18:667 – 674.

Maria, K., Van de Lindt, J.W., McAllister, T.P., Ellingwood, B.R., Dillard, M., Cutler, H., 2018. State of the research in community resilience: progress and challenges, Sustainable and Resilient Infrastructure.

Mayunga, J. S., 2007. Understanding and applying the concept of community disaster resilience: A capital based approach. 22 - 28 July, Munich, Germany, 1-16

Motlagh, Z. S., Raissi Dehkordi, M., Eghbali, M., Samadian, D., 2020. Evaluation of seismic resilience index for typical RC school buildings considering carbonate corrosion effects. International Journal of Disaster Risk Reduction, 46: 101511.

Proaga, V., 2014. The concept of vulnerability and resilience. 4th International Conference on Building Resilience. 369– 376.

Ribeiro, P.J. G., Pena Jardim Gonçalves, L.A., 2019. Urban resilience: A conceptual framework. Sustainable Cities and Society, 50, ISSN 2210-6707.

Samadian, D., Eghbali, M., Raissi Dehkordi, M., Ghafory-Ashtiany, M., 2020. Recovery and reconstruction of schools after M 7.3 Ezgeleh-Sarpole-Zahab earthquake of Nov. 2017; part

I: Structural and nonstructural damages after the earthquake. Soil Dynamic and Earthquake Engineering, 139: 106305.

Samadian, D., Ghafory-Ashtiany, M., Naderpour, H., Eghbali, M., 2016. Evaluation of resilience index using fragility curves. Proc., 7th international conference on integrated disaster risk management, Isfahan Iran, 京都大学防災研究所年報. A= Disaster Prevention Research Institute Annuals. A, 60 (A): 250-267.

Samadian, D., Ghafory-Ashtiany, M., Naderpour, H., Eghbali, M., 2019. Seismic resilience evaluation based on vulnerability curves for existing and retrofitted typical RC school buildings. Soil Dynamic and Earthquake Engineering, 127: 105844.

Sardari, F., Raissi Dehkordi, M., Eghbali, M., Samadian, D., 2020. Practical seismic retrofit strategy based on reliability and resiliency analysis for typical existing steel school buildings in Iran. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51:101890.

Weichselgartner, J., Kelman, L., 2014. Geographies of resilience: Challenges and opportunities of a descriptive concept. Progress in Human Geography, 39(3):1-19.