

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: ۶۵-۸۵

مهدی محمدی سرین دیزج: استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری - دانشگاه پیام نور، تهران، ایران^۱

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 مرکزی ۷ و ۸، شهر در دامنه فاقد تاب آوری و بسیار ضعیف قرار می‌گیرد. تحلیل‌ها نشان می‌دهد طبق سناریوها، در هیچ کدام از نواحی، ثبات در تاب آوری 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

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 جغرافیایی 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 لرزه‌ها از اولویت و ریسک بالایی برخوردار هستند. از جمله 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 برنامه‌های 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 شهرهای کشور در حریم یک تا ۳۰ کیلو متری گسل‌ها قرار گرفته‌اند، این گروه از شهرها از نظر پهنه بندی خطر نسبی زلزله در پهنه با شتاب‌های بالا واقع اند (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۳۶) بر این مبنای، در این مقاله حداکثر فاصله عناصر کالبدی از خطوط گسل‌های فعال 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 زلزله‌های مخرب تاریخی در پیرامون آن و سایر شواهد تکتونیکی، در سطح بالا ارزیابی می‌شود. گما 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: زلزله‌های بوئین‌زهر 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 برابند از وضعیت موجود و در جهت همگرایی با تدابیر جهانی، این مقاله با قرار دادن مفهوم تاب آوری در کانون 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: بر مبنای معیارهای مورد نظر، شهر زنجان در سناریوهای تاب آوری کالبدی در برابر زلزله از چه وضعیتی برخوردار خواهد بود؟

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 سرمایه‌گذاری روی صنایع فردی در منطقه است. رومباچ و فولی^۵ (۲۰۰۹) 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 هیمالچال 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 مؤلفه‌های 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 عادل (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

توصیفی - تحلیلی - تطبیقی نشان دادند که در بین ابعاد مختلف تاب آوری، مجموعه‌ی شهری قزوین به لحاظ ابعاد نهادی و سپس ابعاد کالبدی - وضعیت نامناسب‌تری دارد. رضایی (۱۳۹۳) در پژوهش خود با ارزیابی تاب آوری اقتصادی و نهادی محله‌های 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 رویه‌ای 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 مقابله‌ای 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 احتمالی 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

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 روش های 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 صرف 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 برمی‌گردد که باکن ۷ 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 برمی‌گردد (Alexander, 2013: 2709). همچنین باید گفت که اولین بار تاب‌آوری به صورت 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 آوری شهری نیز بسیار پیچیده می‌نماید شاخص‌های متعددی که تاکنون در عمل برای ارزیابی خصوصیات تاب آوری ارائه شده‌اند در دو مقوله قرار می‌گیرند:

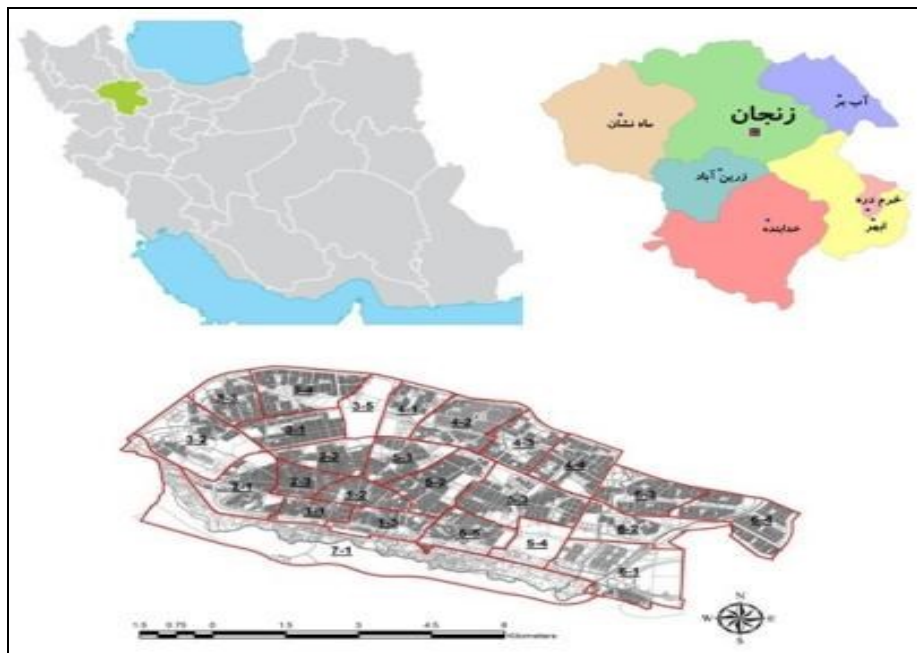
- ۱- شاخص‌های پایداری، مقاومت و استحکام را می‌توان با رویکرد برآیند محور برای اندازه گیری کارایی روش و عمل ارزیابی کرد. شاخص‌های کیفی مذکور در پژوهش حاضر در قالب ۱۳ معیار اصلی، کمی سازی گردیده و جهت طراحی سناریوی تاب آوری کالبدی بکار گرفته شده‌اند.
- ۲- شاخص‌های سازش، حساسیت و توانایی بازایی را می‌توان با رویکرد فرایند محور برای پایش پیشرفت مراحل کار ارزیابی کرد.

بنابر مبانی بیان شده، این پژوهش بر مبنای تاب آوری در مفهوم پایداری با رویکرد برابند 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 برابند 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 اندازه‌گیری 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 کتابخانه‌ای و میدانی به تجزیه و تحلیل و در انتها نتیجه‌گیری منجر گردد؛ بدین طریق انجام می‌شود که داده‌های توصیفی جمع‌آوری شده ابتدا بصورت معیار و زیرمعیار دسته‌بندی شده و به تفکیک در سطح نواحی بعد از مرتب کردن در ماتریس‌های مدل تصمیم

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 داده‌های فضایی در قالب سری نقشه‌های موضوعی، ارزیابی و پهنه بندی در Arc GIS آغاز شده و نهایتاً به صورت لایه‌های 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 مقاله 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.

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

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

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

وزن نهایی	نمای بنا	میزان شیب	میزان سازگاری کاربریها	تعداد واحد در ساختمان	فاصله از خط گسل	کلاس دانه بندی	سطح تراکم ساختمان	ضریب محصوریت	سطح اشغال بنا	تعداد طبقات	عمر بنا	کیفیت ابنیه	نوع سازه	معیارهای ارزیابی تاب آوری
۰.۲۴۲	۹	۹	۹	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۳	۳	۲	۱	نوع سازه
۰.۱۹۳	۹	۹	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۳	۳	۲	۱	۰.۵۰۰۰	کیفیت ابنیه
۰.۱۴۷	۹	۹	۷	۷	۵	۵	۵	۳	۲	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	عمر بنا
۰.۰۹۷	۹	۷	۵	۵	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	تعداد طبقات
۰.۰۸۲	۷	۵	۵	۳	۳	۳	۳	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	سطح اشغال بنا
۰.۰۶۰	۵	۵	۳	۳	۳	۲	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	ضریب محصوریت
۰.۰۴۵	۵	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	سطح تراکم بنا
۰.۰۳۷	۵	۳	۲	۲	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۱۴۲۹	کلاس دانه بندی
۰.۰۳۱	۳	۳	۳	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	فاصله از خط گسل
۰.۰۲۴	۳	۲	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	ت واحد در طبقه
۰.۰۱۸	۲	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۱۱۱	میزان سازگاری کاربریها
۰.۰۱۴	۲	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۱۴۲۹	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	میزان شیب
۰.۰۱۱	۱	۰.۵۰۰۰	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۳۳۳۳	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۲۰۰۰	۰.۱۴۲۹	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	نمای بنا
		نسبت سازگاری		0.04202		سطح اطمینان		YES						

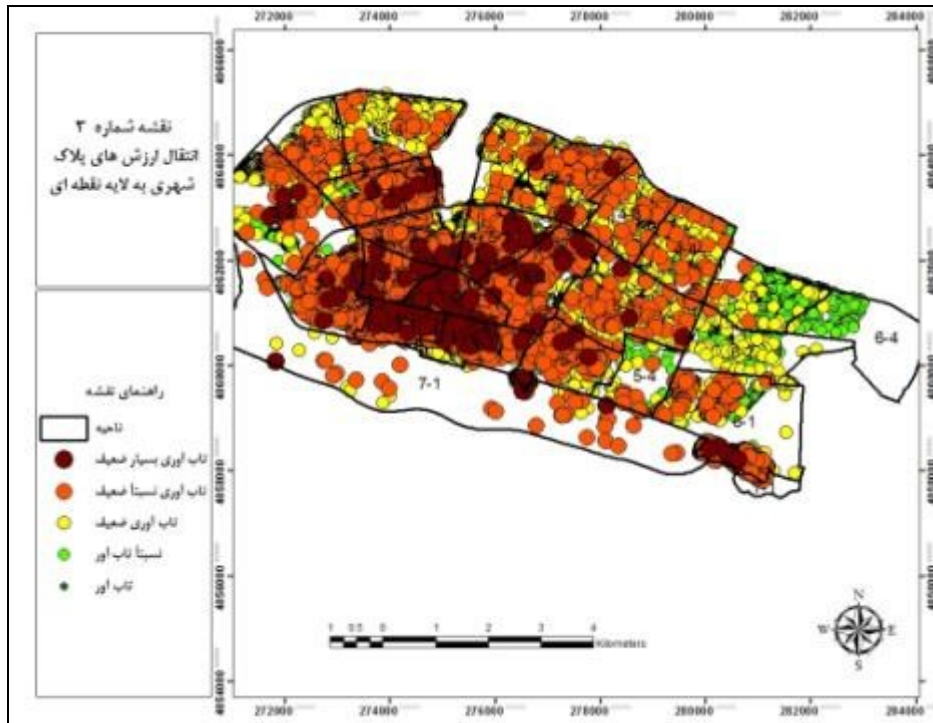
منبع: پژوهشگران، ۱۳۹۵

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 (اُورلی) 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 ارزش همه 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 محاسبات فرمول‌های مقیاس مرکالی زلزله، نتایج حاصل از انتقال ارزش‌ها به لایه نقطه ای، از محیط GIS Arc 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.



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

طراحی سناریو برای تحلیل تاب آوری شهر در برابر شدت های مختلف زلزله سناریوها، ابزاری برای آزمون 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 می تواند سخت گیری و عدم انعطاف پذیری برنامه ریزی مرسوم را با هدف شکست اختلال، دور بزند. سناریوها می توانند احتمالات را شناسایی و مورد بررسی قرار دهند این دقیقاً سازگاری با تغییر و به تبع آن تاب آوری است که برای ارائه محیط های شهری پایدار ضروری می باشد. تکنیک های مدرن آنالیز سناریو گرایش به تلفیق مدل های کمی و کیفی دارند.

یکی از مهم ترین سناریوها براساس مدل های ریاضی، که می توان 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 شدت های مختلف پرداخت. بدین منظور از طریق رابطه (۱) به محاسبه متوسط دامنه تاب آوری و مقاومت ساختمان ها در برابر شدت های مختلف زلزله پرداخته می شود.

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

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

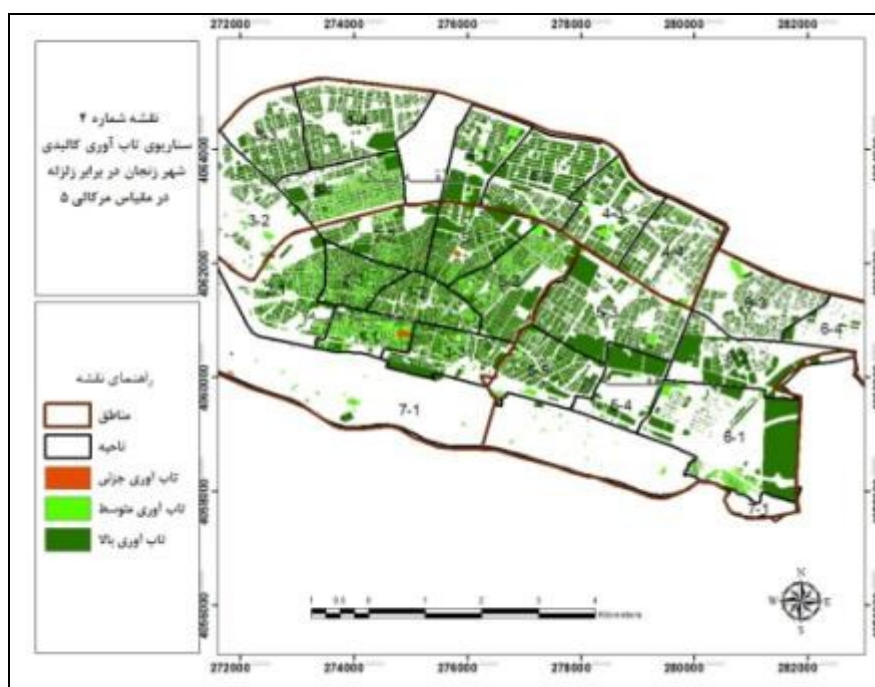
درجه	شرح	محدوده (دامنه)	مقدار مقاومت هر ساختمان %
R5	۰.۸-۱	تاب آوری کامل	۱۰۰
R4	۰.۶-۰.۸	تاب آوری بالا	۵۰
R3	۰.۴-۰.۶	تاب آوری متوسط	۳۰
R2	۰.۲-۰.۴	تاب آوری جزئی	۱۰
R1	۰.۰-۰.۲	تاب آوری بسیار ضعیف	۵
R0	۰	فاقد تاب آوری	۰

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 بر مبنای 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 پدّی بوروغ با ۸۷،۳۹ درصد و ۷۰،۳۸ هکتار، بازار و حسینییه با ۸۳،۱۳ درصد و ۶۹،۰۸ هکتار بوده است. نوسازی بافت قدیم منطبق بر محلات بازار و حسینییه، رعایت آیین

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 می دهند 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.



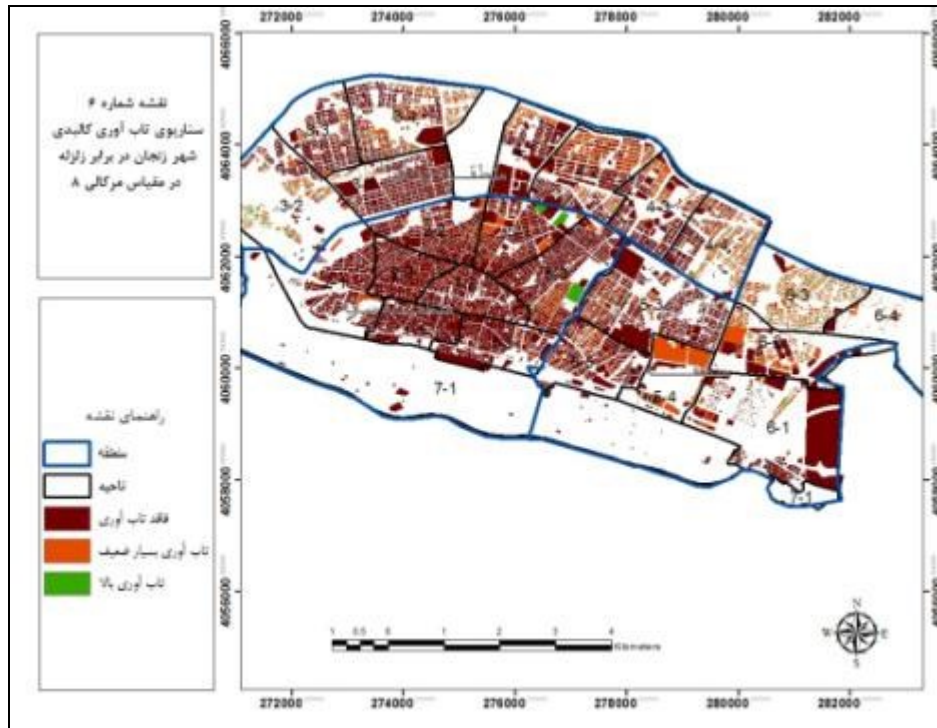
شکل (۳). سناریوی تاب آوری کالبدی در شدت مرکالی ۵

تحلیل سناریو تاب آوری کالبدی بر مبنای مقیاس مرکالی ۷ در نواحی شهر زنجان شدت مرکالی ۷ در واقع آغازگر بیشترین اثرات تخریبی بر ساختمانها نسبت به شدت های ۵ و ۶ می باشد که این وضعیت را می توان 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 پیری با ۲۷،۲۴ درصد و ۳۸،۷۰ هکتار در بافت قدیم، اسلام آباد با ۳۳،۴۵ درصد و ۴۳،۴۵ هکتار، بی سیم 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.



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

تحلیل سناریو تاب آوری کالبدی بر مبنای مقیاس مرکالی ۸ در سطح نواحی شهر زنجان بر اساس نتایج حاصل شده از جدول (۶) در شدت مرکالی ۸ بطور مضاعفی بر میزان تخریب ساختمان‌ها افزوده می‌شود. توزیع فضایی بیشترین ساختمان‌های 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، حسینییه 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.



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

تحليل تاب آوری فیزیکی - کالبدی نواحی شهری در برابر زلزله...

جدول (۶). سناریو تاب آوری عناصر کالبدی در سطح نواحی شهر زنجان (هکتار- درصد)

مشخصات		سناریو تاب آوری کالبدی در سطح نواحی در مرکالی ۸						سناریو تاب آوری کالبدی در سطح نواحی در مرکالی ۷						سناریو تاب آوری کالبدی در سطح نواحی در مرکالی 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		
ردیف	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
۱-۱	الهیه	۶۴۴۸	۶۹.۲۵	۴۴.۹	۰.۰۰	۰.۰۰	۸۴.۷۷	۵۵.۰	۹۰.۱۸	۱۶۱.۰	۲.۸۲	۱.۹۱	۵۰.۴۸	۳۴.۱۵	۱۲.۰۷	۱۴.۵۳	۶۹.۰۸	۸۳.۱۳	۱.۶۷	۲.۰۱
۲-۱	کوی فرهنگ	۲۹۹۳	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
۳-۱	آزادگان - نصر - کوی فجر - ورزشگاه	۱۷۳۰	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
۱-۲	شهرک کارمندان - علوم پایه - کوی قائم	۳۸۳۴	۸۴.۹۹	۴۹.۹	۱۸.۴۰	۱۰.۸	۶۶.۶۶	۳۹.۱	۷۶.۵۳	۱۴۳.۰	۶۲.۰۴	۳۴.۹	۳۸.۵۴	۲۱.۶۹	۸۴.۹۹	۴۹.۹۶	۷۳.۲۴	۴۳.۰۵	۱۱.۵۶	۶.۷۹
۲-۲	زمینهای نانویان - شهرآرا	۳۱۷۳	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
۳-۲	اسلام آباد	۹۹۳۵	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
۱-۳	شهرک امیرکبیر - پایین کوه - زیباشهر	۲۹۷۲	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
۲-۳	کوی دانشگاه - کوی گلستان - اندیشه	۴۵۴۷	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
۳-۳	شهرک رجایی - امجدیه - دروازه ارک	۴۸۲۸	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
۴-۳	قدس - کوچه مشکي - سعدي شمالي - صفا	۴۱۴۴	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
۱-۴	ترانس - زمینهای بنیاد - بی سیم - اعتمادیه	۱۱۴۰۶	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
۲-۴	پادگان - درمانگاه - کوی فاطمیه -	۶۴۱۴	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

۳-۴	آشاغی قبرستان یدی بوروغ - گونیه	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	ولیعصر - شهریار - کوی منظره - 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 کاظمیه	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	زینییه - سعدی وسط - قیرباشی	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 کاظمیه - فازهای 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	قبریه - محله بازار - حسینیه	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 یری - دباغلار - یوخی 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 - وحیدیه - سرچنگلداري - صدا و سیما - انصاریه	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	سایت کارگاهی - مهدیه - کوی سایان	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	کوی فاطمیه - راه آهن به پایین - سه راه بیجار - پایبتر از کوی سایان	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

با توجه به بررسی‌های بعمل آمده از مجموع ۱۳ معیار جهت تحلیل تاب آوری فیزیکی - کالبدی و نقشه‌های 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، گلشهرکازمیه، پونک و سایت کارگاهی با درجه تاب آوری متوسط مشخص گردیده‌اند. نواحی مذکور علی‌رغم 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 برابند، وضعیت نامطلوب را نشان می‌دهند.

نواحی منطبق بر محور جنوبی شهر که به ترتیب محلات آشاغی بلوار، درمانگاه، حسینیه، بازار، قیصریه، فردوسی، مسجد یری، دباغدار، هنرستان و سرچنگلداری 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 کلاً خاستگاه سکونتگاهی و نطفه شهر زنجان بشمار می‌روند متأسفانه در وضعیت بسیار نامطلوب قرار دارند و حتی در بحث سناریوهای تاب آوری کالبدی در مرکالی‌های پایین نیز میزان تخریب زیادی را نشان می‌دهند. بنابراین دلایل در بررسی همه جانبه وضعیت بسیار نامطلوب از نظر کالبدی وجود دارد.

نهایتاً طبق نقشه‌های 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 بعمل آمده در جواب سؤال مطرح شده در مقاله، نهایتاً می‌توان نامطلوب بودن نسبی تاب آوری کالبدی را تایید کرد. طوری که در نقشه‌های سناریو، هیچ ناحیه‌ای 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.

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 درجه 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 جزئی 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 پی حرکت می‌کنند. در این وضعیت اکثر ساختمان‌های به سبک بتایی قدیم در محلات مرکزی و پرتدد 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 می‌تواند 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 می‌تواند 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.

منابع

- احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۸۸)، مدل‌سازی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی شهر زنجان، دانشگاه تهران، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، ص ۲۶.
- پریور، پرستو، فریادی شهرزاد و یآوری احمدرضا، صالحی اسماعیل، هراتی پگاه (۱۳۹۲) بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب آوری محیط زیست شهری (نمونه موردی: مناطق ۱ و ۳ شهرداری تهران)، فصلنامه محیط شناسی، سال ۳۹، 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، ص ۶.
- داداش پور، هاشم، عادل، زینب (۱۳۹۴). سنجش ظرفیت‌های تاب آوری در مجموعه شهری قزوین، دو فصلنامه مدیریت بحران، سال چهارم، ۸۴-۷۳: ۲.
- 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، ص ۸۵.
- فرزاد بهتاش، محمد رضا، پیربایبی، 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، ص ۱۳۶.
- محمدی سرین دیبج، 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، صص ۱۱۰-۱۰۵.
- 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 (۱۳۹۵)، 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.

- Alarслан, 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.ijdr.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.