



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. Today, 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، شماره 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^۱ - 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، به منظور 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. از این رو 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 به منظور آشنایی بیشتر با موضوع تاب‌آوری شهری و روش تجزیه و تحلیل آن، مناطق ۱ و ۳ شهر زنجان به عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب و از نظر تاب‌آوری در برابر زلزله، مقایسه شده‌اند. مدل استفاده شده در این مطالعه بر مبنای شاخص‌های تاب‌آوری می‌باشد که وزن این شاخص‌ها به وسیله روش تحلیل سلسله مراتبی و تقسیم پرسش‌نامه در میان صاحب‌نظران و بعد از آن انجام تحلیل‌های آماری بر داده‌های مستخرج از این پرسش‌نامه‌ها به دست آمده است. در نهایت 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

Email: eghbali@znu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۲۴-۳۳۰۵۴۴۸۴

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)، صص ۲۴۶-۲۲۹. <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70371.1059>

تاب‌آوری، این موضوع برای مسئولان و مهندسين 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، ۱۳۸۶)؛ بنابراین در شهر زنجان نیز مانند سایر شهرهای کشور باید آمادگی مواجهه با حوادث و بلایای طبیعی از جمله 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 تاب‌آور میزان کمتری از آسیب را تجربه خواهد کرد (پروگا، ۲۰۱۴)^۱. برای تجزیه و تحلیل و مدیریت تاب‌آوری، ملاحظات و ارزیابی‌های میزان خطر و ریسک می‌تواند کمک کننده باشد (ترج اون، ۲۰۱۷)^۲. فعالیت‌های کاهش و مدیریت ریسک می‌تواند راهی برای ایجاد مقاومت در برابر سایر خطرات نیز ایجاد نمایند (بوش و دیون، ۲۰۱۹)^۳. تاب‌آوری اصطلاح کلیدی در مدیریت خطر در برابر بلایای

1 Proaga

2 Terje Aven

3 Bush & Doyon

طبیعی (DRM^۱) است (مک آسکیلا و گوثریا، ۲۰۱۴)^۲. 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. از آنجایی که 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 کولیو و همکاران، ۲۰۱۸)^۳. در بیشتر تعاریف تاب‌آوری یک جریان در نظر گرفته می‌شود تا یک نتیجه، جریانی که سازگاری در حین حادثه و بعدازآن را به همراه دارد (کیوک و همکاران، ۲۰۱۶)^۴.

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، ۱۳۹۶ به نقل از مایونگا، ۲۰۰۷)^۵. در سال ۲۰۱۴ ویشسلگارتنر و کلمن پژوهشی را با عنوان جغرافیای تاب‌آور 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، ۲۰۱۴)^۶. رضایی در سال ۱۳۹۲ در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی شهرها در مقابل بلایای طبیعی (مطالعه موردی: زلزله محله‌های شهر تهران)، وزن شاخص‌ها را به کمک روش تحلیل سلسله‌مراتبی 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 تاب‌آور 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، می‌تواند برای بهسازی شهر بم از دیدگاه تاب‌آوری

1 Disaster Risk Management

2 MacAskill & Guthrie

3 Maria Koliou et al

4 Kwok et al

5 Mayunga

6 Weichselgartner & Kelman

کمک کننده باشند (غفاری و همکاران به نقل از فلاحي 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 در نهایت 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، ۲۰۱۹، ۲۰۱۶، ۲۰۲۰؛ اقبالی و همکاران، ۲۰۲۰؛ شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۲۰؛ سرداری و همکاران، ۲۰۲۰، به بررسی کمی شاخص تاب‌آوری لرزه‌ای مدارس بتنی و فولادی موجود در ایران پرداختند و تأثیر مقاوم‌سازی بر روی بهبود این شاخص را مورد بررسی قرار دادند. در زمینه کاهش تاب‌آوری لرزه‌ای برونو و همکاران ۲۰۰۳، پیشنهاد کردند که تاب‌آوری را می‌توان توسط ۴ 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 ۴ 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 ۴ ویژگی غنای منابع، سرعت‌پذیری، 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. سرعت‌پذیری 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 ۴ 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^۱ به بررسی میزان توانایی بازیابی مجموعه‌های شهری به‌عنوان یک مجموعه جامع، دربرگیرنده سازه‌های عمرانی، در مقابل حوادث آینده می‌پردازد. درحالی‌که، تاب‌آوری سازه‌ای^۲ تاب‌آوری یک سازه به صورت انفرادی مورد بررسی قرار گرفته و تعامل آن با دیگر زیرساخت‌های موجود در جامعه مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. از این‌رو 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 تاب‌آور در برابر حوادث متمرکز ساخته‌اند. همین موضوع توجه و اهمیت به بحث تاب‌آوری را افزایش داد و اهداف مهم برنامه‌ریزی‌ها و کاهش مخاطرات از سمت کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری گرایش پیدا کرده است (کاسپرسون، ۱۹۸۸)^۳

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 پنجااردیم گنکالوس، ۲۰۱۹)^۴. 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)^۵. 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 بر مبنای شاخص‌های وزن‌دار تاب‌آوری شهری بیان می‌شود. به‌منظور استفاده از این 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

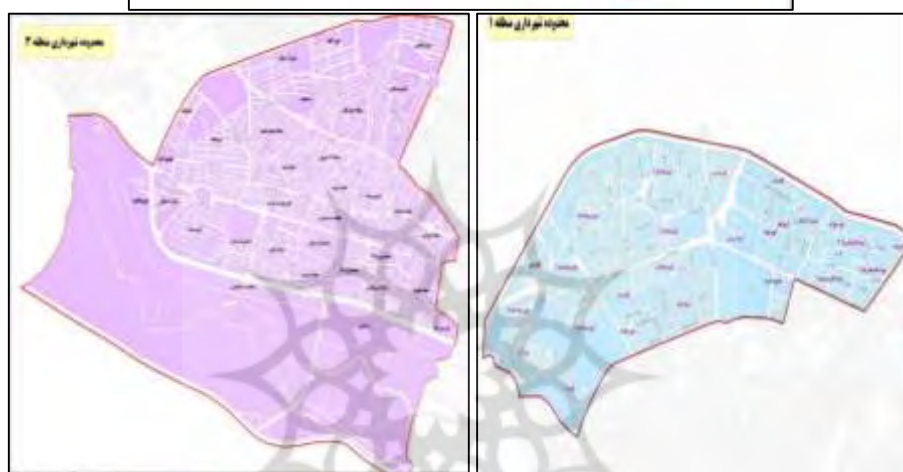
5 Lucini

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 مورد مطالعه

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 مورد مطالعه 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 ۱۲۸۷۶۲ 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 ۱۰۱۳۴۲ نفر بوده (براساس سرشماری سال ۹۵) که در قالب ۳۲۴۰۵ خانوار زندگی می‌کنند و حدود چهارگانه و حریم آن به شرح زیر است: 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).

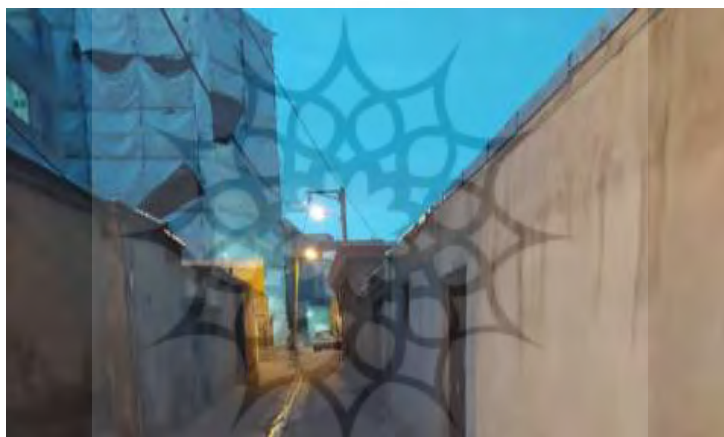


شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه (منبع: سایت شهرداری زنجان)

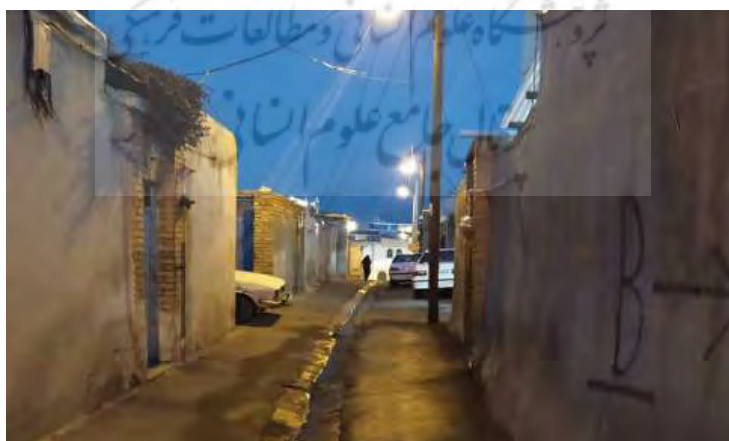


شکل ۲- محدوده بافت فرسوده شهر (منبع: سایت شهرداری زنجان)

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 از جمله 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 از جمله مؤلفه‌های افزایش دهنده میزان تاب‌آوری می‌باشد. شکل ۳ تا ۷ نمایی از بافت شهری در مناطق مختلف شهر زنجان را نشان می‌دهد.



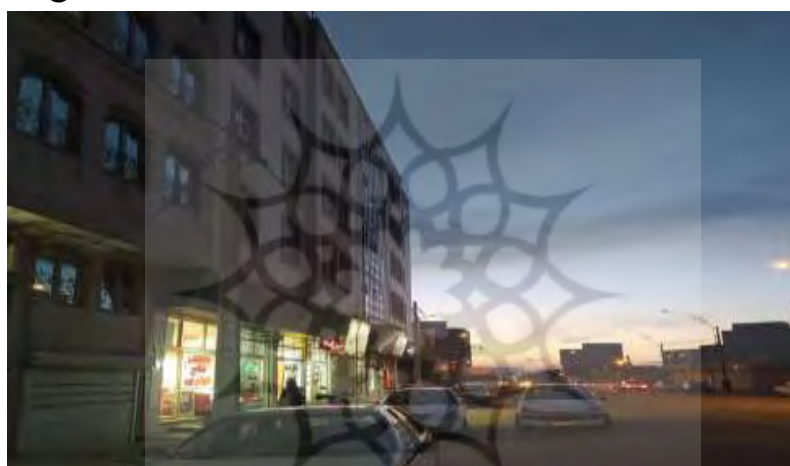
شکل ۳ - توسعه ناهمگون شهری در برخی از محله‌های منطقه سه



شکل ۴ - 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 ۶- عرض 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 اترچالی 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 از این بخش‌ها قسمت‌های جزئی‌تری تحت عنوان "ناحیه موضوعی" به منظور تفکیک و تمایز قائل شدن بین بخش‌ها پیشنهاد شده است. در نهایت برای هر کدام از نواحی موضوعی تعدادی شاخص پیشنهاد شده است که این شاخص‌ها کوچک‌ترین جزء سیستم شاخص تاب‌آوری پیشنهادی هستند.

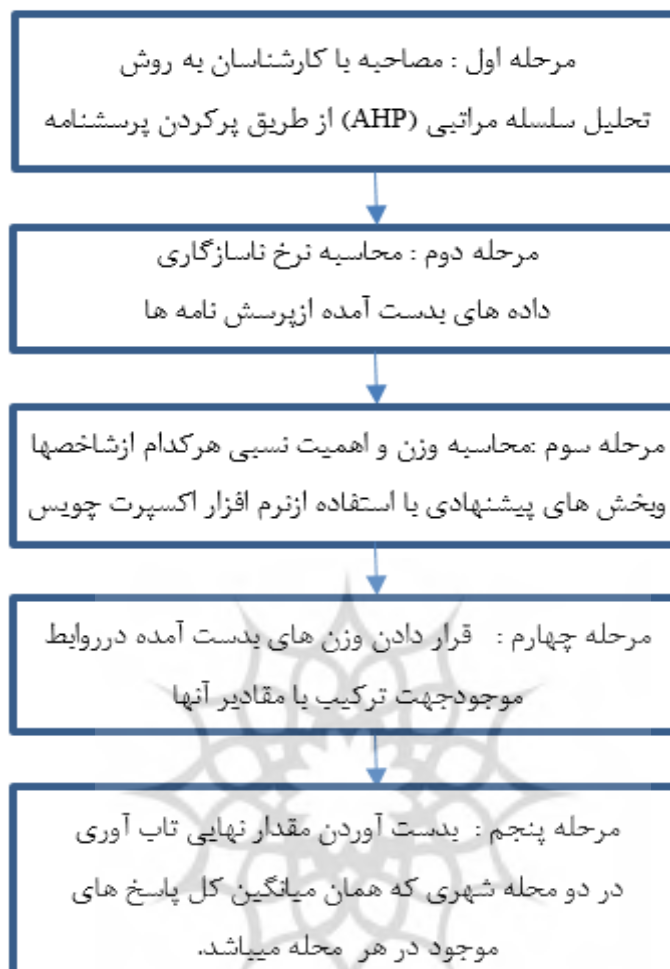
۳- مدل وزن‌دار شده سیستم شاخص تاب‌آوری شهری

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 (AHP¹) استفاده شده است. تکنیک AHP توسط (توماس و ساتی، ۱۹۸۳)^۲ 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^۳ انجام شده و خود نرم افزار اوزان را از طریق روش بردار ویژه (دقیق‌ترین روش محاسبه وزن) محاسبه می‌کند. بدین ترتیب که اطلاعات هر کدام 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 و در نهایت 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 تاب آوری لرزه ای شهری

۴- مدل استفاده شده به منظور محاسبه تاب آوری لرزه ای شهری

بعد از به دست آوردن وزن نسبی شاخص ها، نواحی و بخش ها، در مرحله بعدی باید با ترکیب وزن معیارها با امتیاز آن ها و قرار دادن آن ها در فرمول به یک مقدار واحد برای تاب آوری در هر منطقه دست یافت. در نهایت با مقایسه میزان تاب آوری دو منطقه ۱ و ۳، منطقه تاب آور تر مشخص می گردد. در فرمولی که توسط آقای اترچالی برای محاسبه میزان نهایی تاب آوری ارائه شده تاب آوری برای هر بخش به شکل مجزا حساب می شود و در نهایت تاب آوری کلی نیز از مجموع حاصل ضرب تاب آوری هر بخش در وزن آن بخش به دست می آید. لازم به ذکر است در این روابط، مقادیر وزن شاخص ها یکبار توسط نرم افزار محاسبه می گردد ولی امتیاز شاخص ها با توجه به هر پرسشنامه عدد متفاوتی می شود. وزن ها با w و امتیازها با I نشان داده شده اند.

- ۱) تاب‌آوری ساختار شهر (WF) که شامل ناحیه موضوعی توسعه شهری حساس نسبت به ریسک (WF1) و ناحیه موضوعی بافت و ساختار کلی شهر (WF2) می‌باشد.
- ۲) تاب‌آوری فیزیکی (WP) که شامل ناحیه موضوعی ساختمان‌ها (WP1)، ناحیه موضوعی زیرساخت‌های مرتبط با مدیریت بحران (WP2) ناحیه موضوعی زیرساخت‌های شهری (WP3) می‌باشد.
- ۳) تاب‌آوری اجتماعی - انسانی (WS) 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.
- ۴) تاب‌آوری اقتصادی (WE) که شامل ناحیه موضوعی ظرفیت‌های اقتصادی (WE1) ناحیه موضوعی درآمد (WE2) می‌باشد.
- ۵) تاب‌آوری مدیریتی، نهادی و قانونی (WM) 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)

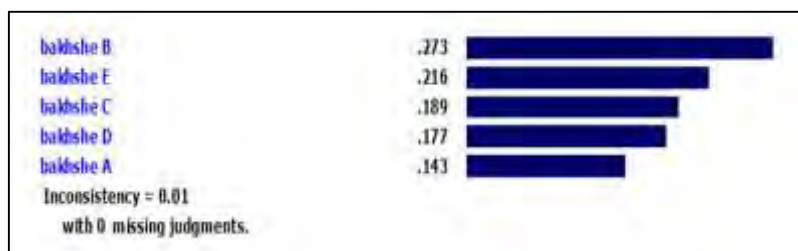
	bakhshe A	bakhshe B	bakhshe C	bakhshe D	bakhshe E
bakhshe A		2.32385	1.34857	1.17796	1.23885
bakhshe B			1.02865	1.4888	1.47557
bakhshe C				1.16104	1.36729
bakhshe D					1.45478
bakhshe E					
lambda: 0.01					

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. از آنجایی که 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 تعیین شده بخش‌ها را نشان می‌دهد:



شکل ۱۰- رتبه‌بندی بخش‌های اصلی

جدول ۱- مقایسه ارزش وزنی بخش‌های اصلی

رتبه	ارزش وزنی	نام بخش	ردیف
۱	۰/۲۷۳	بخش تاب‌آوری فیزیکی	۱
۲	۰/۲۱۸	بخش تاب‌آوری مدیریتی، نهادی، قانونی	۲
۳	۰/۱۸۹	بخش تاب‌آوری اجتماعی-انسانی	۳
۴	۰/۱۷۷	بخش تاب‌آوری اقتصادی	۴
۵	۰/۱۴۳	بخش تاب‌آوری ساختار شهر	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 در نهایت 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

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

۰/۶۰۷	IE5 = میانگین GDP خانوارها				
۰/۲۲۸	IM1 = وجود قوانین	۰/۳۱۵	ظرفیت‌های مدیریتی و قانونی شهر	۰/۲۱۶	تاب‌آوری مدیریتی، نهادی و قانونی
۰/۸۷۲	IM2 = اجرای قوانین و حاکمیت قانونی				
۰/۲۷۳	IM3 = سیستم‌های هشدار سریع	۰/۶۸۵	مدیریت شرایط اضطراری		
۰/۷۲۷	IM4 = توانایی مدیریت تحویل منابع به آسیب‌پذیرترین افراد و استفاده حداکثری از نیروهای موجود				

۶- نتیجه‌گیری

همان‌طور که در جدول شماره ۲ ملاحظه می‌شود، شاخص IM2 (اجرای قوانین و حاکمیت قانونی) "با ارزش وزنی ۰/۷۷/۲ به‌عنوان مهم‌ترین شاخص از دیدگاه کارشناسان برگزیده شده است. شاخص IP1 ((آسیب‌پذیری) نوع سازه، سال ساخت، تعداد طبقه) نیز با ارزش وزنی ۰/۷۶/۱ در رتبه دوم از دیدگاه 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 ۰/۶۸/۵ 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 ۰/۱۹/۴ واقع در بخش تاب‌آوری اجتماعی انسانی از نظر متخصصین تأثیر کمی بر میزان تاب‌آوری لرزه‌ای شهری دارد. بخش تاب‌آوری ساختار شهر با ارزش ۰/۱۴/۳ 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 ۰/۲۷/۳۰ 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 می‌یابد، اما لزوماً با تمرکز در این بخش نمی‌توان به یک شهر تاب‌آور 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. در نهایت 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 $0/432$ و برای منطقه ۳ برابر $0/392$ 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 می‌تواند به آسیب‌پذیری کمتر ساختمان‌ها در این منطقه اشاره نمود، چراکه شاخص آسیب‌پذیری (IPI) 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 به منظور کاهش تلفات بعد از زلزله و تسهیل در تصمیم‌گیری‌ها، برای مناطق انتخابی در شهر زنجان به کمک سیستم شاخص ارائه شده توسط آقای اترچالی اقدام به وزن دهی مناسب شاخص‌ها با روش مبتنی بر AHP شده است. هر یک از فاکتورهای وزنی شاخص‌های مختلف توصیف‌کننده تاب‌آوری شهری، می‌تواند بر تولید تاب‌آوری نهایی تأثیر به‌سزایی داشته باشد. از این رو با توجه به اهمیت و پیچیدگی مرحله کمی سازی تاب‌آوری و تأثیرگذاری نظرات دریافتی از مصاحبه‌شوندگان بر کلیه تفاسیر و نتایج اجرای مدل، لذا باید در انتخاب مصاحبه‌شوندگان 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؛ ۱۳۹۶. 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: زلزله محله‌های شهر تهران. فصلنامه مدیریت بحران. شماره ۳. ۲۷-۳۸.
- سایت شهرداری زنجان <https://www.zanjan.ir/>
- سلمانی مقدم، محمد؛ امیر احمدی، ابوالقاسم؛ کاویان، فرزانه؛ ۱۳۹۳. کاربرد برنامه‌ریزی کاربری اراضی در افزایش 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؛ ۱۳۸۶. 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؛ ۱۳۹۶. سنجش و اولویت‌بندی تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله (نمونه موردی شهر اردبیل و مناطق چهارگانه آن). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۱. ۶۵-۴۵.

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. ۱۶-۵.

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.
- MacAskill, K., Guthrie, 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.

