نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۰، بهار ۱۴۰۰

تحلیل تاب آوری فیزیکی- کالبدی نواحی شهری در برابر زلزله با ارائه سناریو (مورد مطالعه: شهر زنجان)

دریافت مقاله: ۹۶/۱۱/۱۰ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۸/۲۷

صفحات: ۸۵-۶۵

مهدی محمدی سرین دیزج: استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری- دانشگاه پیام نور، تهران، ایران[1]
Email: m_mohammadi@pnu.ac.ir
محسن احدنژاد روشتی: دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری- دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
Email: ahadnejad@znu.ac.ir

چکیده

این مقاله در جهت همگرایی با تدابیر و فعالیت‌های مجامع جهانی در راستای ارتقای تاب آوری شهرها در برابر زلزله و توجه به فرایند گسترش فیزیکی- کالبدی آن‌ها، به تحلیل تاب آوری کالبدی شهر زنجان و طراحی سناریو در برابر مخاطره زلزله می‌پردازد. روش پژوهش توصیفی- تحلیلی بوده و معیارها به ترتیب اولویت و اهمیت شامل: نوع سازه، کیفیت بنا، عمر بنا، تعداد طبقات، سطح اشغال بنا، ضریب محصوریت، تراکم ساختمانی، دانه بندی، فاصله از گسل، تعداد واحد در بنا، سازگاری کاربری، میزان شیب و نمای بنا که بعد از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) براساس (رابطه شماره ۱) در ۳ سناریو بکار گرفته شده‌اند. طبق یافته‌ها، میزان تاب آوری در برابر زلزله در قسمت‌های مرکزی و جنوبی شهر ضعیف و بسیار ضعیف بوده و هر چه قدر به سمت شمال، غرب و شرق حرکت می‌کنیم بر میزان تاب آوری کالبدی نواحی افزوده می‌گردد. با این برآیند از تصاویر تاب آوری در سناریوها، هیچ ناحیه ای دامنه کاملاً تاب آور را به نمایش نمی‌گذارد طوری که در سناریوهای مرکالی ۷ و ۸، شهر در دامنه فاقد تاب آوری و بسیار ضعیف قرار می‌گیرد. تحلیل‌ها نشان می‌دهد طبق سناریوها، در هیچ‌کدام از نواحی، ثبات در تاب‌آوری وجود ندارد.

کلید واژگان: تاب آوری فیزیکی- کالبدی، نواحی شهری، سناریو، زلزله، شهر زنجان

---

۱. **نویسنده مسئول:** زنجان، کیلومتر ۵ زنجان میانه، دانشگاه زنجان، دانشکده علوم انسانی گروه جغرافیا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

مقدمه

امروزه فضای شهرها در اثر تغییرات گسترده و شتابان در فرایند جمعیت پذیری و الگوی سکونت و افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی در بسترهای جغرافیاییِ مخاطره آمیز، به توجه بیشتری نیاز دارند. در سال‌های اخیر در مقیاس جهانی، نهادها و آژانس‌های فعال در زمینه کاهش خطر مخاطرات طبیعی، بیشتر فعالیت‌های خود را بر دستیابی به جامعه تاب آور متمرکز ساخته‌اند که در این میان به دلیل خسارات وسیع اجتماعی- اقتصادی و تخریب‌های گسترده کالبدی و زیرساختی، زمین لرزه ها از اولویت و ریسک بالایی برخوردار هستند. از جملهٔ فعالیت‌ها با رویکرد کاهش خطرپذیری در جهت تاب آوری می‌توان به طرح هیوگو برای عمل (۲۰۱۵-۲۰۰۵) و چهارچوب سندای (۲۰۳۰- ۲۰۱۵) اشاره کرد که توسط سازمان ملل متحد در کشور ژاپن برگزار گردیده که یکی از برنامه های مدون آن، اصول ۱۰ گانه تاب آوری برای افزایش تاب آوری شهرها در برابر مخاطره زلزله می‌باشد(سعیدی و همکاران؛ ۱۳۹۴: ۶).

از نظر پتانسیل زلزله خیزی و فاصله از گسل‌ها، تقریباً ۶۸ درصد از شهر های کشور در حریم یک تا ۳۰ کیلو متری گسل‌ها قرار گرفته‌اند، این گروه از شهرها از نظر پهنه بندیِ خطرِ نسبیِ زلزله در پهنه با شتاب‌های بالا واقع اند(زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۳۶) بر این مبنا، در این مقاله حداکثر فاصلهٔ عناصر کالبدی از خطوطِ گسل‌هایِ فعالِ پیرامون شهر زنجان به ۴ کیلومتر می‌رسد.

خطر زمین لرزه در شهر زنجان به واسطه موقعیت جغرافیایی و زمین ساختی، وجود گسل‌های فعال متعدد در اطراف آن، وقوع زلزله های مخرب تاریخی در پیرامون آن و سایر شواهد تکتونیکی، در سطح بالا ارزیابی می‌شود. کَما اینکه منطقه زنجان در روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا واقع گردیده و در گذشته نه چندان دور شاهد مخرب‌ترین زلزله‌ها در پیرامون خود بوده است(احدنژاد، ۱۳۸۸: ۲۶). نظیر: زلزله های بوئین‌زهرا با ۷/۲ ریشتر در سال‌های ۱۳۴۱ و ۱۳۸۱؛ آوج با ۶/۶ ریشتر در سال ۱۳۸۱ و طارم- منجیل با ۷/۴ ریشتر در سال ۱۳۶۹. همچنین از ۱۳۷۷ به بعد، حدود ۲۰ زلزله با بزرگای بالای ۵ ریشتر در اطراف شهر زنجان بوقوع پیوسته که از آن جمله می‌توان به زلزله‌های سال ۱۳۷۹ خدابنده با بیش از ۵۰۰ کشته و ۱۳۸۷ با قدرت ۵/۴ ریشتر در ۱۷ کیلومتری جنوبغرب شهر زنجان اشاره کرد. باید پذیرفت که با توجه به زلزله خیزی نسبی شهر زنجان و در نظر گرفتن کیفیت ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها بخصوص در بافت‌های کهن و ادامه ساخت و ساز در حریم گسل‌ها و سایر پارامترها از قبیل بار شریان‌های حیاتی کالبدی و زیر ساختی، کاربری‌ها و شبکه‌های دسترسی، وقوع یک زلزله نسبتاً بزرگ؛ مکانیسم مدیریت شهری را مختل نموده و تخریب شدید سیستم‌های کالبدی و زیرساختی شهری را منجر خواهد شد.

با این برایند از وضعیت موجود و در جهت همگرایی با تدابیر جهانی، این مقاله با قرار دادن مفهوم تاب آوری در کانونِ نگاه، و توجه به کاهش خطرپذیری بلندمدت و در نظر گرفتن ارتباط متقابل با فرایند توسعه شهری به طراحی سناریوی تاب‌آوری در برابر خطر زلزله می‌پردازد. برپایه مسئله مطرح شده در بحث فوق، پژوهش حاضر در صدد یافتن پاسخ به این سؤال برآمده است: برمبنای معیارهای مورد نظر، شهر زنجان در سناریوهای تاب آوری کالبدی در برابر زلزله از چه وضعیتی برخوردار خواهد بود؟

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

پیشینه تحقیق: غالب تحقیقات انجام گرفته در داخل کشور عمدتاً به صورت پرسشنامه ای بوده و ارزیابی تاب آوری به ویژه در بُعد کالبدی و زیرساختی در این تحقیقات، برای تک تک پلاک‌ها و واحدهای ساختمانی شهری امکان پذیر نبوده است. در این مقاله، سعی شده است کمبود مطالعات قبلی برطرف شده و ارزیابی تاب آوری نواحی در واحد پلاک به صورت تمام شماری با طراحی سناریوی تاب آوری در زمان وقوع زلزله صورت گیرد. در اینجا به طور مختصر پیشینه خارجی و داخلی موضوع تحقیق آورده شده است. دوغلو[۲] و همکاران (۲۰۱۶)در پژوهشی با عنوان چگونه بازماندگان زلزله سال ۲۰۱۱ در وان ترکیه تاب آوری اجتماعی را درک کرده‌اند؟ با روش تحقیق کیفی، نشان دادند که تاب آوری به عنوان ارائه توزیع منصفانه خدمات به موقع و حکمروایی خوب، منابع مالی، همچنین به آگاهی، آمادگی و همبستگی اجتماعی قبل از زلزله کمک فراوانی می‌کند. مارتینلی[۳] و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود با عنوان بررسی تاب آوری اقتصادی اجتماعات محلی متأثر از بلایای طبیعی در منطقه خلیج سان‌فرانسیسکو با استفاده از مدل رشد ساختاری (SGM[۴]) نشان دادند که مهم‌ترین عامل برای ارتقای تاب آوری اقتصادی سرمایه گذاری روی صنایع فردی در منطقه است. رومباچ و فولی[۵] (2009) در پژوهشی با عنوان نهادهای بومی و نقش آن‌ها در کاهش خطر سوانح و تاب آوری، از طریق مدارک و شواهد سونامی سال ۲۰۰۹ در ساموآ آمریکا از طریق مصاحبه نیمه ساختار یافته نشان دادند که پس از سوانح نقش نهادهای بومی می‌تواند اهرمی برای کمک به ایجاد جوامع تاب آورتر باشد. بینگمن[۶] و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی با عنوان واکنش نهادی به فشارهای توسعه، تاب آوری سیستم‌های اجتماعی و اکولوژی در هیماچال پرادش هند با روش پژوهش مصاحبه نیمه ساخت یافته، نشان دادند مناطقی که در آن ظرفیت سازی برای ایجاد تاب آوری سیستم اجتماعی اکولوژیکی مورد نیاز است، به خلق توسعه پایدار، کمک می‌کند. فرزانه ساسان پور و همکاران(۱۳۹۶) در ارزیابی تاب آوری منطقه ۱۲ کلانشهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی با استفاده از آزمون‌های T-Test تک نمونه ای و Friedman Test نشان داده‌اند که مؤلفه های پایداری زیست محیطی و قابلیت تطبیق سیستم به ترتیب در رتبه اول و آخر اهمیت قرار گرفته‌اند و مطلوبیت تاب آوری شهری در منطقه ۱۲ کلانشهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی با توجه به کلیه ابعاد و مؤلفه‌ها خیلی ضعیف بوده است و این منطقه در برابر مخاطرات طبیعی تاب آور و پایدار نیست. محمدی سرین دیزج و احدنژاد (۱۳۹۵) در ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهر زنجان در برابر مخاطره زلزله با استفاده از روش کمی- تطبیقی و تحلیلی به تحلیل ابعاد زیرساختی و کالبدی با مدل چند معیاره تودیم پرداخته‌اند. طبق نتایج، نواحی منطبق بر شمال و شرق زنجان به دلیل قدمت کم و بافت نسبتاً جدید که از نظام محلی و شبکه دسترسی منظم برخوردارند اکثراً با درجه تاب آور ارزیابی گردیده‌اند ولی نواحی مرکزی و جنوبی شهر به دلیل داشتن بافت قدیم و فرسوده با درجه تاب آوری ضعیف و بسیار ضعیف ارزیابی شده‌اند. داداش پور و عادلی (۱۳۹۴) در مقاله ای با عنوان سنجش ظرفیت‌های تاب آوری در مجموعه شهری قزوین، با روش تحقیق

[2] - Dogulu
[3] - Martinelli
[4] - structural growth model
[5] - Rumbach and Foley
[6] - Bingeman

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

توصیفی ـ تحلیلی ـ تطبیقی نشان دادند که در بین ابعاد مختلف تاب آوری، مجموعه‌ی شهری قزوین به لحاظ ابعاد نهادی و سپس ابعاد کالبدی ـ وضعیت نامناسب‌تری دارد. رضایی (۱۳۹۳) در پژوهش خود با ارزیابی تاب آوری اقتصادی و نهادی محله های شهر تهران در برابر زلزله، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که شاخص میزان خسارت و شاخص ظرفیت جبران خسارت از بعد اقتصادی، دارای بیشترین اهمیت و شاخص عملکرد نهادی و شاخص توانایی بازگشت از نظر اهمیت در شرایط متوسط و شاخص‌های بستر نهادی و روابط نهادی دارای اهمیت کمتری هستند. پریور و همکاران (۱۳۹۲) با موضوع بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب آوری محیط زیست شهری، با استفاده از روش تحقیق تحلیل ثانوی نشان دادند که اتخاذ چنین رویه ای در مطالعات مرتبط با تاب آوری شهری، به برنامه ریزان برای اتخاذ تصمیماتی جهت حفظ و ارتقاء فرصت‌های موجود و بالقوه و خدمات اکوسیستمی در شهر کمک می‌کند.

مبانی نظری

امروزه عمدتاً شهرها در مکان‌هایی ایجاد شده‌اند که به لحاظ مخاطرات طبیعی در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی یا به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در معرض انواع سوانح انسانساخت هستند. نگاهی که تاکنون در مدیریت سوانح و مدیریت شهری وجود داشته، بیشتر نگاه مقابله ای و کاهش آسیب بوده است. در این میان، تاب آوری، مفهوم جدیدی است که بیشتر در مواجهه با ناشناخته‌ها و عدم قطعیت‌ها به کار برده می‌شود (فرزاد بهتاش؛ ۱۳۹۲: ۳۳). با توجه به مفهوم کلی تاب آوری و تعریف‌های آن و روش‌هایی که برای درک سیستم‌های دینامیک و انطباق جوامع با مخاطرات و سوانح طبیعی و تبیین ابعاد کالبدی و زیرساختی جوامع ایجاد می‌کند، رویکردهای مفهومی تاب آوری را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: جدول(۱).

جدول(۱). رویکردهای مفهومی تاب آوری

پایداری	این رویکرد در مطالعات اکولوژیکی- که تاب آوری را توانایی بازگشت به حالت قبل تعریف می‌کند- بسط یافته و تاب آوری را به صورت مقدار اختلالی که یک سیستم قبل از این که به حال دیگری منتقل شود می‌تواند **تحمل یا جذب** کند، تعریف می‌کند. (میزان مقاومت در برابر اختلال)
بازیابی	این رویکرد درباره توانایی جامعه برای بازگشت به گذشته از تغییر یا عامل فشار و برگشت به حالت اولیه آن است و معیاری است که با زمان صرف شده، یک جامعه برای بازیابی از تغییر اندازه گیری می‌شود.
گذار	بیشتر در ارتباط با تاب آوری اجتماعی و ظرفیت جامعه برای واکنش به تغییر است که به جای بازگشت ساده به حالت قبل می‌تواند به معنای تغییر به حالت جدید باشد که در محیط موجود پایدارتر است. این رویکرد بیشتر در ارتباط با سازگاری و انطباق جوامع با حوادث است. در سیستم اجتماعی- اکولوژیکی تاب آور، اختلال، پتانسیلی برای ایجاد فرصت جهت تجربه کارهای جدید برای نوآوری و توسعه پدید می‌آورد که با مفاهیمی مانند نوسازی، احیا و خودسازماندهی همراه است.

جنبه مشترک در همه رویکردهای تاب آوری، توانایی ایستادگی و واکنش مثبت به فشار یا تغییر است. از میان رویکردهای مفهومی، دو رویکرد پایداری و بازیابی دارای درکی قطعی از تاب آوری هستند؛ بطوریکه آن‌ها تاب آوری یک جامعه (فرد یا سیستم اکولوژیکی) را یک ویژگی ذاتی در نظر می‌گیرند که آن‌را قادر می‌سازد با یک عامل فشار انطباق پیدا کند یا نکند. این دو رویکرد بر این نکته تاکید می‌کنند که جامعه به عنوان یک کل، یا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

تاب آور است یا تاب آور نیست اما در رویکرد سوم یعنی تاب آوری در مفهوم گذار، تفاوت بین تاب آوری اجتماعی و اکولوژیکی روشن می‌شود. تاب آوری اجتماعی ظرفیت افراد برای یادگیری از تجربه‌ها و شرکت آگاهانه در یادگیری در تعامل با محیط اجتماعی و فیزیکی- کالبدی را در نظر می‌گیرد. بنابراین به نظر هریریا و همکاران، این رویکرد به نقش افراد در شکل دادن به «خط سیر تغییر» اهمیت خاصی می‌دهد (Herreria et al., 2006: 135). همچنین، این رویکرد به دنبال شناسایی ویژگی‌های پویای جوامع و تعامل بین انسان- اکوسیستم است. و به جای تمرکز بر آسیب پذیری های جامعه به ظرفیت سازگاری آن توجه می‌کند. با این رویکرد جامعه تاب آور می‌تواند با استفاده از تجربه های تغییرات بوجود آمده به جای بقا و حفظ خود در برابر عامل فشار یا تغییر، به روش‌های نوآورانه ای به تغییرات واکنش نشان دهد. در حال حاضر تاب آوری راهی برای تقویت جوامع با استفاده از ظرفیت‌های آن‌ها مطرح می‌شود در سطح جهانی، دیدگاه غالب از تمرکز صِرف بر کاهش آسیب پذیری به افزایش تاب آوری در مقابل سوانح تغییر پیدا کرده است. براساس این نگرش برنامه های کاهش مخاطرات باید به دنبال ایجاد و تقویت ویژگی‌های جوامع تاب آور باشند و در زنجیره مدیریت سوانح به مفهوم تاب آوری نیز توجه کنند (Cutter et al., 2008: 3).

لغت تاب‌آوری از نظر ریشه و پیشینه به اوایل قرن هفدهم برمی گردد که باکُن۷ در سال ۱۶۲۵ در کتاب تاریخچه طبیعت برای اولین بار از واژه تاب آوری در آن استفاده کرد. بسیار بعد در سال ۱۸۵۴؛ تاب آوری به معنای مقاومت در برابر تأثیرات زلزله در بازسازی شهر شیمودا در جنوب غربی توکیو بکار برده شد اما اولین کاربرد جدی استفاده از کلمه تاب آوری، در مکانیک و در سال ۱۸۵۸ بود که ویلیام رنکین آن را برای توصیف قدرت و نرمی محورهای فولادی بکار برد (Alexander, 2013: 2710). در اصل به روز رسانی این مفهوم در سال ۱۹۷۳، توسط هولینگ و به طور خاص به تئوری سیستم‌ها در تحلیل پایایی مجموعه های بوم شناسی برمی گردد(Alexander,2013: 2709). همچنین باید گفت که اولین بار تاب‌آوری به‌صورت عملی توسط تیمرمن به حوزه مخاطرات طبیعی وارد شد(رضایی، ۱۳۸۹: ۴۸) در ترکیب معنایی جدید، تعریف تاب آوری در کاهش خطر مخاطرات این‌گونه است: "توانایی سیستم، جامعه و یا اجتماع در معرض ریسک به منظور استقامت، تحمل ضربات، سازگاری و بازسازی تأثیرات ریسک با روشی بموقع و موثر که شامل حفظ و ترمیم ساختارها و وظایف پایه حیاتی می‌باشد."

چالش‌های اندازه گیری تاب آوری: تعیین و توسعه شاخص‌های تاب آوری کار سختی است و با ماهیت پیچیده تاب آوری سروکار دارد. بدین جهت ارزیابی تاب اوری شهری نیز بسیار پیچیده می‌نماید شاخص‌های متعددی که تاکنون در عمل برای ارزیابی خصوصیات تاب اوری ارایه شده‌اند در دو مقوله قرار می‌گیرند:

۱- شاخص‌های پایداری، مقاومت و استحکام را می‌توان با رویکرد برآیند محور برای اندازه گیری کارایی روش و عمل ارزیابی کرد. شاخص‌های کیفی مذکور در پژوهش حاضر در قالب ۱۳ معیار اصلی، کمّی سازی گردیده و جهت طراحی سناریوی تاب آوری کالبدی بکار گرفته شده‌اند.

۲- شاخص‌های سازش، حساسیت و توانایی بازیابی را می‌توان با رویکرد فرایند محور برای پایش پیشرفت مراحل کار ارزیابی کرد.

---

7 - Bacon

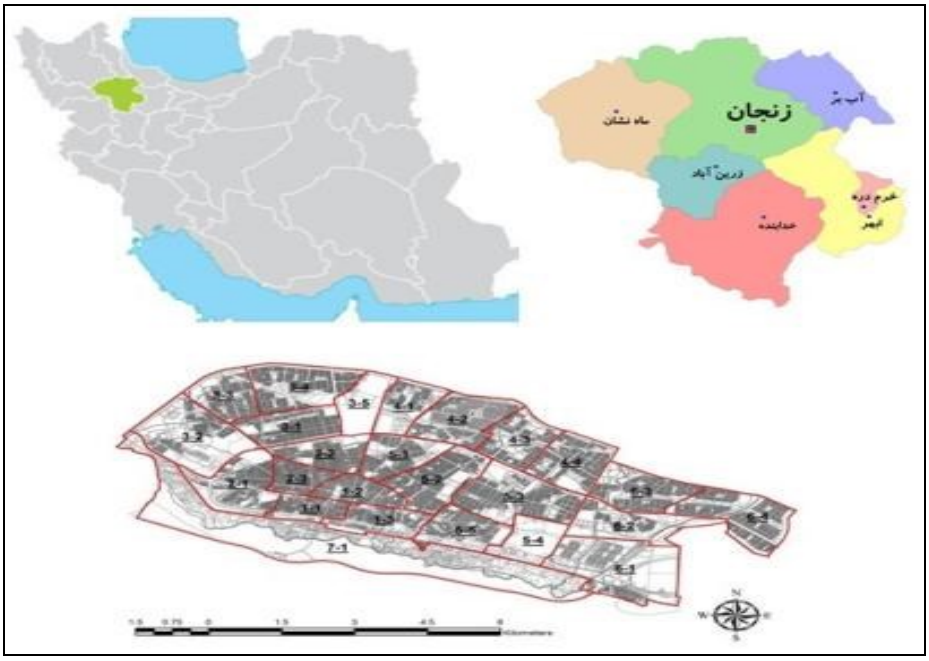
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

بنابر مبانی بیان شده، این پژوهش بر مبنای تاب آوری در مفهوم پایداری با رویکرد برایند محور و شاخص‌های کیفی پایداری، مقاومت و استحکام مسیر عملیاتی و تحلیلی خود را انتخاب نموده و با استناد به این تعریف از تاب آوری برایند به صورت توانایی مقاومت در برابر شوک‌ها، مجموعه معیارها و زیر معیارهای کلی و جزئی بکار گرفته شده را تعریف و تعیین می‌نماید.

روش تحقیق

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

این تحقیق از نظر هدف کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش، مبتنی بر روش‌های توصیفی، تحلیلی است. بدین ترتیب که در مراحل مطالعات مقدماتی و شناخت محدوده و تبیین مسئله و اهداف از مطالعات اسنادی و در مرحله اصلی و شناخت متغیرهای تحقیق و اندازه گیری شاخص‌ها از مطالعات میدانی و معیاری و در ارزیابی و سناریوسازی از روش توصیفی- تحلیلی استفاده شده است. جامعه آماری مورد مطالعه، تمام نواحی منطبق بر طرح تفصیلی پیشنهادی شهر زنجان می‌باشد. کل نمونه‌ها در قالب ۹۷۹۱۹ پلاک شهری در دل ۲۳ ناحیه درون شهری قرار گرفته‌اند که کل محدوده قانونی شهر زنجان را شامل می‌شود شکل(۱).



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی شهر زنجان

برای آنکه داده‌ها و اطلاعات بدست آمده از طریق مطالعات کتابخانه ای و میدانی به تجزیه و تحلیل و در انتها نتیجه گیری منجر گردد؛ بدین طریق انجام می‌شود که داده های توصیفی جمع آوری شده ابتدا بصورت معیار و زیرمعیار دسته بندی شده و به تفکیک در سطح نواحی بعد از مرتب کردن در ماتریس‌های مدل تصمیم

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

گیری چند معیاره تودیم وارد شدند. پس از تحلیل در قالب یک ماتریس نهایی به تفکیک ناحیه استخراج گردیدند. سپس خروجی نهایی این تحلیل، به نرم افزار Arc GIS لینک شده و به صورت پایگاه داده درآمدند. در مرحله بعد با انجام تحلیل‌های نرم افزاری، تولید داده های فضایی در قالب سِری نقشه های موضوعی، ارزیابی و پهنه بندی در Arc GIS آغاز شده و نهایتاً به صورت لایه های خروجی آماده می‌گردند. از این جا به بعد مرحله طراحی سناریوی تاب آوری کالبدی در برابر زلزله در مقیاس مرکالی در شدت‌های ۵ تا ۸ آغاز می‌شود.

در مقالهٔ حاضر با در نظر داشتن میزان تاثیر هر یک از عناصر و زیرمعیارهای مربوط و تعیین اهمیت مقداری هر یک از عوامل بکار رفته جدول(۲) و با استفاده از روش‌های موجود در این زمینه از جمله روش متوسط درجه تاب آوری در نهایت به طراحی سناریو در شدت‌های مختلف زلزله، بصورت ناحیه و پلاک پرداخته شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]

[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

جدول (۲) معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی و تحلیل تاب آوری کالبدی در سطح نواحی شهر زنجان

معیارهای ارزیابی تاب آوری کالبدی															
نمای بنا	شیب (درصد)	سازگاری کاربری	تعداد واحد	فاصله از گسل به متر	دانه بندی به متر	تراکم ساختمانی به درصد	ضریب محصوریت به متر	سطح اشغال به متر	تعداد طبقات	عمر بنا سال	کیفیت بنا	نوع سازه	معیار اصلی		
۹	۹	۹	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۳	۳	۲	۱	اولویت معیار در تحلیل و سناریو		
زیر معیار													وزن زیرمعیار	درجه تاب آوری	
سیمان	۱- ۰	کاملا سازگار	بدون واحد	بیش از ۴۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰	۱۲۰- ۷۰	بیش از ۱۰	کمتر از ۴۰	۱ طبقه	۱۰ تا ۵	نوساز	اسکلت فلزی	۹	تاب آوری بالا	
آجرنما	۲- ۱	سازگار	تک واحدی	۴۰۰۰- ۳۰۰۰	۱۰۰۰- ۷۰۰	۱۲۰-۱۸۰	۱۰- ۵	۶۰- ۴۰	۲ طبقه	۲۰ تا ۱۰	قابل نگهداری	اسکلت بتونی	۷	تاب آوری متوسط	
سنگ	۵- ۲	نسبتا سازگار	دو واحدی	۳۰۰۰- ۲۰۰۰	۷۰۰ - ۵۰۰	۱۸۰-۲۴۰	۵- ۲	۸۰- ۶۰	۳ طبقه	۳۰ تا ۲۰	مرمتی	آجر و آهن	۵	تاب آوری جزئی(ضعیف)	
پنل آلومینیم	۱۰- ۵	نسبتا ناسازگار	سه واحدی	۲۰۰۰- ۱۰۰۰	۵۰۰- ۳۰۰	بیش از ۲۴۰	۲- ۱	۱۰۰- ۸۰	۴ طبقه	بیش از ۳۰	تخریبی	بلوک سیمانی	۳	تاب آوری بسیار ضعیف	
فاقد نما	بیش از ۱۰	ناسازگار	۴ واحدی	۱۰۰۰- ۵۰۰	۳۰۰- ۲۰۰	-	۱- ۰/۵	-	۵ طبقه	-	بنای تاریخی	خشت و چوب			
درب و کرکره	-	کاملا ناسازگار	۵ واحدی	کمتر از ۵۰۰	۲۰۰- ۱۰۰	-	-	-	۶ طبقه و بیشتر	-	-	ترکیبی	۱	فاقد تاب آوری	
شیشه	-	-	۶ و بیشتر	-	۱۰۰- ۵۰	-	-	-	-	-	-	-			

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

جدول(۳). ماتریس مقایسه دودویی تاب آوری نواحی براساس اولویت بندی معیارهای منتخب با تحلیل AHP

معیارهاي ارزيابي تاب آوري	نوع سازه	کیفیت ابنیه	عمر بنا	تعداد طبقات	سطح اشغال بنا	ضریب محصوریت	سطح تراکم ساختمان	کلاس دانه بندي	فاصله از خط گسل	تعداد واحد در ساختمان	میزان سازگاري کاربریها	میزان شیب	نماي بنا	وزن نهايي
نوع سازه	۱	۲	۳	۳	۵	۵	۵	۷	۷	۷	۹	۹	۹	۰.۲۴۲
کیفیت ابنیه	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۳	۳	۵	۵	۵	۷	۷	۷	۹	۹	۰.۱۹۳
عمر بنا	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۲	۳	۵	۵	۵	۷	۷	۹	۹	۰.۱۴۷
تعداد طبقات	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۵	۵	۷	۹	۰.۰۹۷
سطح اشغال بنا	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۳	۳	۳	۳	۵	۵	۷	۰.۰۸۲
ضریب محصوریت	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۲	۳	۳	۳	۵	۵	۰.۰۶۰
سطح تراکم بنا	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۵	۰.۰۴۵
کلاس دانه بندي	۰.۱۴۲۹	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۲	۲	۳	۵	۰.۰۳۷
فاصله از خط گسل	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۳	۳	۳	۰.۰۳۱
ت واحد در طبقه	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۲	۳	۰.۰۲۴
میزان سازگاري کاربریها	۰.۱۱۱۱	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۲	۰.۰۱۸
میزان شیب	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۴۲۹	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۱	۲	۰.۰۱۴
نماي بنا	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۴۲۹	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۰۰	۱	۰.۰۱۱

نسبت سازگاری	0.04202	سطح اطمینان	YES

منبع : پژوهشگران، ۱۳۹۵

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

بعد از این مرحله برای تهیه نقشه با استفاده از تحلیل AHP؛ لایه رستری ۱۳ معیار اصلی در نرم افزار GIS Arc فراخوانی شده و سپس وزن‌های بدست آمده از طریق نظر کارشناسان روی هم گذاری (اُوِرلی) گردیدند در این نقشه میزان تاب آوری در ۵ درجه، از تاب آوری بسیار ضعیف تا تاب آور تقسیم بندی شده است. در مرحله بعد نقشه حاصل از تحلیل AHP، به عنوان مبنای منطق فازی قرار گرفته تا بتوان ارزش تاب آوری پلاک‌های شهری را بین صفر و یک استخراج کرد. در واقع میزان تاب آوری بین صفر (پلاک‌های بدون ارزش) و یک (پلاک‌های دارای ارزش) بوده است یعنی اعداد هر چقدر به صفر گرایش داشته؛ دارای تاب آوری بسیار ضعیف و هر چقدر به سمت یک میل پیدا کنند نشانگر تاب آور بودن هست.

از آنجایی که تحلیل حاصل از منطق فازی فاقد رتبه بندی مشخص جهت ارزیابی تاب آوری می‌باشد. لذا نیاز به طبقه بندی مجدد جهت انتقال ارزش‌های منطق فازی به طبقات جدید وجود دارد. که در این مرحله محقق برای دستیابی به درجه تاب آوری مشخص در سطح ناحیه، طبقه بندی مجدد خود را براساس جدول(۴) اعمال می‌کند.

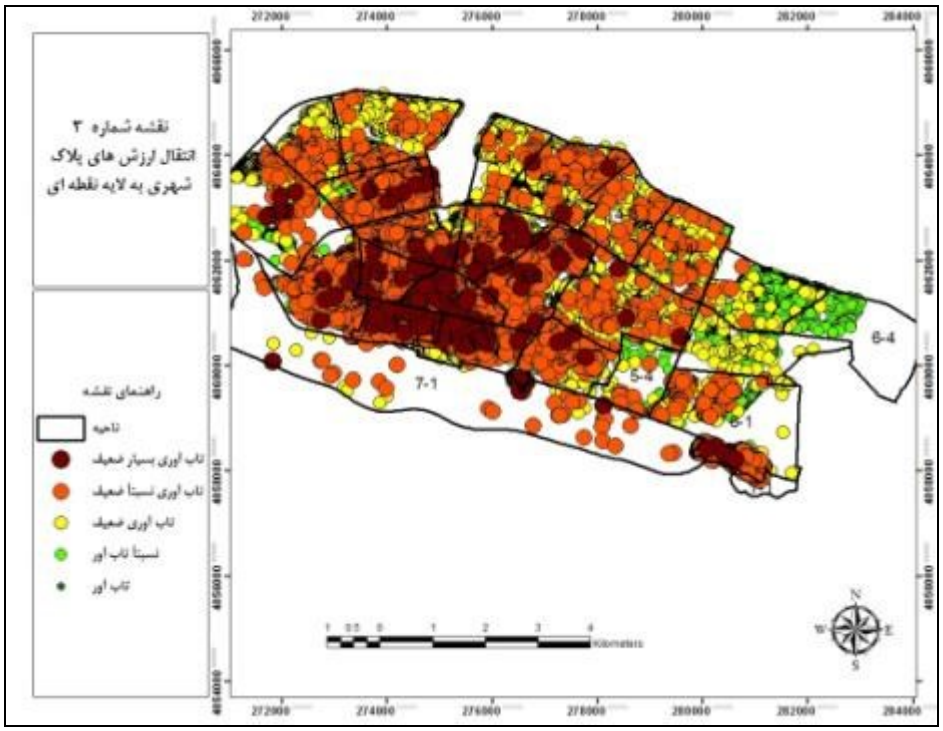
جدول(۴). طبقه بندی مجدد ارزش‌ها جهت دستیابی به درجه تاب آوری مشخص

ردیف	طبقه بندی	شرح
۱	۰ -۰,۲	تاب آوری بسیار ضعیف
۲	۰,۲ – ۰,۴	تاب آوری نسبتاً ضعیف
۳	۰,۴ – ۰,۶	تاب آوری ضعیف
۴	۰,۶ – ۰,۸	نسبتاً تاب آور
۵	۰,۸ – ۱	تاب آور

در این مرحله لازم است ارزش‌های پلاک شهری برای مقدمات سناریوی تاب آوری کالبدی از لایه پلیگونی به لایه نقطه ای انتقال داده شوند. قابل ذکر است که در انتقال ارزشِ همهٔ پلاک‌های شهری به لایه نقطه ای، ارزش اراضی خالی، بایر و مخروبه حذف نشده و ارزش‌های آن‌ها هنوز پایدار هستند. در ادامه ارزش اراضی خالی، بایر و مخروبه حذف می‌گردند چرا که تاب آوری برای آن‌ها معنایی ندارد.

در لایه نقطه ای میزان تاب آوری در ۵ گروه بسیار ضعیف تا تاب آور تقسیم بندی شده است. در ادامه برای انجام محاسباتِ فرمول‌های مقیاس مرکالی زلزله، نتایج حاصل از انتقال ارزش‌ها به لایه نقطه ای، از محیط Arc GIS به نرم افزار Excel انتقال داده شده و سپس براساس نتایج فوق، میزان تاب آوری کالبدی در سطح نواحی در شدت‌های ۵ الی ۸ در مقیاس مرکالی اصلاح شده، استخراج می‌گردد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]



شکل(۲). انتقال ارزش‌های پلاکی پلیگونی به لایه نقطه ای

طراحی سناریو برای تحلیل تاب آوری شهر در برابر شدت‌های مختلف زلزله

سناریوها، ابزاری برای آزمونِ تصمیماتی هستند که اثری بر آینده خواهند داشت. عمل برنامه ریزی معمولاً بر درک اهداف و مسیرهای دستیابی به آن‌ها تمرکز دارد. برنامه ریزی مبتنی بر سناریو می‌تواند سخت گیری و عدم انعطاف پذیری برنامه ریزی مرسوم را با هدف شکست اختلال، دور بزند. سناریوها می‌توانند احتمالات را شناسایی و مورد بررسی قرار دهند این دقیقاً سازگاری با تغییر و به تبع آن تاب آوری است که برای ارائه محیط‌های شهری پایدار ضروری می‌باشد. تکنیک‌های مدرن آنالیز سناریو گرایش به تلفیق مدل‌های کمی و کیفی دارند.

یکی از مهم‌ترین سناریوها براساس مدل‌های ریاضی، که می‌توان در ارزیابی تاب آوری کالبدی؛ سنجش میزان مقاومت و تأثیر در برابر شدت زلزله به کار بست براساس درجات مختلف مقیاس مرکالی اصلاح شده است. برای ارزیابی دقیق لازم است که با استفاده از روش میزان متوسط مقاومت به طراحی سناریوهای زلزله برای شدت‌های مختلف پرداخت. بدین منظور از طریق رابطه(۱) به محاسبه متوسط دامنه تاب آوری و مقاومت ساختمان‌ها در برابر شدت‌های مختلف زلزله پرداخته می‌شود.

رابطه(۱):

$$\infty_R = 2.5\left[1+\tanh\left[\left(\frac{I+6.25\,\bar{R}i-13.1}{2.3}\right)\right]\right.$$

∞_R نشانگر متوسط درجه تاب آوری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

Tanh: تانژانت هیپربولیک برای توصیف حرکت موج در اجسام کشسان به کار می‌رود نظیر: خطوط انتقال نیرو

I: نشانگر شدت زلزله براساس واحد مرکالی اصلاح شده.

$\bar{R}i$: میزان تاب آوری حاصله از اعمال روش تحلیل سلسله مراتبی و چندمعیاری.

با توجه به این رابطه دامنه تاب آوری هر واحد ساختمانی را می‌توان در ۶ گروه عمده طبقه بندی کرد جدول(۵).

جدول(۵). درجه بندی دامنه تاب آوری کالبدی و میزان مقاومت ساختمان‌ها

درجه	شرح	محدوده (دامنه)	مقدار مقاومت هر ساختمان ٪
R5	۰.۸ - ۱	تاب آوری کامل	۱۰۰
R4	۰.۶ – ۰.۸	تاب آوری بالا	۵۰
R3	۰.۴- ۰.۶	تاب آوری متوسط	۳۰
R2	۰.۲ – ۰.۴	تاب آوری جزئی	۱۰
R1	۰.۰ – ۰.۲	تاب آوری بسیار ضعیف	۵
R0	۰	فاقد تاب آوری	۰

معمولاً با توجه به محاسبات انجام شده، احتمال این که ساختمان‌هایی دارای درجه مقاومت ۱۰۰ باشد ضعیف است، لذا در اکثر موارد درجه مقاومت ساختمان‌ها در ۵ گروه در نظر گرفته می‌شود که در پژوهش حاضر در سه سناریوی مختلف زلزله با شدت‌های ۵، ۷ و ۸ مرکالی انجام گرفته است. مقیاس مرکالی، تأثیر زلزله را بر اجسام روی زمین اعم از سازه‌ها – انسان‌ها – طبیعت و ... از I (غیر قابل احساس) تا XII (تخریب کامل) تعیین کمیت می‌کند. مقیاس فوق یک پارامتر مهندسی بوده که از ۱ تا ۱۲ درجه‌بندی شده و هنگامی که تصویر دقیقی از میزان خسارت‌های وارده به عمل آمد، می‌توان شدت زلزله را تخمین زد.

نتایج

تحلیل سناریوی تاب آوری کالبدی برمبنای مقیاس مرکالی ۵ در سطح نواحی شهر زنجان

نتایج به دست آمده از جدول(۶) تحلیل تاب آوری کالبدی بر مبنای مقیاس مرکالی ۵ در سطح نواحی نشان می‌دهد که میزان مقاومت ساختمان‌ها براساس این مرکالی نسبت به سایر شدت‌ها بیشتر بوده است. طبق شکل(۳) در یک زلزله احتمالی با مرکالی ۵، کمترین مقاومت ساختمان‌ها در ناحیه منطبق بر محلات ترانس و بی‌سیم، با ۱۱,۵۳ درصد و ۸,۵ هکتار ، نانوایان با ۵,۲۸ درصد و ۳,۳۶ هکتار، سعدی وسط و صفا با ۴,۹۲ درصد و ۶,۴ هکتار می‌باشد. همچنین مطابق نتایج، تاب آوری بالا در نواحی منطبق بر نانوایان با ۳۷,۷۱ درصد و ۲۴ هکتار، پارک ملت با ۳۲,۷۹ درصد و ۴۲,۶ هکتار، گلشهر و کاظمیه با ۳۱,۱۵ درصد و ۴۶,۰۵ هکتار و تاب آوری متوسط در نواحی منطبق بر امجدیه و یِدّی بوروغ با ۸۷,۳۹ درصد و ۷۰,۳۸ هکتار، بازار و حسینیه با ۸۳,۱۳ درصد و ۶۹,۰۸ هکتار بوده است. نوسازی بافت قدیمِ منطبق بر محلات بازار و حسینیه، رعایت آیین

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

نامه های طراحی ساختمان‌ها در شهرک‌های جدیدالاحداث در برابر زلزله اثر بخشی مثبتی از خود برجای گذاشته است. طبق جدول، دامنه فاقد تاب آوری، صفر حاصل شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهند که غالب عناصر کالبدی در سطح اکثر نواحی در این مرکالی، مقاوم بوده و در صورت وقوع زلزله در این مقیاس تخریب بسیار جزئی بوجود خواهد آمد.

شکل(۳). سناریوی تاب آوری کالبدی در شدت مرکالی ۵

تحلیل سناریو تاب آوری کالبدی برمبنای مقیاس مرکالی ۷ در نواحی شهر زنجان

شدت مرکالی ۷ در واقع آغازگر بیشترین اثرات تخریبی بر ساختمان‌ها نسبت به شدت‌های ۵ و ۶ می‌باشد که این وضعیت را می‌توان در شکل(۴) و جدول(۶) سناریو با مطابقت دادن آن نسبت به دو نقشه قبلی، به وضوح مشاهده کرد. طبق نقشه در یک زلزله با شدت مذکور، بیشترین درصد ساختمان‌های تخریبی در نواحی منطبق بر محلات بازار و حسینیه با ۳۴,۱۵ درصد و ۵۰,۴۸ هکتار، مسجد یری با ۲۷,۲۴ درصد و ۳۸,۷۰ هکتار در بافت قدیم ، اسلام آباد با ۳۳,۴۵ درصد و ۴۳,۴۵ هکتار، بی‌سیم و ترانس با ۲۸,۷۵ درصد و ۴۸,۲۹ هکتار، سعدی وسط و صفا با ۲۸,۷۵ درصد و ۴۸,۲۹ هکتار در بافت میانی، در حالی که کمترین درصد ساختمان‌های تخریبی در نواحی منطبق بر محلات گلشهر کاظمیه با ۳۹,۴۲ درصد و ۳۲,۷۶ هکتار، پارک ملت با ۲۴,۸۰ درصد و ۳۲,۸۴ هکتار در بافت جدید بوده است. نامقاوم بودن مصالح، فرسودگی و بیشتر بودن عمر بنا، عدم رعایت ضوابط ساختمانی از عوامل موثر بر کاهش و جدیدالاحداث بودن، رعایت قوانین ساختمانی از عوامل موثر بر افزایش تاب آوری کالبدی است.

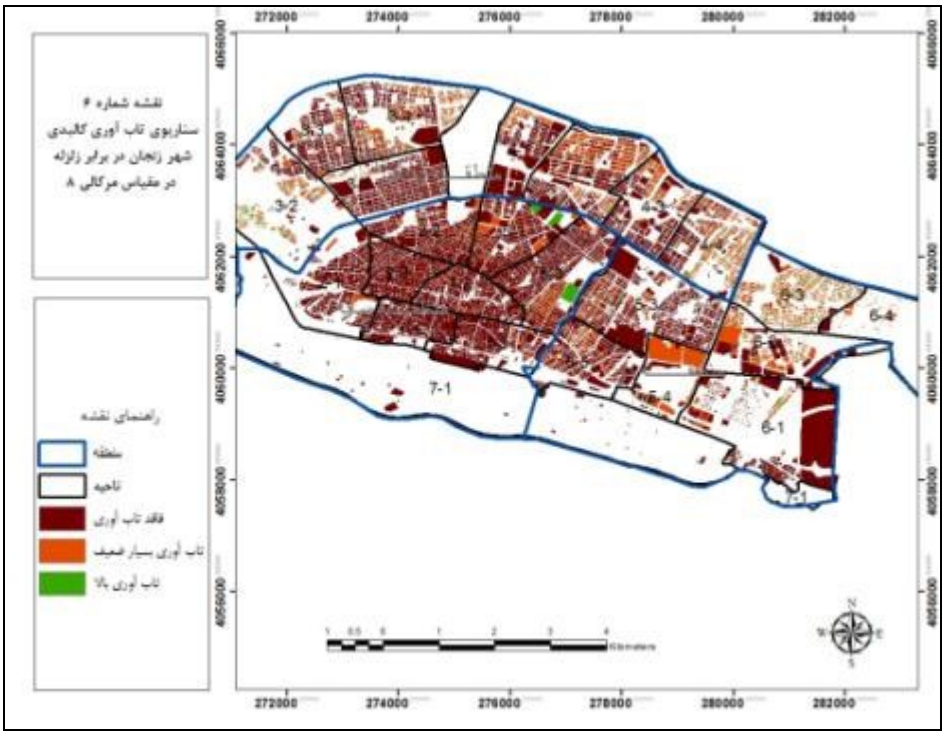
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

شکل (۴). سناریو تاب آوری کالبدی شهر زنجان در برابر زلزله در مرکالی ۷

تحلیل سناریو تاب آوری کالبدی برمبنای مقیاس مرکالی ۸ در سطح نواحی شهر زنجان

براساس نتایج حاصل شده از جدول(۶) در شدت مرکالی ۸ بطور مضاعفی بر میزان تخریب ساختمان‌ها افزوده می‌شود. توزیع فضایی بیشترین ساختمانِ تخریبی در مرکز بوده که از میزان آن به سمت اطراف کاسته می‌شود طبق این نقشه بیشترین درصد ساختمان‌های تخریبی با شدت ۸ مرکالی، در نواحی منطبق بر جنوب، مرکز و اطراف آن شامل بی سیم و ترانس با ۸۰,۳۶ درصد، یدی بوروغ با ۷۵,۹۷ درصد، سعدی وسط و زینبیه با ۷۵,۰۲ درصد، حسینیه و بازار با ۵۵,۰۴ درصد به عنوان بافت مرکزی، سعدی شمالی و صفا با ۶۹,۴۲ درصد، امجدیه و دروازه ارک با ۶۵,۸۶ درصد، اسلام آباد با ۵۲,۴۶ درصد بافت نزدیک به مرکز بوده است. درصد تاب آوری کالبدی در بافت‌های جدید متفاوت است. در نواحی منطبق بر شمال غربی شهر در محلات کوی فرهنگ با ۴۸,۴ درصد و الهیه با ۴۳,۳ درصد بوده در حالی که در نواحی منطبق بر شرق شهر این میزان در سایت کارگاهی با ۵۶ درصد و پونک با ۵۷,۷ درصد شده است. تاب آوری جزئی و متوسط، کاهش چشمگیری داشته که ۱,۳ درصد و ۱,۲۵ هکتار بافت مرکزی شامل محلات سعدی وسط و زینبیه و ۳,۷۶ درصد و ۳,۱۳ هکتار گلشهر کاظمیه را می‌شوند. در حقیقت وقوع زلزله در این شدت از حد فاجعه فراتر خواهد رفت و تقریباً غالب محلات شهر را تا مرز یکسان شدن با خاک پیش خواهد برد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]



شکل(۵). سناریوی تاب آوری کالبدی در شدت مرکالی ۸

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

جدول (۶). سناريو تاب آوری عناصر کالبدي در سطح نواحي شهر زنجان (هکتار- درصد)

مشخصات			سناريو تاب آوری کالبدي در سطح نواحي در مرکالي ۸						سناريو تاب آوری کالبدي در سطح نواحي در مرکالي ۷						سناريو تاب آوری کالبدي در سطح نواحي در مرکالي ۵					
			تاب آوری بالا		تاب آوری بسیار ضعیف		فاقد تاب آوری		تاب آوری بالا		تاب آوری بسیار ضعیف		فاقد تاب آوری		تاب آوری بالا		تاب آوری متوسط		تاب آوری جزئی	
نام محله	تعداد ساختمان		مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
الهيه	۶۴۴۸	۱-۱	۶۹.۲۵	۴۴.۹	۰.۰۰	۰.۰۰	۸۴.۷۷	۵۵.۰	۹۰.۱۸	۱۶۱.	۲.۸۲	۱.۹۱	۵۰.۴۸	۳۴.۱۵	۱۲.۰۷	۱۴.۵۳	۶۹.۰۸	۸۳.۱۳	۱.۶۷	۲.۰۱
كوي فرهنگ	۲۹۹۳	۲-۱	۸.۹۲	۹.۷۶	۱۲.۶۶	۱۳.۸	۶۸.۵۹	۷۵.۰	۸.۹۲	۹.۷۶	۵۹.۱۹	۶۴.۷	۹.۴۰	۱۰.۲۸	۸.۹۲	۹.۷۶	۷۳.۱۰	۷۹.۹۶	۹.۱۲	۹.۹۸
آزادگان - نصر -كوي فجر- ورزشگاه	۱۷۳۰	۳-۱	۲۵.۲۶	۲۲.۱	۱۲.۸۷	۱۱.۳	۷۵.۰۹	۶۵.۹	۷۰.۶۳	۴۹.۷	۲۸.۹۶	۲۰.۳	۳۸.۷۰	۲۷.۲۴	۲۵.۲۶	۲۲.۱۸	۸۳.۳۳	۷۳.۱۵	۵.۲۹	۴.۶۴
شهرک کارمندان- علوم پايه - كوي قائم	۳۸۳۴	۱-۲	۸۴.۹۹	۴۹.۹	۱۸.۴۰	۱۰.۸	۶۶.۶۶	۳۹.۱	۷۶.۵۳	۱۴۳.	۶۲.۰۴	۳۴.۹	۳۸.۵۴	۲۱.۶۹	۸۴.۹۹	۴۹.۹۶	۷۳.۲۴	۴۳.۰۵	۱۱.۵۶	۶.۷۹
زمينهاي نانوايان - شهرآرا	۳۱۷۳	۲-۲	۲۹.۷۰	۲۴.۴	۱۰.۹۷	۹.۰۴	۷۹.۹۳	۶۵.۸	۲۹.۷۰	۲۴.۴	۶۳.۶۴	۵۲.۴	۱۶.۲۹	۱۳.۴۲	۲۹.۷۰	۲۴.۴۷	۷۵.۳۷	۶۲.۱۱	۱۵.۶۱	۱۲.۸۶
اسلام آباد	۹۹۳۵	۳-۲	۳.۳۸	۴.۲۰	۱۵.۸۰	۱۹.۶	۶۱.۱۸	۷۵.۹	۶۹.۲۵	۴۴.۹	۴۹.۶۸	۳۲.۲	۳۵.۰۹	۲۲.۷۸	۳.۳۸	۴.۲۰	۷۰.۳۸	۸۷.۳۹	۶.۴۷	۸.۰۴
شهرک اميركبير- پايين كوه - زيباشهر	۲۹۷۲	۱-۳	۳۰.۰۲	۲۲.۶	۳۲.۸۴	۲۴.۸	۶۹.۴۷	۵۲.۴	۷۴.۳۸	۵۷.۲	۱۰.۶۵	۸.۲۰	۴۳.۴۵	۳۳.۴۵	۳۰.۰۲	۲۲.۶۷	۹۲.۳۲	۶۹.۷۱	۹.۴۶	۷.۱۴
كوي دانشگاه -كوي گلستان انديشه	۴۵۴۷	۲-۳	۱۲۹.۹۸	۷۱.۹	۴.۸۶	۲.۶۹	۴۵.۶۴	۲۵.۲	۱۲۹.۹	۷۱.۹	۱۸.۲۷	۱۰.۱	۲۷.۳۶	۱۵.۱۵	۱۳.۰۰	۲۰.۴۲	۲۳.۲۹	۳۶.۵۹	۲۴.۰۰	۳۷.۷۱
شهرک رجايي- امجديه- دروازه ارک	۴۸۲۸	۳-۳	۳۴.۱۸	۱۹.۳	۳۳.۵۱	۱۸.۹	۱۰۸.۹	۶۱.۶	۵۸.۸۱	۵۰.۱	۴۶.۲۰	۳۹.۳	۱۱.۶۰	۹.۸۸	۵۸.۸۱	۵۰.۱۲	۴۶.۹۴	۴۰.۰۰	۱۱.۶۰	۹.۸۸
قدس-كوچه مشكي- سعدي شمالي- صفا	۴۱۴۴	۴-۳	۷۶.۵۳	۴۳.۰	۰.۵۳	۰.۳۰	۱۰۰.۵	۵۶.۶	۸۴.۹۹	۴۹.۹	۵۴.۷۶	۳۲.۱	۱۱.۹۰	۶.۹۹	۷۶.۵۳	۴۳.۰۸	۶۲.۵۷	۳۵.۲۲	۳۷.۴۵	۲۱.۰۸
ترانس- زمينهاي بنياد- بي سيم- اعتماديه	۱۱۴۰۶	۱-۴	۴۱.۴۲	۳۵.۲	۸.۳۳	۷.۰۹	۶۷.۶۴	۵۷.۶	۴۱.۴۲	۳۵.۲	۵۶.۸۳	۴۸.۴	۱۰.۸۱	۹.۲۱	۴۱.۴۲	۳۵.۲۸	۶۵.۱۶	۵۵.۵۱	۱۰.۵۴	۸.۹۸
پادگان -درمانگاه-كوي فاطميه -	۶۴۱۴	۲-۴	۵۸.۸۱	۵۰.۱	۰.۷۴	۰.۶۳	۵۷.۷۹	۴۹.۲	۱۱.۹۰	۱۱.۸	۶۹.۷۷	۶۹.۳	۵.۳۲	۵.۲۹	۴۶.۰۳	۲۷.۴۱	۷۳.۶۴	۴۳.۸۴	۴۷.۳۹	۲۸.۲۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

	آشاغي قبرستان																			
۳-۴	يدي بوروغ -گونيه	۶۲۶۲	۴۸.۶۷	۳۸.۲	۷.۶۳	۶.۰۰	۷۰.۹۲	۵۵.۷	۴۸.۶۷	۳۸.۲	۵۲.۸۲	۴۱.۵	۱۸.۰۹	۱۴.۲۲	۴۶.۶۷	۳۷.۲۷	۶۰.۴۵	۴۸.۲۸	۱۷.۸۹	۱۴.۲۹
۴-۴	وليعصر- شهريار-كوي منظريه- بهارستان- لاله	۶۲۴۲	۷۰.۶۳	۴۹.۷	۳.۸۱	۲.۶۸	۶۷.۶۶	۴۷.۶	۳۴.۱۸	۱۹.۳	۸۰.۴۵	۴۵.۵	۲۸.۴۹	۱۶.۱۲	۷۰.۶۳	۴۹.۷۰	۳۲.۷۷	۲۳.۰۶	۳۷.۳۷	۲۶.۳۰
۱-۵	گلشهر كاظميه	۳۷۲۷	۱۴.۹۷	۱۱.۵	۹.۰۳	۶.۹۵	۱۰۴.۵۱	۸۰.۳۶	۱۴.۹۷	۱۱.۵۱	۷۴.۲۹	۵۷.۱۳	۳۰.۲۲	۲۳.۲۴	۱۴.۹۷	۱۱.۵۱	۸۴.۸۶	۶۵.۲۵	۲۳.۸۱	۱۸.۳۱
۲-۵	زينبيه - سعدي وسط - قيرباشي	۴۷۲۶	۴۶.۰۳	۲۷.۴	۵.۲۶	۳.۱۳	۱۱۶.۵۹	۶۹.۴	۴۶.۰۳	۲۷.۴	۶۸.۳۰	۴۰.۶	۴۸.۲۹	۲۸.۷۵	۳۴.۱۸	۴۶.۱۵	۱۱.۴۰	۱۵.۴۰	۱۹.۹۵	۲۶.۹۳
۳-۵	ادامه گلشهر كاظميه - فازهاي ۶-۱۰	۲۸۰	۷۷.۳۰	۳۳.۳	۶.۳۹	۲.۷۵	۱۴۸.۲۶	۶۳.۸	۷۷.۳۰	۶۵.۵	۱۲.۶۹	۱۰.۷	۲۱.۳۷	۱۸.۱۲	۷۷.۳۰	۶۹.۰۱	۱۳.۳۴	۱۱.۹۱	۱۹.۷۶	۱۷.۶۴
۴-۵	قيصريه- محله بازار- حسينيه	۴۳۴۳	۷۴.۳۸	۵۷.۲	۱.۴۵	۱.۱۱	۵۴.۱۰	۴۱.۶	۳۰.۰۲	۲۲.۶	۵۹.۳۸	۴۴.۸	۱۰.۰۹	۷.۶۲	۷۴.۳۸	۵۷.۲۵	۱۲.۰۹	۹.۳۱	۴۲.۶۰	۳۲.۷۹
۵-۵	پونک	۳۸۰۰	۴۰.۲۷	۳۱.۰	۸.۷۸	۶.۷۷	۸۰.۲۷	۶۱.۹	۴۰.۲۷	۳۱.۰	۶۲.۹۵	۴۸.۵	۱۷.۳۲	۱۳.۳۶	۴۰.۲۷	۳۱.۰۶	۷۲.۰۶	۵۵.۵۸	۱۷.۲۹	۱۳.۳۴
۱-۶	مسجد يري- دباغلار- يوخاري قبرستان	۴۱۵۱	۱۴۳.۵۷	۴۸.۴	۲۲.۰۱	۷.۴۳	۱۳۰.۵۷	۱۴۴.	۱۴۳.۵۷	۷۴.۹	۱۱.۶۴	۶.۰۸	۱۴.۱۵	۷.۳۹	۱۴.۳۶	۳۳.۸۹	۱۳.۸۵	۳۲.۷۰	۱۲.۳۲	۲۹.۰۸
۲-۶	هنرستان- وحيديه- سرجنگلداري- صدا وسيما- انصاريه	۳۰۸۸	۱۲.۰۷	۱۴.۵	۳۲.۷۶	۳۹.۴	۳۵.۱۵	۴۲.۳	۳.۳۸	۴.۲۰	۵۴.۴۰	۶۷.۵	۶.۷۸	۸.۴۱	۶۹.۲۵	۴۴.۹۶	۴۹.۶۸	۳۲.۲۶	۳۴.۵۲	۲۲.۴۱
۳-۶	پارک ملت	۳۲۸	۹۰.۱۸	۶۱.۰	۴.۳۴	۲.۹۴	۵۳.۳۰	۳۶.۰	۱۲.۰۷	۱۴.۵	۳۳.۲۰	۳۹.۹	۱.۹۵	۲.۳۴	۹۰.۱۸	۶۱.۰۱	۷.۱۶	۴.۸۵	۴۶.۰۵	۳۱.۱۵
۴-۶	سايت كارگاهي- مهديه -كوي سايان	۲۵۱۳	۲۰۲.۷۵	۹۵.۳	۰.۰۰	۰.۰۰	۹.۹۸	۴.۶۹	۲۰۲.۷۵	۹۵.۳	۳.۸۹	۱.۸۳	۶.۰۹	۲.۸۶	۲۰.۲۷	۶۷.۰۲	۳.۸۹	۱۲.۸۶	۶.۰۶	۲۰.۰۳
۱-۷	كوي فاطميه- راه آهن به پايين- سه راه بيجار- پايينتر از كوي سايان	۷۲۰	۱۰۲.۶۹	۸۶.۵	۶.۳۹	۵.۳۹	۸.۹۳	۷.۵۳	۱۰۲.۶۹	۸۶.۵	۸.۵۲	۷.۱۸	۰.۴۱	۰.۳۴	۱۰۲.۶۹	۸۶.۵۸	۱۵.۵۱	۱۳.۰۸	۰.۴۱	۰.۳۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

با توجه به بررسی‌های بعمل‌آمده از مجموع ۱۳ معیار جهت تحلیل تاب آوری فیزیکی- کالبدی و نقشه های تولید شده بر مبنای سناریوهای طراحی شده، می‌توان وضعیت نهایی شهر زنجان را به این شرح بیان کرد:

نواحی منطبق بر محور شمالی شهر که به ترتیب محلات نانوایان، شهرآرا، کوی فرهنگ، الهیه، آزادگان، نصر، کارمندان، قائم، امیرکبیر و زیباشهر را شامل می‌شوند طبق سناریوها عموماً با درجه تاب آوری ضعیف و محلات گلستان اندیشه، کوی دانشگاه، گلشهرکاظمیه، پونک و سایت کارگاهی با درجه تاب آوری متوسط مشخص گردیده‌اند. نواحی مذکور علی رغم بافت نسبتاً جدید از نظر ساخت و ساز اغلب از نظر تاب آوری کالبدی و زیرساختی در وضعیت مطلوبی قرار ندارند. البته ممکن است که در برخی از معیارها به صورت مجزا سطح بالایی از تاب آوری را نشان دهند اما در بررسی همه جانبه از ابعاد کالبدی وضعیت نسبتاً نامطلوبی نشان می‌دهند.

نواحی منطبق بر نقاط مرکزی و قدیمی شهر که محلات سعدی وسط، زینبیه، قیرباشی، یدی بوروغ، گونیه، دروازه ارک، امجدیه، دیرمان ارخی، شهید رجایی، صفا، کوچه مشکی، قدس، منظریه، شهریار و اعتمادیه را شامل می‌شوند با درجه تاب آوری ضعیف و بسیار ضعیف ارزیابی گردیده‌اند. اغلب نواحی ذکر شده که بافت قدیم و تاریخی شهر را در اختیار دارند از نظر تاب آوری کالبدی و زیرساختی در وضعیت نامطلوبی قرار دارند. نواحی فوق در نقشه‌ها، حداقل بناها و پلاک‌های تاب آور را به صورت موردی نشان داده و این مسئله در بحث سناریوهای تاب آوری کالبدی، خطرپذیری این نواحی را دوچندان می‌کند و با این برایند، وضعیت نامطلوب را نشان می‌دهند.

نواحی منطبق بر محور جنوبی شهر که به ترتیب محلات آشاغی بلوار، درمانگاه، حسینیه، بازار، قیصریه، فردوسی، مسجد یری، دباغلار، هنرستان و سرجنگلداری را شامل می‌شوند با توجه اینکه بیشترین میزان بافت فرسوده و مسئله دار را در اختیار دارند با درجه تاب آوری بسیار ضعیف مشخص گردیده‌اند. این نواحی که کلا خاستگاه سکونتگاهی و نطفه شهر زنجان بشمار می‌روند متأسفانه در وضعیت بسیار نامطلوب قرار دارند و حتی در بحث سناریوهای تاب آوری کالبدی در مرکالی های پایین نیز میزان تخریب زیادی را نشان می‌دهند. بنابراین دلایل در بررسی همه جانبه وضعیت بسیار نامطلوب از نظر کالبدی وجود دارد.

نهایتاً طبق نقشه های سناریو، میزان تاب آوری در قسمت‌های مرکزی و جنوبی شهر ضعیف و بسیار ضعیف بوده و هر چه قدر به سمت شمال، غرب و شرق حرکت می‌کنیم بر میزان تاب آوری کالبدی نواحی افزوده می‌گردد. با این توضیحات و استدلال‌های بعمل‌آمده در جوابِ سؤالِ مطرح شده در مقاله، نهایتا می‌توان نامطلوب بودن نسبی تاب آوری کالبدی را تایید کرد. طوری که در نقشه های سناریو، هیچ ناحیه ای دامنه کاملاً تاب آور را به نمایش نمی‌گذارد و حتی در سناریوهای مرکالی ۷ و ۸ عملاً تاب آوری در دامنه فاقد تاب آوری و بسیار ضعیف قرار می‌گیرد و هیچ ناحیه‌ای در ارزیابی همه معیارها، تاب آور نشان نمی‌دهد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]

[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به سناریوهای طراحی شده در تاب آوری فیزیکی- کالبدی، به طور مشخص در سناریوی مرکالی ۵ غالب پلاک‌ها در سطح نواحی، درجه تاب آوری متوسط تا بالا را نشان می‌دهند و درجهٔ فاقد تاب آوری وجود ندارد. در شرح وضعیت این مرکالی، تخریب ابنیه وجود ندارد و در حد ترک برداشتن گچ بری‌ها خواهد بود اما قابل احساس بودن و سروصدای حاصل از زلزله، موجبات وحشت و نگرانی ساکنان را به ویژه در محلات ضعیف و کم دوام نظیر اسلام آباد و بی سیم که از دانه بندی ریزی نیز برخوردار هستند فراهم می‌آورد که در این زمینه حداقل می‌توان با تقویت تاب آوری ذهنی و اجتماعی و ارتقای آگاهی ساکنان مانع از بوجود آمدن خسارت گردید.

در سناریوی مرکالی ۷، غالب بناها در دامنه تاب آوری فاقد تاب آوری تا بسیار ضعیف قرار می‌گیرند. در ساختمان‌های دارای طراحی ویژه، تخریب جزیی و در ساختمان‌های ضعیف بویژه خشتی و اسکان غیر رسمی بسیار شدید است. دیوارهای جداکننده به خارج از قاب ساختمان پرتاب می‌شوند. اشیاء سنگین واژگون گردیده و خانه‌های اسکلت دار بر روی پِی حرکت می‌کنند. در این وضعیت اکثر ساختمان‌های به سبکِ بنّایی قدیم در محلات مرکزی و پرتردد نظیر سعدی وسط، انقلاب، قیرباشی و بازار تاب آوری لازم را نداشته و خسارات قابل ملاحظه‌ای دریافت خواهند کرد. تزریق اعتبار ویژه جهت مقاوم سازی به همراه تقویت تاب آوری ذهنی و اجتماعی و ارتقای آگاهی ساکنان از الزامات و تدابیر تاب آوری در این سناریو می‌توانند به شمار روند.

در سناریوی مرکالی ۸، غالب بناها در دامنه فاقد تاب آوری قرار می‌گیرند. در ساختمان‌هایی که طراحی ویژه شده‌اند، تخریب جدی بوده و ساختمان‌های اسکلتی خوب طراحی شده کج خواهند شد. خطوط لوله زیر زمینی شکسته و وحشت عمومی مردم را فرا گرفته و اکثر ساختمان کاملاً فرو می‌ریزند. سالم سازی دسترسی‌ها و توجه به ضریب محصوریت بناها و محلات، نوسازی و مقاوم سازی به همراه تقویت تاب آوری ذهنی و اجتماعی و ارتقای آگاهی ساکنان از الزامات و تدابیر تاب آوری در این سناریو می‌توانند به شمار روند. در نهایت موضوع مهم اینست که ساکنان این شهر باید زلزله را به عنوان جزء جدایی ناپذیر زندگی خود پذیرفته و به مثابه یک عارضه غریبه نگاه نکنند این دیدگاه حداقل باعث آمادگی نسبی آنان در مواقع وقوع زلزله خواهد شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]

[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]

منابع

احدنژاد روشتی، محسن(۱۳۸۸)، **مدل‌سازی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی شهر زنجان،** دانشگاه تهران، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، ص۲۶.

پریور، پرستو، فریادی شهرزاد و یاوری احمدرضا، صالحی اسماعیل، هراتی پگاه(1392) **بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب آوری محیط زیست شهری (نمونه موردی: مناطق 1و 3شهرداری تهران)**، فصلنامه محیط شناسی، سال 39:۱،.123-132

پژوهشکده سوانح طبیعی ایران. ۱۳۹۴. **چارچوب سندای برای کاهش خطرپذیری سوانح** ۲۰۳۰-۲۰۱۵. ترجمه سعیدی، بهنام؛ الهام فخری و حسن آزاده. انتشارات کتاب پدیده، ص۶.

داداش پور، هاشم، عادلی، زینب (1394). **سنجش ظرفیت‌های تاب آوری در مجموعه شهری قزوین،** دو فصلنامه مدیریت بحران، سال چهارم، 84-73:2.

ساسان پور فرزانه، آهنگری نوید، حاجی نژاد صادق (۱۳۹۶)، **ارزیابی تاب آوری منطقه ۱۲ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی،** تحلیل فضایی مخاطرات محیطی سال چهارم، شماره ۳، ص۸۵

فرزاد بهتاش، محمد رضا، پیربابایی، محمد تقی، کی نژاد، محمدعلی، عسگری علی(۱۳۹۲)، **ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه های تاب آوری کلان‌شهر تبریز،** نشریه هنرهای زیبا – معماری و شهرسازی، ۱۸(۳۳): ۲۲-۳۳.

رضایی، محمدرضا (۱۳۸۹)، **تبیین تاب آوری اجتماعات شهری به منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله) مطالعه موردی شهر تهران،** دانشگاه تربیت مدرس، رساله دکتری رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، صص ۵۰- ۴۵.

زمردیان، محمد جعفر (۱۳۸۱)، **ژئومورفولوژی ایران «فرایندهای ساختمانی و دینامیک های درونی»،** جلد ۱، دانشگاه فردوسی مشهد، ص۱۳۶.

محمدی سرین دیزج، مهدی، احدنژاد، محسن (۱۳۹۵) **ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله مورد مطالعه: شهر زنجان،** نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳(۱): ۱۱۴- ۱۰۳.

مهندسین مشاور شارمند. (۱۳۸۸). **نتایج طرح تفصیلی شهر زنجان، اداره کل راه و شهرسازی استان زنجان،** صص۱۱۰- ۱۰۵.

مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی (۱۳۹۳). **آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)** ویرایش ۴.

نصرآبادی، حمیده (۱۳۹۴)، **بررسی چالش‌های ارتقا میزان تاب آوری شهری مورد مطالعه منطقه ۳ و ۹ شهرداری مشهد،** دانشگاه فردوسی، پایان نامه کارشناسی ارشد، راهنما: امیدعلی خوارزمی

هادی، الهام (1395)، **سنجش برنامه ریزی کاربری اراضی در میزان تاب آوری شهری در برابر زمین لرزه مطالعه موردی: شهر بناب،** دانشگاه تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد، راهنما: محمدرضا پورمحمدی.

Alarslan, E.; (2009) **Disaster resilient urban settlements، A Doctoral dissertation submitted to the faculty of spatial planning of technical university of Dortmund**, pp: 56-66

Bingeman, K., Berke F., Gardner, J. S. 2004. Institutional responses to development pressures: **Resilience of social-ecological systems in Himachal Pradesh, India**, Int. Sustain. Dev. WmldEcoL, 11: 99-115. DOI:10,1080/13504500409469815

Caputo, S. (2015), **Urban resilience: a theoretical and empirical investigation**. PhD thesis. Coventry University, pp: 80-86

Cutter, S.L., L. Barnes, M. Berry, C.G. Burton, E. Evans, E.C. Tate and J. Webb. (2008a), **Community and Regional Resilience: Perspectives from Hazards, Disasters, and Emergency Management." CARRI Research Report 1**. Oak Ridge: Community and Regional Resilience Institute, http://www.resilientus.org/library/FINAL_CUTTER_9-25-08_1223482309.pdf

D, E, Alexander.(2013). **Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey**, Natural Hazards and Earth System Sciences. doi:10.5194/pp:2707- 2716

Godschalk, D. (2003). **Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. Natural Hazards Review**, 4, 136-143.

Dogulu, Canay Karanci, N. A. and Ikizer, G. 2016. **how do survivors perceive community resilience?** The case of the 2011earthquakes in Van, Turkey. Journal of Disaster Risk Reduction, 16: 108-114. DOI:10,1016/j.ijdrr.2016,02,006

Herreria, E. et al,(2006), **Assessing dependence on water for agriculture and social resilience, Canberra**: Bureau of Rural Sciences, p: 135.

Hyogo Framework for Action 2005-2015: **Building of Resilience of Nations and communities to Disasters**, World Conference on Disaster Reduction 18-22 January(2005), Kobe (www.unisdr.org).

Mainguy G,; Houssin L, Georges V, (2013), **Resilient infrastructure indicators- A review, Project Title: Reconciling Adaptation, Mitigation and Sustainable Development for Cities**, RAMSES PROJECT . 308497, 63- 71

Martinelli, D., Gian Paolo, C. and Vesna,T., Stephen, M. 2014. **Analysis of Economic Resiliency of Communities Affected By Natural Disasters: The Bay Area Case Study**. 4th International Conference on Building Resilience, Building Resilience,Economics and Finance, 18: 959–968.DOI: 10,1016/S2212-5671(14)01023-5.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.3.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.65]