

تحلیل فضایی تاب آوری کالبدی شهر در برابر زلزله با استفاده از مدل کاندراست نمونه موردی: نواحی دهگانه منطقه یک شهرداری تهران

علی عشقی چهاربرج^۱؛ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
حسین نظم فر؛ دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
عطا غفاری گیلانده؛ دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۲/۲۶

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۰۷

چکیده

در چند دهه اخیر زلزله به عنوان یکی از مخرب ترین مخاطره محیطی خسارت های بسیاری را به اموال و دارایی ها در نواحی شهری و اطراف آن وارد نموده است، با توجه به اینکه زلزله به عنوان نیروی محرک بیرونی ثابت است برای کاهش آسیب پذیری به افزایش تاب آوری نیاز است. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت تاب آوری نواحی دهگانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله صورت گرفته است. روش این پژوهش از نوع توصیفی - تحلیلی با هدف کاربردی است. قلمرو پژوهش نواحی دهگانه منطقه یک شهرداری تهران می باشد. برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از مؤلفه ها از فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) استفاده شده است. برای رتبه بندی وضعیت تاب آوری نواحی دهگانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله از روش های تصمیم گیری چندمعیاره شامل تاپسیس، ویکور، HAW و SAW استفاده شد، سپس برای رسیدن به یک نتیجه واحد از این تحلیل ها، از مدل تلفیقی کاندراست بهره گرفته شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می دهد که نواحی ۲، ۴، ۵ و ۳ با کسب بالاترین رتبه از تاب آوری زیادی، نواحی ۷، ۸ و ۱ از تاب آوری متوسط، ناحیه ۱۰ و ۶ از تاب آوری کم و ناحیه ۹ از تاب آوری خیلی کم در برابر زلزله برخوردار می باشد که (باید) در برنامه ریزی های آتی در اولویت برنامه ریزی قرار گیرد.

واژه های کلیدی: تاب آوری، زلزله، روش های تصمیم گیری چند معیاره، منطقه یک شهرداری تهران.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

بلايای طبیعی یکی از چالش‌های اصلی برای کشورهای در حال توسعه است، که نه تنها باعث مرگ و میر افراد و درد و رنج عاطفی بازماندگان می‌شود، بلکه با اقتصاد محلی که روبرو می‌شوند نیز آسیب جدی وارد کرده و باعث خنثی شدن دستاوردهای توسعه می‌شود (درستکار گل خیلی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۶). بلايای اتفاق افتاده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که جوامع و افراد به صورت فزاینده‌ای آسیب‌پذیرتر شده و ریسک‌ها نیز افزایش یافته‌اند (Mayunga, 2007: 1; Ainuddin and Routray, 2012: 26). بر اثر وقوع بلايای طبیعی، بالغ بر ۱/۱ میلیون نفر در جهان کشته شده‌اند و بیش از ۱۳۸ میلیارد دلار نیز خسارت مادی بر جا مانده است (Al-Namari and Alzaghal, 2014: 1). در این میان، زلزله به‌عنوان یکی از فاجعه‌بارترین و مخرب‌ترین انواع مخاطرات طبیعی؛ بویژه در کشورهای در حال توسعه از دیرباز مطرح بوده است (Dong & Shan, 2013: 85) که با خرابی ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری، خسارت‌های بسیاری را به اموال و دارایی‌ها در نواحی شهری و اطراف آن وارد می‌کند (Min et al, 2010: 3521).

واقعیت این است که نمی‌توان، کاملاً از پیامدهای بلايا جلوگیری کرد زیرا برخی بلايا دارای اشکال بزرگ و پیش‌بینی‌ناپذیرند. بنابراین باید ظرفیت و توان ساکنان برای مقاومت و زندگی در کنار بلايا را بهبود بخشید. در چنین شرایطی، سازمان‌های بین‌المللی برای کاهش بلايا، استراتژی ایجاد جوامع تاب‌آوری در برابر بلايای طبیعی را هدف خود قرار داده و آن را در چهارچوب هیوگو برای سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۵ مطرح نمودند (Zhou, 2010: 23). پس از چهارچوب هیوگو و نامگذاری دهه‌ی کاهش مخاطرات طبیعی (۲۰۰۵-۲۰۱۵) در جهت اجرای توانمندسازی جوامع و مقامات محلی در مقابله با خطر، توجه بسیاری از کشورها را به ارتقاء نقش جامعه در شناسایی و ارزیابی خطر با در نظر گرفتن دسترسی به اطلاعات لازم، منابع و اجزای اقدامات، معطوف داشته است (Bonati and Mendes, 2014: 166). در واقع هدف از این رویکرد کاهش آسیب‌پذیری شهرها و تقویت توانایی‌های شهروندان برای مقابله با خطرات ناشی از تهدیدات نظیر وقوع سوانح طبیعی است (Mitchell, 2012: 3). که به ایجاد و افزایش توانایی جامعه در پاسخ و بازیابی در مقابل حوادث کمک کند (Cutter et al, 2014: 66). امروزه خسارت‌های فراوان مخاطره‌های طبیعی و انسانی به محیط و کالبد شهرها موجب شده است که مفهوم تاب‌آوری برای کاهش آثار سوانح، به حوزه‌ای مهم در عرصه مدیریت بحران تبدیل شود (رضایی و همکاران: ۱۳۹۴: ۶۰۹) و رویکرد تاب‌آوری مبنایی برای کاهش اثرهای منفی در نظر گرفته شود (رمضان زاده و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۵). این مفهوم پس از پذیرش چهارچوب کاری هیوگو برای دوره سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۵ به‌طور وسیعی به کارگرفته شد (Usamah et al, 2014: 179). در این چهارچوب تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت بالقوه سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض مخاطرات برای سازگاری یا مقاومت در برابر تغییرات به منظور رسیدن یا حفظ سطح مناسبی از عملکرد و ساختار شناخته می‌شود (UN/ISDR, 2004: 24). بر این اساس جامعه تاب‌آور باید همانند زیست‌بوم‌ها توانایی مقاومت در برابر اختلالات و سازگاری با تغییرات را هنگامی که به آن نیاز دارد، داشته باشد (Adger, 2000: 349).

واژه تاب‌آوری اغلب به مفهوم «بازگشت به گذشته» به کار می‌رود که از ریشه لاتین Resilio به معنا «پرش به گذشته» گرفته شده است (Klein, 2003: 39). این مفهوم در سال ۱۹۷۳ توسط هالینگ (که از وی به‌عنوان پدر تاب‌آوری یاد می‌شود) به‌عنوان یک اصطلاح توصیفی در اکولوژی معرفی گردید (Kärholm et al, 2014: 121). تایمرمن^۱ (۱۹۸۱) اولین فردی بود که مفهوم تاب‌آوری را در حوزه بلايا و مخاطرات مطرح کرد (Mayunga, 2007: 3). با توجه به اهمیت تاب‌آوری شهری در کاهش خطرات ناشی از زلزله، کارتر مدل مکان محور را برای سنجش تاب‌آوری مخاطرات ارائه کرد. در این دیدگاه تاب‌آوری مقیاسی است که انعطاف‌پذیری فضای جغرافیایی را در برابر مخاطرات بالقوه بیان می‌کند و مکان‌های مختلف با توجه به موقعیت قرارگیری خود

دارای تاب‌آوری متفاوتی در برابر بلایا می‌باشند (رمضان زاده، ۱۳۹۲). با توجه به هدف پژوهش، چارچوب منتخب جهت انجام پژوهش حاضر، چارچوب مکانی کارتر می‌باشد.

در سال‌های اخیر در رابطه با تاب‌آوری جامعه شهر در برابر زلزله پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است که به برخی از آنها اشاره می‌گردد؛ صالحی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با استفاده از مدل شبکه‌علیت بررسی میزان تاب‌آوری محیطی شهر تهران بررسی کردند نتایج نشان داد اگرچه شهر تهران ممکن است در تعدادی از مؤلفه‌ها نظیر تنوع اقتصادی، دسترسی به خدمات و رشد و ثبات اقتصادی (بعد اقتصادی) یا به همین ترتیب در دیگر ابعاد، بیشتر تاب‌آور باشد، اما به تنهایی کافی نیست و آسیب‌پذیری در دیگر مؤلفه‌ها، تاب‌آوری شهر تهران را کاهش می‌دهد. فرزادبختاش و همکاران (۱۳۹۱) در تبیین ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهرهای اسلامی با استفاده از روش ظرفیتی با رویکرد سیستمی به این نتیجه رسیدند که وجود سرمایه‌های اجتماعی و رهبران دینی، احترام به محیط‌زیست و محیط کالبدی در آموزه‌های دینی مسلمانان، وجود قوانین و الگوی نظم اجتماعی در زمینه‌های گوناگون و... برخی از ظرفیت‌های شهر اسلامی است که آن را در برابر حوادث طبیعی و غیرطبیعی تاب‌آور نموده است. فلاحی و جلالی (۱۳۹۲) در پژوهشی به بازسازی تاب‌آور از دیدگاه طراحی شهری، پس از زلزله ۱۳۸۲ بم پرداختند. نتایج نشان داد توجه به برخی مختصات طراحی پایدار شهری مانند هویت شهری، خوانایی و نشانه‌های شهری و همچنین توسعه فضاهای چندمنظوره ایمن در برابر زمین‌لرزه‌های آتی در درون بافت مسکونی علاوه بر تقلیل آسیب‌پذیری و مقاوم‌سازی کالبدی جداره‌ها، می‌تواند به بازسازی تاب‌آور از دیدگاه طراحی شهری بم کمک نماید. رضایی (۱۳۹۲) در ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی محلات شهر تهران با استفاده از مدل پرومته به این نتیجه رسید محله‌های قیطره، ستارخان، نارمک و قلعه‌مرغی از نظر شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی و نهادی به ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم قرار دارند. نتایج پژوهش نیکمردنمین و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی تاب‌آوری اجتماعی منطقه ۲۲ تهران با استفاده از SPSS و تحلیل محتوا حاکی از آن دارد که وضعیت شاخص‌های سن، سطح آموزش، دلبستگی به مکان در سطح منطقه و وجود برنامه‌هایی برای بهبود وضعیت مشارکت، اطلاع‌رسانی مخاطرات، درک و دانش عمومی از خطر، نسبتاً مطلوب است. داداش‌پور و عادل (۱۳۹۴) در سنجش تاب‌آوری شهر قزوین در برابر زلزله به این نتیجه دست یافتند که در بین ابعاد مختلف تاب‌آوری، مجموعه‌ی شهری قزوین به لحاظ ابعاد نهادی (با ۴۸ درصد فاصله از حد بهینه) و سپس ابعاد کالبدی - فضایی (با ۴۵ درصد فاصله از حد بهینه) وضعیت نامناسب‌تری دارد. معظمی و رحیمی (۱۳۹۵) در پژوهشی به سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری شهر کرمانشاه در برابر بحران با استفاده از مدل SOWT و QSPM پرداختند نتایج نشان داد راهبردهای تاب‌آوری در محله فیض‌آباد کرمانشاه موقعیت تدافعی و در وضعیت متوسطی قرار دارد. محمدی‌سرین‌دیزج و احدنژاد (۱۳۹۵) در ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهر زنجان با استفاده از مدل تودیم به این نتایج دست یافتند که با توجه به معیارهای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی در ۲۵ ناحیه شهری زنجان، غالباً قسمت‌های شمالی، شرقی و شمال شرقی از تاب‌آوری بالایی برخوردار هستند. شکری فیروزجاه (۱۳۹۶) در پژوهشی با استفاده از آزمون‌های آماری SPSS به بررسی میزان تاب‌آوری شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی پرداخت، نتایج نشان داد حدود ۵۰ درصد مناطق مورد بررسی در شهر بابل دارای عدم تاب‌آوری و تاب‌آوری پایین می‌باشند و تنها ۲۵ درصد از مناطق از لحاظ شاخص‌ها کاملاً تاب‌آور هستند. پوراحمد و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی به بررسی تاب‌آوری بافت فرسوده شهر تهران در برابر زلزله پرداختند، نتایج نشان داد تاب‌آوری شهری در منطقه ۱۰ شهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی با توجه به کلیه ابعاد و مؤلفه‌ها خیلی ضعیف است.

مروا^۱ و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به تعریف تاب‌آوری شهری پرداختند نتایج پژوهش نشان داد واژه تاب‌آوری شهری به-خوبی تعریف نشده و یک تعریف جدید از تاب‌آوری شهری با شش سؤال اساسی در ارتباط با تاب‌آوری شهری که عبارت‌اند از

تاب‌آوری برای چه کسی، چه چیزی، چه موقع، کجا و چرا؟ پیشنهاد داده‌اند. بسطامی‌نیا و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به ارزیابی تاب‌آوری شهر دهدشت در برابر زلزله پرداختند نتایج تحقیق نشان داد که بالاترین رتبه در تاب‌آوری اجتماعی مربوط به زیرشاخص سرمایه اجتماعی، در تاب‌آوری اقتصادی مربوط به زیرشاخص بهبود ظرفیت و در تاب‌آوری نهادی مربوط به زیرشاخص دسترسی سازمانی و دسترسی در تاب‌آوری تکنولوژیکی می‌باشد. ژانگ و لی^۱ (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی تاب‌آوری شهری و پایداری شهری پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که توسعه شهری منطقی تنها زمانی امکان‌پذیر می‌شود که هر دو انعطاف‌پذیری و پایداری را یکجا داشته باشد و نتیجه‌گیری می‌کنند که برنامه‌ریزان شهری، سیاست‌گذاران و محققین قبل از هرگونه تصمیم‌گیری باید به تاب‌آوری و پایداری شهری توجه داشته باشند. خو و لو^۲ (۲۰۱۸) در پژوهشی عنوان «به‌سوی جهانی مقاوم در برابر زلزله: از بازسازی پس از فاجعه گرفته تا جلوگیری قبل از فاجعه» انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد که برای کاهش بلایای ناشی از زلزله، یک رویکرد تحقیقاتی میان رشته‌ای و تفکر سیستم‌ها لازم است. مطالعه پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که در اکثر پژوهش‌ها انجام شده برای سنجش میزان تاب‌آوری از روش‌های مختلفی مانند SPSS، GIS یا یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده نمودند. آنچه پژوهش حاضر را از پژوهش‌های پیشین متمایز می‌نماید استفاده از رویکردی نوین در سنجش میزان تاب‌آوری نواحی در برابر زلزله با استفاده از چندین مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی و ساو) و ادغام نتایج این مدل‌ها با یک مدل تلفیقی (کاندرست) است.

از آنجاییکه کشورمان بر روی پهنه کمربند گسلی، چین‌خورده، رانده شده و همچنین زلزله‌خیز آلپ-قفقاز-همیالیا قرار گرفته لذا از نظر موقعیت تکامل تکنونیک، فعال و جوان بوده و بر روی خطوط گسل اصلی بزرگ دنیا واقع شده است. این پهنه سرزمینی از مناطقی با خطر بالای زمین‌لرزه‌ای با تعداد فراوانی از زلزله‌ها روبرو است (نصیری، ۱۳۹۵: ۱۱۴). در این میان شهر تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین کلانشهر ایران طبق تقسیمات پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در منطقه‌ای با خطر لرزه‌ای بسیار زیاد قرار دارد (فائدرحمتی و قانع بافقی، ۱۳۹۱: ۱۶۹؛ کمیته دائمی بازنگری آیین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، ۱۳۸۴). در بین مناطق ۲۲ گانه تهران، منطقه یک شهرداری تهران، منطقه مستعدی برای وقوع زلزله می‌باشد. نزدیکی به گسل‌های مانند گسل مشاء، گسل شمال تهران و همچنین تأثیر گسل‌هایی در داخل و پیرامون منطقه همچون گسل نیواران، گسل محمودیه و گسل دارآباد (بنامیه) بروز خطر زمین‌لرزه را در این منطقه تشدید می‌کند. لذا ارزیابی تاب‌آوری منطقه در برابر خطر زلزله و تاب‌آور نمودن منطقه در راستای کاستن از خطرات ناشی از زلزله در این محدوده از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. براین اساس پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله صورت گرفته است. در راستای دستیابی به هدف، پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به سؤال زیر می‌باشد:

- وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در مدل‌های تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی، ساو و مدل تلفیقی کاندرست چگونه می‌باشد؟

داده‌ها و روش کار

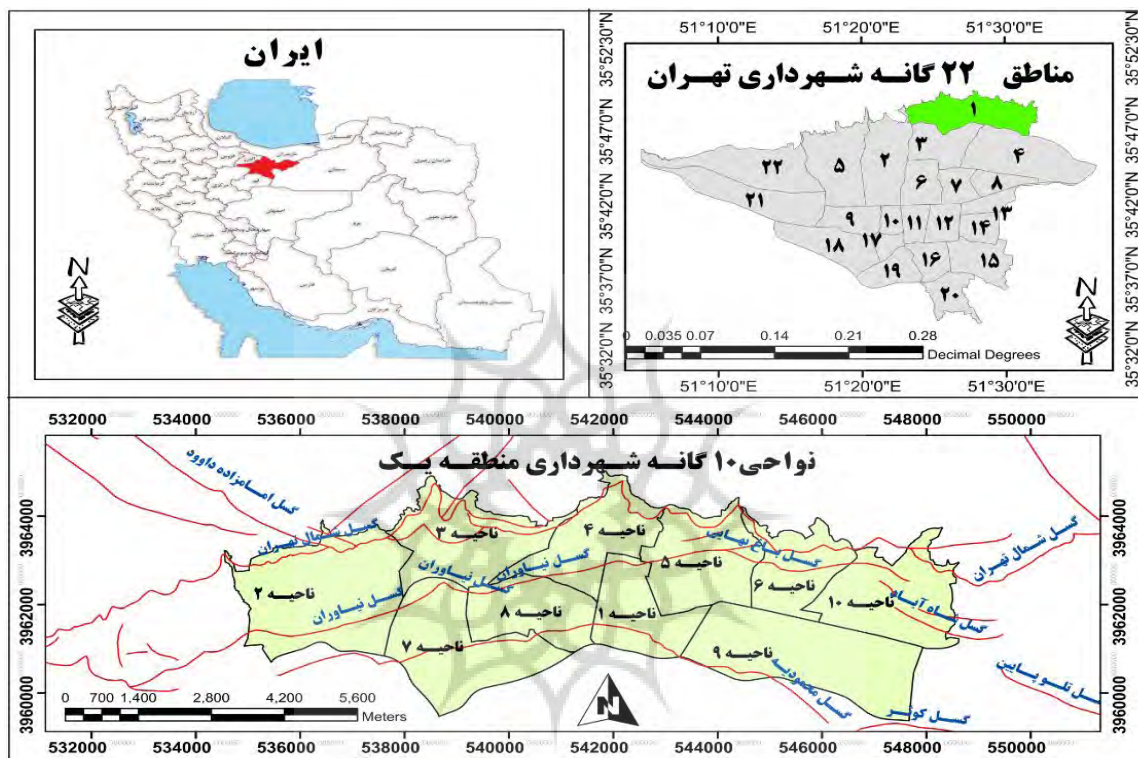
• محدوده مورد مطالعه

منطقه یک تهران با وسعتی حدود ۶۴ کیلومترمربع، شمالی‌ترین منطقه شهر تهران است که از طرف شمال محدود به ارتفاعات ۱۸۰۰ متری دامنه جنوبی کوه‌های البرز، از جنوب به بزرگراه چمران حد فاصل دو راهی هتل آزادی و بزرگراه مدرس و پل آیت‌الله صدر با منطقه ۳، از غرب به اراضی رودخانه درکه با منطقه ۲ و از شرق نیز به انتهای بزرگراه ارتش و منبع نفت شمال شرق تهران

1- Zhang & Li

2- Xu and Lu

محدود می‌شود و از جنوب شرقی توسط بزرگراه ازگل با منطقه ۴ شهرداری تهران هم‌مرز است (الگوی توسعه منطقه ۱، ۱۳۸۴: ۲). شهرداری منطقه یک براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ دارای ۴۸۷۵۰۸ نفر جمعیت و ده ناحیه و ۲۶ محله شهری می‌باشد (<http://region1.tehran.ir>) (شکل ۱). این منطقه به دلیل نزدیکی به گسل‌های مانند گسل مشاء، گسل شمال تهران، گسل نیاوران، گسل محمودیه و گسل دارآباد (بنامیه) و همچنین به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد همچون تراکم بالای مسکونی، تراکم بالا جمعیت، عدم رعایت استانداردها در ساخت و سازها توسعه فیزیکی نامناسب در اراضی ناپایدار و... به لحاظ پایداری در برابر بحران زلزله با خطر جدی مواجه است (زیاری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۰۱).



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه؛ منطقه یک شهرداری تهران (مأخذ: نگارندگان)

• روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و با هدف کاربردی است. قلمرو پژوهش نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران می‌باشد. داده‌های سال ۱۳۹۵ مورد استفاده در پژوهش از سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تهران اخذ شده است. در پژوهش حاضر، ابتدا با مطالعه پیشینه پژوهش مؤلفه‌های مهم و تأثیرگذار در تاب‌آوری شهر در برابر زلزله استخراج و مشخص گردید، سپس اقدام به لایه‌سازی برای هر یک از معیارها اصلی به همراه زیر معیارهای آن در محیط GIS شد در نهایت تمامی داده‌های مورد استفاده در پژوهش به صورت درصد استخراج گردید. برای تعیین اهمیت نسبی هر یک مؤلفه‌ی مورد استفاده در پژوهش با استناد به نظر ۶۰ کارشناس حوزه برنامه‌ریزی شهری (شامل ۱۵ نفر از گروه عمران، ۱۵ نفر از گروه زمین‌شناسی، ۱۵ نفر از گروه شهرسازی و ۱۵ نفر از گروه برنامه‌ریزی شهری)، از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، در قالب نرم‌افزار Super Decisions استفاده شد. سپس برای رتبه‌بندی نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل

تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی^۱ و ساو^۲ استفاده شد، در این پژوهش با توجه به اینکه از روش‌های مختلفی جهت رتبه‌بندی نواحی استفاده شده بود نتایج متفاوتی حاصل گردید، برای رفع تعارض‌های به‌دست‌آمده بین رتبه‌بندی‌های گوناگون نواحی در هر یک از مدل‌ها، و رسیدن به یک نتیجه واحد برای رتبه‌بندی نواحی از مدل تلفیقی کاندورست^۳ استفاده شد. در نهایت جهت گویا سازی، نتایج حاصل از مدل مورد استفاده در پژوهش در محیط ArcGIS به صورت نقشه ترسیم گردیدند. در زیر به مراحل اجرای مدل‌های به کارگرفته شده در پژوهش به صورت مختصر اشاره می‌گردد:

- مدل تاپسیس

مدل تاپسیس در هشت مرحله قابل اجرا می‌باشد **مرحله اول**: (تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری) پس از جمع‌آوری داده‌ها و ترکیب آن‌ها، ماتریس داده‌های خام هر یک از مؤلفه‌ها در محدوده مورد مطالعه شاخص‌سازی می‌گردید. **مرحله دوم**: استاندارد کردن داده‌ها، برای بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم در روش تاپسیس از نرمالیزه کردن فازی استفاده می‌شود. مزیت این بی-مقیاس‌سازی این است که خطی بوده و کلیه نتایج تبدیل به یک نسبت خطی می‌شوند. برای بی‌مقیاس‌سازی شاخص‌ها از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه X_{ij} مقدار بی‌مقیاس شده گزینه i از شاخص j است. n تعداد شاخص‌هاست. **مرحله سوم**: برای بیان اهمیت نسبی مؤلفه‌ها، باید وزن نسبی هر یک از مؤلفه‌ها مشخص شود که بدین منظور در این پژوهش از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. در این مرحله، باید ماتریس V را تشکیل دهیم. در واقع ماتریس V حاصل ضرب مقادیر استاندارد هر مؤلفه در وزن مربوط به همان مؤلفه است. **مرحله چهارم**: تعیین فاصله آمین گزینه از گزینه ایده‌آل (بالاترین عملکرد هر شاخص) با استفاده از رابطه (۲) ایده‌آل مثبت تهیه می‌گردد:

$$A^+ = \{v_{\max 1}^+, v_{\max 2}^+, \dots, v_{\max n}^+\} \quad \text{رابطه ۲:}$$

مرحله پنجم: تعیین فاصله آمین گزینه از گزینه حداقل (پایین ترین عملکرد هر شاخص) با استفاده از رابطه (۳) حداقل تهیه می‌گردد:

$$A^- = \{v_{\min 1}^-, v_{\min 2}^-, \dots, v_{\min n}^-\} \quad \text{رابطه ۳:}$$

مرحله ششم: در این مرحله فاصله اقلیدسی هر یک از گزینه‌ها، از جواب‌های ایده‌آل مثبت و منفی مربوط به هر مؤلفه با استفاده از روابط (۴ و ۵) محاسبه می‌گردد.

1- HAW

2- SAW

3- Condorcet

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad \text{رابطه ۵}$$

مرحله هفتم: رتبه‌بندی نهایی با توجه به رابطه (۶) به دست می‌آید.

$$CL_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad \text{رابطه ۶}$$

مرحله هشتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس میزان CL_i است. در این راستا $CL_i = 1$ نشان دهنده بالاترین رتبه و نیز $CL_i = 0$ نشان دهنده پایین‌ترین رتبه است.

رتبه‌بندی مناطق ده‌گانه با استفاده از مدل ویکور

مراحل اولیه روش ویکور مشابه با مراحل اولیه تکنیک تاپسیس است. به طوری که ابتدا نیاز به تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و سپس نرمال‌سازی (بی‌مقیاس کردن) این ماتریس است. با تعیین وزن مؤلفه‌ها از طریق مدل ANP، مقادیر نرمال شده‌ی هر مؤلفه را در وزن شاخص مربوطه ضرب کرده و ماتریس تصمیم وزن‌دار نرمال شده را به دست می‌آوریم. در واقع چهار مرحله اول تکنیک ویکور عیناً مشابه با مراحل اولیه تاپسیس می‌باشد. بنابراین از تکرار این مراحل خودداری می‌گردد. در مرحله بعد فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت محاسبه‌شده و سپس تجمیع آن بر اساس رابطه‌های ۷ و ۸ محاسبه می‌شود.

$$S_j = L_j^{p=1} = \sum_{i=1}^n \left[W_i \left(\frac{|f_i^* - f_{ji}|}{(|f_i^* - f_i^-|)} \right) \right] \quad \text{رابطه ۷}$$

$$R = L_j^{p=\infty} = \max \left\{ W_i \left(\frac{|f_i^* - f_{ji}|}{(|f_i^* - f_i^-|)} \right) \mid i = 1, 2, \dots, n \right\} \quad \text{رابطه ۸}$$

در رابطه فوق فاصله S_j از گزینه A نسبت به راه‌حل ایده‌آل (ترکیب بهترین) و فاصله R_j گزینه A از راه‌حل ایده‌آل منفی (ترکیب بدترین) می‌باشد. رتبه‌بندی عالی بر اساس S_j و رتبه‌بندی بد بر اساس مقادیر R_j انجام خواهد شد. برای ارزیابی نهایی گزینه‌ها و محاسبه Q_j بر اساس رابطه ۹ عمل می‌کنیم:

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1+v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad \text{رابطه ۹}$$

در رابطه فوق $j = 1, \dots, J$ ، $S^* = \min_j S_j$ ، $S^- = \max_j S_j$ ، $R^* = \min_j R_j$ و $R^- = \max_j R_j$ ، وزن حداکثر مطلوبیت گروهی می‌باشد که معمولاً $0/5$ در نظر گرفته می‌شود.

روش مجموع وزنی سلسله مراتبی

این مدل با تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری شروع می‌شود. در این ماتریس از آنجایی که ماتریس تصمیم‌گیری مفروض می‌باشد لذا به مقایسه زوجی شاخص‌ها با یکدیگر نیازی نیست. بدین منظور برای محاسبه اوزان گزینه‌ها به ازای هر شاخص مستقیماً از استاندارد کردن داده‌های هر ستون برای حصول به بردار ویژه می‌توان استفاده کرد. در این روش برای شاخص‌هایی با جهت‌گیری منفی از رابطه ۱۰ و مثبت از رابطه ۱۱ استفاده می‌شود.

$$C_j = \frac{1}{\sum r_{ij}} \quad \text{رابطه ۱۰: جهت‌گیری منفی}$$

$$C_j = \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij}} \quad \text{رابطه ۱۱: جهت‌گیری مثبت}$$

- روش مجموع ساده وزنی

روش مجموع ساده وزنی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. به طوری که با مفروض بودن بردار W (اوزان اهمیت از شاخص‌ها) برای آن، مناسب‌ترین گزینه به صورت تابع زیر محاسبه می‌شود و در نهایت بیشترین میزان به‌عنوان گزینه بهینه در نظر گرفته می‌شود (رابطه ۱۲):

$$\{A_i | \text{MAX}_i \frac{\sum_j W_j \cdot r_{ij}}{\sum_j W_j}\} \quad \text{رابطه ۱۲:}$$

و چنانچه $\sum_j W_j = 1$ باشد، طبق تابع زیر محاسبه می‌شود.

$$A = \{A_i | \text{MAX}_i \sum_j W_j \cdot r_{ij}\} \quad \text{رابطه ۱۳:}$$

- مدل تلفیقی کاندراست

از مدل کاندراست برای ادغام نتایج مدل‌های مختلف و رفع تفاوت‌ها و تعارض‌های به‌دست‌آمده بین رتبه‌بندی‌های گوناگون هر یک از مدل‌ها استفاده می‌شود. برای انجام روش کاندراست یک ماتریس تشکیل می‌شود که در آن ماتریس، حوزه‌ها در سطر و ستون وارد می‌شوند؛ بعد از تشکیل ماتریس، نواحی به صورت زوجی باهم مقایسه می‌شوند این مقایسات بر اساس تعداد بردها و باخت‌هایی است که نواحی منطقه در مدل‌های مختلف به دست آورده‌اند. در این مدل نمره دهی بر اساس قانون برد، مساوی و باخت می‌باشد. روش کاندراست یک مدل تلفیقی است که در آن اگر دو گزینه A و B را در نظر بگیریم اگر یک گزینه در مقابل گزینه دیگر پیروز شود در آن صورت می‌نویسیم $A > B$ ، در اینجا ضد متقارن رابطه اولیاتی تلفیقی کاندراست است، در روش کاندراست اگر دو گزینه A_1 و A_k آراء مساوی کسب کنند خواهیم داشت $A_k = A_1$ نام دیگر روش کاندراست روش حداکثریت رأی ساده است.

در این پژوهش جهت تحلیل فضایی تاب‌آوری منطقه یک تهران در برابر زلزله از شاخص‌های مختلفی استفاده شد. جدول (۱) مؤلفه‌های مورد پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مؤلفه‌های مورد استفاده در پژوهش

معیار اصلی	شرح	معیار اصلی	شرح	معیار اصلی	شرح
عرض معابر	شبکه معابر به جهت نجات، تخلیه و اسکان نقش مهمی در افزایش تاب آوری دارد	نمای ساختمانی	هرچه نوع نمای ساختمانی از نوع شیشه باشد تاب آوری کاهش می یابد.	قدمت بنا	هرچه قدمت ساختمان‌ها بالا باشد، تاب آوری در برابر زلزله کاهش خواهد یافت
سازگاری کاربری‌ها	هر چه کاربری‌های سازگار در سطح منطقه بیشتر باشد، تاب آوری منطقه بیشتر خواهد بود..	مساحت همکف ساختمان	هرچه مساحت همکف ساختمان‌ها پهنای کمتری داشته باشد از تاب آوری کمی برخوردار خواهد بود و برعکس	نوع مصالح	هر چه نوع مصالح به کار رفته در ساخت‌وسازها از نوع مصالح بادوام باشد میزان تاب آوری افزایش خواهد یافت و برعکس.
کیفیت بنا	هرچه ساختمان‌های تخریبی در سطح منطقه بیشتر باشد، تاب آوری کاهش خواهد یافت.	تعداد طبقات	هرچه ساختمان‌های بلندمرتبه بیشتر باشد تاب آوری دلیل آسیب‌پذیری و مسدود شدن معابر کاهش خواهد یافت.	سازند زمین‌شناسی	ژئوتکنیک و مقاومت بستر زمین از نوع سنگ و خاک از فاکتورهای مهم تاب آوری شهری در برابر زلزله

(سلمانی مقدم، ۱۳۹۳: ۳۱؛ صالحی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۸؛ سرین دیزج و احدنژاد، ۱۳۹۵: ۱۰۶؛ داداش پور و عادل، ۱۳۹۴: ۷۸؛ رضایی، ۱۳۸۹: ۱۳۶)

تعیین وزن مؤلفه‌ها با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای در نرم‌افزار Super Decisions

برای تحلیل وزن معیارها و زیرمعیارها در فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) که توسط کارشناسان خبره وزن‌دهی شده بودند از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شد. شکل (۲) نمودار خوشه‌ای معیارها اصلی و زیر معیارها مؤثر در تاب آوری منطقه یک شهرداری تهران که در محیط نرم‌افزار Super Decisions ترسیم شده، را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار خوشه‌ای معیارهای مؤثر در تاب آوری در محیط Super Decisions (مأخذ: نگارندگان)

در ماتریس فوق اهمیت نسبی هر یک از معیارها با توجه با وزن‌های داده شده توسط کارشناسان خبره، نسبت به میزان تاب آوری معیارهای مورد پژوهش در برابر زلزله در محیط Super Decisions مشخص گردید. جدول (۲) وزن هر یک از معیارهای مورد استفاده در پژوهش و کد معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۲: محاسبه وزن معیارهای مؤثر با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions

وزن	زیرمعیار	کد	اصلی معیار	وزن	زیرمعیار	کد	اصلی معیار	وزن	زیرمعیار	کد	اصلی معیار
۰/۰۸۱	بین ۵۰ تا ۶۵	X29	قدمت بنا	۰/۱۳۲	خشت و گل	X15	ساختمانی نمای	۰/۰۴۰	کمتر از ۴ متر	X1	عرض معیار
۰/۱۲۹	بین ۶۵ تا ۷۵	X30		۰/۲۷۳	آجر و سیمان	X16		۰/۰۶۳	۴-۸ متر	X2	
۰/۲۸۷	بین ۷۵ تا ۸۵	X31		۰/۵۴۷	شیشه	X17		۰/۱۵۸	۸-۱۲ متر	X3	
۰/۴۶۱	بعد از سال ۱۳۸۵	X32		۰/۰۳۹	کمتر از ۸۰ متر	X18		۰/۲۳۵	۲۰-۱۲ متر	X4	
۰/۰۳۶	خشت و گل	X33	نوع مصالح	۰/۰۸۰	بین ۸۰ تا ۲۰۰ متری	X19	مساحت همکف ساختمان	۰/۵۰۲	بیشتر از ۲۰	X5	سازگاری کاربری‌ها
۰/۰۷۵	آجر و سیمان	X34		۰/۱۳۶	بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ متری	X20		۰/۵۰۵	کاملاً سازگار	X6	
۰/۱۴۲	آجر و آهن	X35		۰/۲۴۱	بین ۴۰۰ تا ۶۰۰	X21		۰/۲۳۶	نسبتاً سازگار	X7	
۰/۲۸۵	اسکلت بتنی	X36		۰/۵۰۱	بیش از ۶۰۰ متر	X22		۰/۱۳۹	بی تفاوت	X8	
۰/۴۵۷	اسکلت فلزی	X37	سازند زمین‌شناسی	۰/۵۰۳	۱ طبقه	X23	تعداد طبقان	۰/۰۷۳	نسبتاً ناسازگار	X9	کیفیت بنا
۰/۴۷۰	سنگ بستر R	X38		۰/۲۴۲	۲ و ۳ طبقه	X24		۰/۰۴۴	کاملاً ناسازگار	X10	
۰/۲۶۷	سازند هزار دره A	X39		۰/۱۳۷	۴ و ۵ طبقه	X25		۰/۰۷۰	تخریبی	X11	
۰/۱۴۲	سازند C	X40		۰/۰۴۲	۶ تا ۱۰ طبقه	X26		۰/۲۲۲	قابل نگهداری	X12	
۰/۰۷۵	سازند Bn	X41	۰/۰۷۳	بیشتر از ۱۰	X27	۰/۰۷۰۷	نوساز	X13	کیفیت بنا		
۰/۰۴۳	سازند D2	X42	۰/۰۴۰	قبل از سال ۱۳۵۰	X28	۰/۰۴۶	سنگ	X14			

(مأخذ: نگارندگان)

در این پژوهش پس از جمع‌آوری داده‌ها و ترکیب آن‌ها، ماتریس داده‌های خام هر یک از مؤلفه‌ها در محدوده مورد مطالعه تعریف شده است که در آن X شاخص‌های مورد مطالعه می‌باشند (جدول ۳).

جدول ۳: توزیع مؤلفه‌های مورد پژوهش در سطح نواحی منطقه یک تهران

نواحی	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	X10	x11	x12
ناحیه ۱	۱	۶۵	۱۰۷	۱۵۶	۲۷	۴۱۳۹	۹۷	۱۷۵	۱۰۷	۴۲	۱۰۶۶	۶۳۵
ناحیه ۲	۰	۱۷۹	۱۲۳	۳۲۵	۴۱	۵۲۱۴	31۹۳	۱۷۳	۱۲۲	۱۰۸	۲۱۱۸	۱۶۳۰
ناحیه ۳	۷۳	۴۰۱	۱۳۱	۲۱۵	۴۸	۴۳۹۴	۲۴۳	۲۸۷	۱۰۸	۵۳	۲۶۹۴	۱۰۷۹
ناحیه ۴	۴	۱۷۰	۲۱۰	۲۳۲	۴۱	۲۹۸۳	۱۷۹	۱۹۸	۸۷	۶۳	۱۸۲۴	۷۰۳
ناحیه ۵	۰	۱۲۶	۹۳	۲۳۲	۴۴	۲۹۲۷	۲۵۶	۹۱	۷۷	۶۱	۱۳۰۹	۸۷۵
ناحیه ۶	۱	۵۳	۵۰	۱۱۵	۵۰	۲۱۷۳	۲۱۲	۴۵	۴۷	۳۵	۱۰۶۷	۷۱۱
ناحیه ۷	۰	۱۶۴	۱۷۷	۳۱۰	۳۸	۴۷۴۵	۲۰۵	۴۶۵	۱۴۹	۹۸	۱۷۲۳	۱۵۴۴
ناحیه ۸	۰	۳۷۳	۲۰۲	۲۳۸	۵۲	۴۸۱۳	۳۹۳	۳۴۲	۱۱۶	۶۱	۳۰۵۱	۱۲۳۱
ناحیه ۹	۰	۵۴	۷۱	۱۳۷	۵۸	۱۱۸۱	۹۹	۷۷	۴۷	۵۱	۲۱۹	۹۸۹
ناحیه ۱۰	۶	۴۵	۹۶	۱۶۵	۶۳	۲۱۱۳	۸۶	۵۸	۵۸	۵۹	۲۱۰	۱۲۰۸
نواحی	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	X21	x22	x23	x24
ناحیه ۱	۸۵۹	۸۳	۹۸۵	۱۳۸۹	۱۰۳	۸۳۸	۸۴۵	۷۲۲	۱۰۷	۴۸	۶۷۴	۱۵۱۷
ناحیه ۲	۱۹۹۹	۱۶۳	۳۰۲۲	۳۳۷۶	۲۴۹	۱۳۹۶	۱۶۳۱	۲۱۵۶	۴۳۵	۱۹۲	۱۴۸۱	۳۴۳۲
ناحیه ۳	۱۳۱۴	۱۲۷	۲۵۷۴	۲۲۵۷	۱۲۶	۱۷۴۲	۱۸۱۷	۱۲۴۳	۱۷۹	۱۰۳	۱۵۴۰	۳۰۵۲
ناحیه ۴	۹۸۳	۱۲۹	۱۶۹۹	۱۶۰۰	۸۵	۱۳۸۰	۱۰۸۸	۸۴۷	۱۳۱	۶۴	۱۱۲۱	۲۰۷۸
ناحیه ۵	۱۲۲۸	۷۲	۱۲۳۸	۱۹۹۹	۱۰۳	۶۷۶	۱۱۸۷	۱۲۶۲	۲۲۱	۶۱	۹۰۶	۲۱۳۴
ناحیه ۶	۷۳۴	۱۱۵	۹۵۳	۱۴۰۱	۴۳	۹۶۵	۹۸۶	۴۰۱	۹۵	۸۵	۸۹۱	۱۴۱۴
ناحیه ۷	۲۳۹۵	۱۵۴	۱۵۷۱	۳۷۲۲	۲۱۵	۱۱۶۴	۲۱۶۱	۱۸۲۶	۳۵۲	۱۵۸	۱۳۹۳	۳۶۱۵

۳۳۸۲	۱۷۹۳	۸۲	۱۸۱	۱۲۴۳	۲۱۱۴	۲۱۰۵	۱۵۲	۲۵۱۹	۲۸۸۲	۱۷۲	۱۴۴۳	ناحیه ۸
۸۴۷	۲۵۲	۴۵۵	۱۸۱	۳۶۶	۲۲۹	۲۲۴	۱۰۵	۱۰۹۹	۱۵۶	۹۵	۲۴۷	ناحیه ۹
۱۴۶۳	۳۴۰	۸۲۱	۳۰۶	۴۷۱	۳۳۸	۴۲۸	۳۹۰	۱۷۴۱	۷۳	۱۷۰	۹۵۶	ناحیه ۱۰

ادامه جدول (۳)

x33	X32	x31	x30	x29	x28	x27	x26	x25	نواحی
۸۴	۱۷۹	۷۵۴	۵۶۲	۹۸۱	۸۴	۱۱	۴۷	۳۱۱	ناحیه ۱
۱۶۶	۳۵۴	۱۷۵۰	۱۵۳۶	۲۰۰۴	۱۶۶	۳۳	۱۸۱	۶۸۳	ناحیه ۲
۱۲۵	۲۴۵	۱۱۸۷	۱۹۶۱	۲۵۵۷	۱۳۴	۷۸	۱۰	۴۰۴	ناحیه ۳
۱۲۹	۱۵۲	۸۹۸	۶۳۶	۱۶۹۵	۱۲۹	۵۸	۱۱	۲۴۲	ناحیه ۴
۷۳	۱۵۱	۱۱۲۵	۸۳۰	۱۲۳۳	۷۳	۱۴	۸۲	۲۷۹	ناحیه ۵
۱۱۶	۱۱۰	۶۸۹	۶۴۷	۹۵۰	۱۱۶	۸	۳۶	۱۶۳	ناحیه ۶
۱۵۸	۳۱۰	۲۱۸۰	۱۴۴۵	۱۵۵۹	۱۵۸	۳۳	۱۲۶	۴۹۵	ناحیه ۷
۱۸۵	۳۲۹	۱۲۹۱	۱۰۵۸	۲۸۶۲	۱۸۵	۵	۸۷	۴۵۸	ناحیه ۸
۷۴	۸۸	۱۶۳	۹۸۵	۱۴۵	۷۴	۲۵	۹۰	۲۴۱	ناحیه ۹
۱۰۹	۳۷۲	۵۸۴	۱۲۰۸	۱۰۱	۱۰۹	۳۷	۱۷۵	۳۵۹	ناحیه ۱۰
X42	X41	x40	x39	x38	x37	x36	x35	x34	نواحی
۵/۸۲	۴۱/۲۷	۲۵۶/۳۴	.	.	۴۳۰	۶۶۵	۷۲	۱۳۰۹	ناحیه ۱
۳۰/۸۷	۲۵/۵۱	۳۲۷/۷	۲۶۴/۹۶	۸۴/۹۸	۱۰۹۳	۱۶۶۸	۱۰۵	۲۷۸۷	ناحیه ۲
۲۵/۸۷	.	۲۵۷/۱۱	2.8۲/۸	۱۷۱/۳۲	۴۲۴	۱۳۸۳	۱۳۹	۳۰۰۳	ناحیه ۳
۸۸/۰۶	.	۱۸۶/۷۲	.	۹۹/۱۹	۴۵۰	۸۳۱	۹۱	۲۰۰۹	ناحیه ۴
۳۳/۲۹	۴۸/۱۴	۲/۶۴	۴۶/۴۹	۱۰۳/۳۴	۶۷۹	۸۹۷	۱۶۸	۱۶۰۴	ناحیه ۵
.	۳۸/۱۸	۲۸/۵۲	۸۷/۳۵	۱۴۲/۹۸	۴۸۹	۵۲۸	۲۷۱	۱۱۰۸	ناحیه ۶
۲۸/۴۷	۳/۹۲	۳۶۲/۵۷	۱۳۱/۱۹	.	۱۴۸۲	۱۶۱۵	۳۰۳	۲۱۰۴	ناحیه ۷
.	۲۶/۲	۲۸۹/۴۹	.	.	۶۱۵	۱۴۱۳	۵۰۶	۳۰۰۶	ناحیه ۸
.	۲۰/۳۴	۶۴۷/۱	۰/۶۱	.	۷۰	۱۷۷	۹۸۹	۱۴۵	ناحیه ۹
۹/۱۲	.	۲۷۸/۴	۱۷۴/۴۱	.	۳۸۲	۵۸۴	۱۲۰۸	۱۰۱	ناحیه ۱۰

(مأخذ: شهرداری منطقه یک تهران)

شرح و تفسیر نتایج

در این پژوهش برای تحلیل فضایی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران از نتایج چهار مدل (تاپسیس، ویکور، اچ‌آی-وی و ساو) بهره گرفته شد با توجه به اینکه نتایج حاصل از مدل‌های مورد استفاده در پژوهش در رتبه‌بندی نواحی با یکدیگر متفاوت بودند، جهت رسیدن به یک نتیجه واحد برای رتبه‌بندی نواحی از مدل تلفیقی کاندرست استفاده شده است. نتایج حاصل از مدل‌های مورد پژوهش در تحلیل فضایی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله به شرح زیر می‌باشد:

- رتبه‌بندی مناطق ده‌گانه با استفاده از مدل تاپسیس

تحلیل وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از نتایج مدل تاپسیس به شرح جدول شماره (۴) می‌باشد.

جدول ۴: رتبه‌بندی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل تاپسیس

وضعیت تاب-آوری	ارزش گروه	رتبه نهایی			امتیاز تاپسیس			نواحی
		میزان تاپسیس	رتبه‌بندی		میزان تاپسیس (LC)	Di +	Di -	
تاب‌آوری زیاد	۰/۸۰۰ - ۰/۶۰۰	۰/۷۴۳	ناحیه ۸	۱	۰/۳۲۲	۱۷/۲۱	۸/۱۷	ناحیه ۱
		۰/۷۰۵	ناحیه ۳	۲	۰/۶۲۶	۹/۷۸	۱۶/۳۶	ناحیه ۲
		۰/۶۲۶	ناحیه ۲	۳	۰/۷۰۵	۸/۲۲	۱۹/۶۵	ناحیه ۳
تاب‌آوری متوسط	۰/۴۰۰ - ۰/۶۰۰	۰/۵۴۷	ناحیه ۷	۴	۰/۵۱۳	۱۲/۵۱	۱۳/۱۹	ناحیه ۴
		۰/۵۱۳	ناحیه ۴	۵	۰/۳۵۴	۱۶/۱۶	۸/۸۴	ناحیه ۵
تاب‌آوری کم	کمتر از ۰/۴۰۰	۰/۳۵۴	ناحیه ۵	۶	۰/۳۰۸	۱۷/۵۵	۷/۸۰	ناحیه ۶
		۰/۳۲۲	ناحیه ۱	۷	۰/۵۴۷	۱۱/۶۱	۱۴/۰۰	ناحیه ۷
		۰/۳۰۸	ناحیه ۶	۸	۰/۷۴۳	۷/۶۳	۲۲/۰۸	ناحیه ۸
		۰/۲۵۷	ناحیه ۱۰	۹	۰/۱۳۵	۲۳/۲۸	۳/۶۲	ناحیه ۹
		۰/۱۳۵	ناحیه ۹	۱۰	۰/۲۵۷	۲۲/۱۵	۷/۶۸	ناحیه ۱۰

(مأخذ: محاسبات نگارندگان)

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک تاپسیس، نواحی ۸، ۳ و ۲ با کسب بالاترین امتیاز تاپسیس از تاب‌آوری زیادی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند. بعد از این نواحی، ناحیه ۷ و ۴ با دامنه امتیاز ۶۰۰-۴۰۰ از تاب‌آوری متوسط و نواحی ۵، ۱، ۶، ۱۰ و ۹ با دامنه امتیاز کمتر از ۴۰۰ از تاب‌آوری کم برخوردار هستند. توزیع فضایی وضعیت تاب‌آوری در سطح منطقه یک نشان می‌دهد که نواحی شهری که در غرب منطقه واقع شده‌اند از تاب‌آور بالا، نواحی که در شرق منطقه قرار گرفته‌اند از تاب‌آوری کم و نواحی شهری که در مرکزی منطقه قرار دارند از تاب‌آوری متوسطی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند (جدول ۴ و شکل ۳).



شکل ۳: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل تاپسیس

(مأخذ: نگارندگان)

• رتبه‌بندی مناطق ده‌گانه با استفاده از مدل ویکور

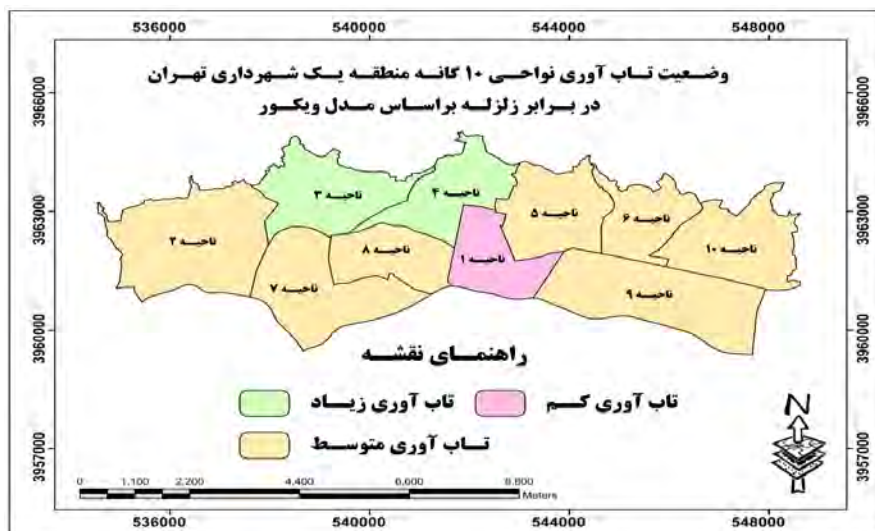
تحلیل وضعیت تاب آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله براساس نتایج مدل ویکور در جدول شماره (۵) آورده شده است.

جدول ۵: رتبه‌بندی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل ویکور

وضعیت تاب‌آوری	میزان ویکور	رتبه‌بندی نهایی	Q	R	S	نواحی
تاب‌آوری زیاد	۰/۴۵۰	ناحیه ۳	۰/۵۰۱	۰/۷۰۷	۸/۹۱۷	ناحیه ۱
	۰/۴۶۵	ناحیه ۴	۰/۴۷۶	۰/۷۰۶	۸/۴۳۲	ناحیه ۲
تاب‌آوری متوسط	۰/۴۷۶	ناحیه ۲	۰/۴۵۰	۰/۷۰۶	۷/۹۴۴	ناحیه ۳
	۰/۴۷۹	ناحیه ۷	۰/۴۶۵	۰/۷۰۶	۸/۲۵۳	ناحیه ۴
	۰/۴۸۳	ناحیه ۵	۰/۴۸۳	۰/۷۰۶	۸/۵۹۰	ناحیه ۵
	۰/۴۹۲	ناحیه ۹	۰/۴۹۸	۰/۷۰۷	۸/۸۶۰	ناحیه ۶
	۰/۴۹۶	ناحیه ۸	۰/۴۷۹	۰/۷۰۶	۸/۴۹۶	ناحیه ۷
	۰/۴۹۸	ناحیه ۶	۰/۴۹۶	۰/۷۰۵	۸/۷۶۵	ناحیه ۸
	۰/۵۰۰	ناحیه ۱۰	۰/۴۹۲	۰/۷۰۷	۸/۷۷۷	ناحیه ۹
تاب‌آوری کم	۰/۵۰۱	ناحیه ۱	۰/۵۰۰	۰/۴۹۵	۰/۰۹۶	ناحیه ۱۰

(مأخذ: محاسبات نگارندگان)

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل ویکور نشان می‌دهد که نواحی ۳ و ۴ با امتیاز ۰/۴۵۰ و ۰/۴۶۵ از تاب‌آوری زیادی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند. بعد از این دو ناحیه، نواحی ۲، ۷، ۵، ۹، ۸، ۶ و ۱۰ با کسب امتیاز ۰/۴۷۵ تا ۰/۵۰۰ از تاب‌آوری متوسط برخوردار هستند. رتبه آخر را ناحیه یک با کسب امتیاز ۰/۵۰۱ به خود اختصاص داده که از نظر تاب‌آوری در برابر زلزله در وضعیت نامناسبی قرار دارد. توزیع فضایی تاب‌آوری در سطح منطقه نشان می‌دهد که نواحی شهری ۳ و ۴ در قسمت شمالی منطقه به دلیل برخورداری از سازندهای زمین‌شناسی مناسب و سازه‌های بادام نسبت به دیگر نواحی منطقه از تاب‌آوری زیادی برخوردار می‌باشند (جدول ۵ و شکل ۴).



شکل ۴: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل ویکور (مأخذ: نگارندگان)

- رتبه‌بندی مناطق ده‌گانه با استفاده روش مجموع وزنی سلسله مراتبی^۱ تحلیل وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله براساس نتایج مدل اچ‌آی‌وی به شرح جدول شماره (۶) می‌باشد.

جدول ۶: رتبه‌بندی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل HAW

وضعیت	رتبه نهایی		HAW	نواحی
	رتبه‌بندی	ردیف		
تاب‌آوری زیاد	ناحیه ۳	۱	۰/۶۲۳	ناحیه ۱
تاب‌آوری متوسط	ناحیه ۲	۲	۱/۳۵۷	ناحیه ۲
	ناحیه ۷	۳	۱/۶۱۵	ناحیه ۳
	ناحیه ۸	۴	۱/۰۲۱	ناحیه ۴
	ناحیه ۴	۵	۰/۸۵۲	ناحیه ۵
تاب‌آوری کم	ناحیه ۵	۶	۰/۵۹۵	ناحیه ۶
	ناحیه ۱۰	۷	۱/۲۵۸	ناحیه ۷
	ناحیه ۱	۸	۱/۲۷۸	ناحیه ۸
	ناحیه ۶	۹	۰/۵۹۱	ناحیه ۹
	ناحیه ۹	۱۰	۰/۸۰۶	ناحیه ۱۰

(مأخذ: محاسبات نگارندگان)

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها و رتبه‌بندی نواحی با استفاده از مدل اچ‌آی‌وی نشان می‌دهد که ناحیه ۳ با کسب رتبه اول و امتیاز ۱/۶۱۵ از تاب‌آوری زیادی در برابر زلزله برخوردار می‌باشد. نواحی ۲، ۷، ۸ و ۴ با کسب امتیاز ۱/۳۵۷ تا ۱ در دامنه تاب‌آوری

1-Hierarchical Additive Weighting(HAW)

متوسط قرار دارند. نواحی ۱۰، ۱، ۶ و ۹ با کسب دامنه امتیاز ۱ تا ۰/۵۹۱ از وضعیت تاب‌آوری کم برخوردار می‌باشند. توزیع فضایی تاب‌آوری در سطح منطقه نشان می‌دهد که نواحی شهری که در شمال و غرب منطقه واقع شده‌اند از تاب‌آوری زیادی و نواحی شهری که در شرق منطقه قرار گرفته‌اند از تاب‌آوری پایینی برخوردار می‌باشند نتایج این مدل، نتایج حاصل از مدل تاپسیس را مورد تایید قرار می‌دهد (جدول ۶ و شکل ۵).



شکل ۵: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل HAW (مأخذ: نگارندگان)

• روش مجموع ساده وزنی^۱

تحلیل وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله براساس نتایج مدل ساو در جدول شماره (۷) آورده شده است.

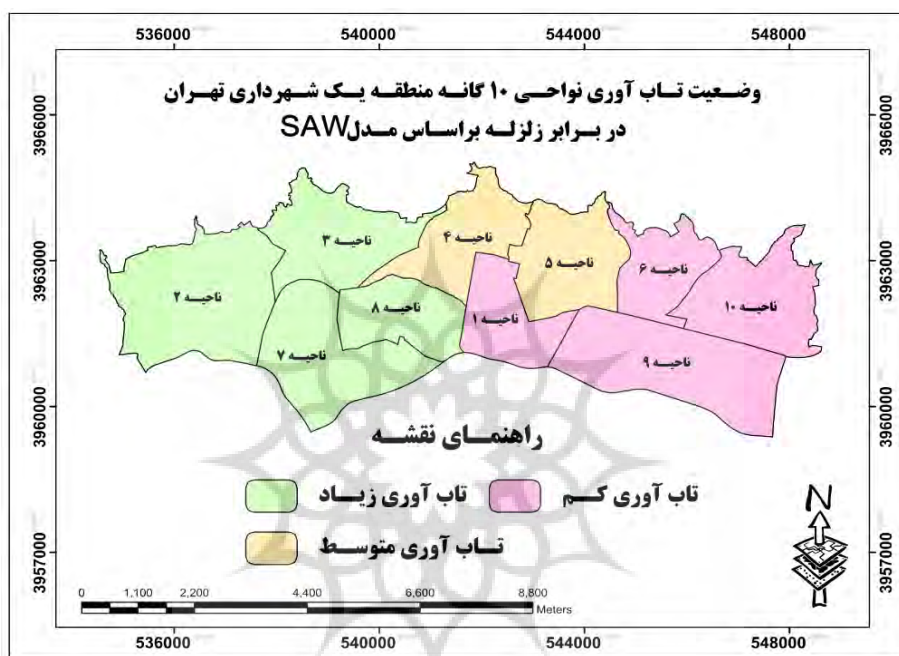
جدول ۷: رتبه‌بندی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل SAW

رتبه نهایی	رتبه نهایی		SAW	نواحی
	ردیف	ردیف		
تاب‌آوری زیاد	۳ ناحیه	۱	۴/۰۷۴	۱ ناحیه
	۲ ناحیه	۲	۱۰/۸۲۸	۲ ناحیه
	۸ ناحیه	۳	۱۰/۹۹۵	۳ ناحیه
	۷ ناحیه	۴	۷/۳۸۹	۴ ناحیه
تاب‌آوری متوسط	۵ ناحیه	۵	۷/۸۷۵	۵ ناحیه
	۴ ناحیه	۶	۴/۷۲۰	۶ ناحیه
تاب‌آوری کم	۹ ناحیه	۷	۹/۵۹۲	۷ ناحیه
	۱۰ ناحیه	۸	۱۰/۵۴۵	۸ ناحیه
	۶ ناحیه	۹	۶/۳۶۰	۹ ناحیه
	۱ ناحیه	۱۰	۴/۸۴۶	۱۰ ناحیه

(مأخذ: محاسبات نگارندگان)

1- Simplified Additive Weighting method(SAW)

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها و رتبه‌بندی نواحی با استفاده از مدل ساو نشان می‌دهد که نواحی ۳، ۲، ۸ و ۷ با کسب بالاترین امتیاز از تاب‌آوری زیادی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند. بعد از این نواحی، ناحیه ۵ و ۴ به ترتیب با کسب امتیاز ۷/۸۷۵ و ۷/۳۸۹ در دامنه تاب‌آوری متوسط قرار دارند. نواحی ۹، ۱۰، ۶ و ۱ به ترتیب با کسب امتیاز ۶/۳۶۰، ۴/۸۴۶، ۴/۷۲۰ و ۴/۰۷۴ در دامنه تاب‌آوری کم قرار دارد که از نظر برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله در وضعیت بسیار نامطلوب قرار دارند. توزیع فضایی تاب‌آوری در سطح منطقه براساس مدل ساو حاکی از تایید نتایج مدل‌های تاپسیس و اچ‌آی‌وی مبنی بر تاب‌آوری زیاد نواحی شهری که در غرب منطقه قرار گرفته‌اند و تاب‌آوری کم نواحی شهری که در شرق منطقه واقع شده‌اند، دارد (جدول ۷ و شکل ۶).



شکل ۶: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل SAW (مأخذ: نگارندگان)

• مدل تلفیقی کاندرست

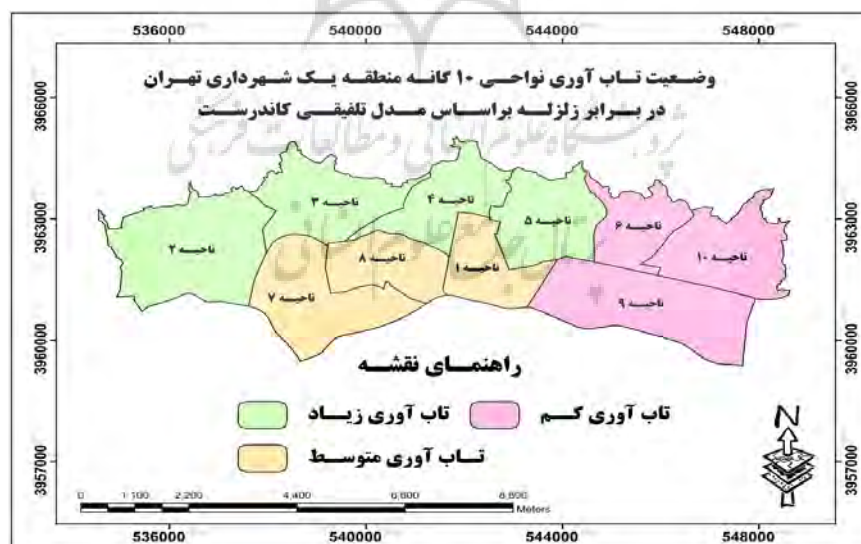
در این پژوهش با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های (تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی و ساو) نواحی منطقه یک شهرداری تهران، رتبه‌های متفاوتی را به دست آورده‌اند. که در این صورت برای رفع تفاوت‌ها و تعارض‌های به‌دست‌آمده بین رتبه‌بندی‌های گوناگون از هر یک از مدل‌ها برای نواحی مختلف می‌توان از روش‌های ادغام استفاده کرد. در این پژوهش با توجه به اینکه از روش‌های مختلفی برای رتبه‌بندی نواحی استفاده شده است، برای رسیدن به یک نتیجه نهایی و واحد برای رتبه‌بندی نواحی با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی و ساو، از مدل تلفیقی کاندرست استفاده شده است. تحلیل وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از نتایج مدل کاندرست به شرح جدول شماره (۸) می‌باشد.

جدول ۸: رتبه‌بندی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل کاندراست

نواحی	امتیازات کاندراست	رتبه‌بندی	امتیازات	وضعیت تاب‌آوری
ناحیه ۱	-۱	ناحیه ۲	۰	تاب‌آوری زیاد
ناحیه ۲	۰	ناحیه ۴	۰	
ناحیه ۳	۰	ناحیه ۵	۰	
ناحیه ۴	۰	ناحیه ۳	۰	
ناحیه ۵	۰	ناحیه ۷	-۱	تاب‌آوری متوسط
ناحیه ۶	-۲	ناحیه ۸	-۱	
ناحیه ۷	-۱	ناحیه ۱	-۱	
ناحیه ۸	-۱	ناحیه ۱۰	-۲	تاب‌آوری کم
ناحیه ۹	-۳	ناحیه ۶	-۲	
ناحیه ۱۰	-۲	ناحیه ۹	-۳	

(مأخذ: محاسبات نگارندگان)

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها و رتبه‌بندی نواحی با استفاده از مدل کاندراست که حاصل تلفیقی نتایج نهایی مدل‌های (تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی و ساو) نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۴، ۵ و ۳ با کسب بالاترین رتبه و امتیاز صفر از تاب‌آوری زیادی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند. در دامنه تاب‌آوری متوسط نواحی ۷، ۸ و ۱ با کسب امتیاز (-۱) قرار دارند. بعد از این نواحی، در دامنه تاب‌آوری کم نواحی ۱۰، ۶ و ۹ به ترتیب با کسب امتیاز (-۲، -۳ و -۳) قرار گرفته‌اند. که از نظر برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله در وضعیت نامناسبی قرار دارند. توزیع فضایی تاب‌آوری در سطح منطقه براساس مدل تلفیقی کاندراست نشان می‌دهد که نواحی شهری که در شمال غربی منطقه واقع شده‌اند از تاب‌آوری زیاد، نواحی شهری که در قسمت جنوب‌غربی منطقه قرار دارند از تاب‌آوری متوسط و نواحی که در شرق منطقه واقع شده‌اند از تاب‌آوری کمی برخوردار می‌باشند (جدول ۸ و شکل ۷).



شکل ۷: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل تلفیقی کاندراست (مأخذ: نگارندگان)

بررسی شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش حاکی از آن دارد که علل کاهش تاب‌آوری در نواحی شرقی منطقه یک شهرداری تهران که شامل نواحی ۶، ۹ و ۱۰ شهرداری است، بیشتر به سازندهای زمین‌شناختی این نواحی مربوط می‌شود بخش عمده سازندهای زمین‌شناختی شرق منطقه یک شهرداری تهران متشکل از سازندهای سست C است که در برابر زلزله از سیمان شدگی و مقاومت خوبی برخوردار نیست. برعکس، نواحی که در غرب منطقه یک شهرداری تهران واقع شده‌اند بیشتر بر روی سازندهای (R) سنگ‌بستر و (A) هزار دره قرار گرفتند که از مقاومت خوبی در برابر زلزله برخوردارند. هر چند مولفه‌های دیگری همچون تراکم بالای ساختمانی، قدمت بالای سازه‌های و کیفیت پایین ابنیه‌ها نیز در کاهش تاب‌آوری نواحی شرقی منطقه یک شهرداری تهران دخالت دارند اما دلیل عمده کاهش تاب‌آوری در نواحی واقع در شرق منطقه، سازندهای زمین‌شناسی سست است. بررسی نتایج پژوهش حاکی از آن دارد که به جز مولفه سازند زمین‌شناسی بقیه مولفه‌های در تمامی نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران تقریباً تاب‌آوری و رفتار مشابه را در برابر زلزله از خود نشان می‌دهند. تحلیل نتایج پژوهش حاضر با سازندهای زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که نواحی ۱، ۳، ۴ و ۵ شهرداری منطقه یک تهران که بر روی سازندهای سنگ‌بستر R (گدازه‌های آتشفشانی ائوسن و سنگ‌های آتشفشانی) و هزار دره A (کنگلومرایی با چند عدسی سنگ ماسه، سنگ سیلت و گل سنگ) واقع شده‌اند، از تاب‌آوری خوبی برخوردارند. بر عکس نواحی ۶، ۹ و ۱۰ شهرداری منطقه که بر روی سازند سست C (کنگلومرهای همگن، متشکل از شن و آواریهایی به اندازه ریگ به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای) واقع شده‌اند، تاب‌آوری کمی از خود در برابر زلزله نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر عدم برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با عواقب زلزله در محیط‌های شهری که با تراکم بالای جمعیتی و ضعف زیرساخت‌های کالبدی رو به رو است منجر به حجم بالای تلفات انسانی و خسارت‌های مالی شده است. از این رو آمادگی برای مقابله و مواجهه با آن امری اجتناب‌ناپذیر است. در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی و ساو) صورت گرفته است. از آنجایی که نمی‌توان به نتایج حاصل از یک مدل در سنجش و توزیع فضایی تاب‌آوری نواحی شهری اطمینان کرد، در پژوهش حاضر جهت بالا بردن دقت نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها از مدل‌های مختلف همچون (تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی و ساو) و مدل تلفیقی کاندراست بهره گرفته شد. نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها جهت سنجش و توزیع فضایی تاب‌آوری در نواحی شهری منطقه یک با استفاده از مدل‌های مختلف حاکی از آن دارد که نواحی شهری که در شمال غربی و غرب منطقه یک واقع شده‌اند از تاب‌آوری زیاد، نواحی مرکزی از تاب‌آوری متوسط و نواحی که در شرق منطقه یک قرار گرفته‌اند از تاب‌آوری کمی برخوردار می‌باشند. علل اصلی تاب‌آوری زیاد نواحی شهری واقع در شمال غربی و غرب منطقه یک، استفاده از مصالح ساختمانی بادوام در ساخت‌وسازها، رعایت فاصله از اراضی ناپایدار به لحاظ شهرسازی، و از همه مهم‌تر وجود سازندهای زمین‌شناسی مناسب همچون (سازند هزار دره A، سنگ‌بستر R و سازند C) می‌باشد که از سیمان شده‌گی و تاب‌آوری زیادی در برابر زلزله برخوردارند.

یافته‌های پژوهش حاکی از آن دارد که بخش مرکزی محله، در نواحی ۱، ۷ و ۸ چهار شاخص سازندهای سست زمین‌شناسی، اراضی ناپایدار به لحاظ شهرسازی، معابر تنگ و باریک و تمرکز بافت‌های فرسوده با قدمت زیاد بیشترین نقش را در کاهش تاب‌آوری این نواحی ایفا نموده‌اند. شاخصی که در بین مولفه‌های مورد بررسی بیشتر موجب کاهش تاب‌آوری کالبدی منطقه در نواحی بخش شرقی محدوده مورد مطالعه یعنی نواحی ۶، ۹ و ۱۰ شده، تاثیر گسل‌های همچون گسل شمال تهران، گسل مشاء، گسل باغ بهایی، گسل محمودیه، گسل شاه‌آباد، گسل تلویپاین، گسل کوثر و گسل شیان است که در داخل یا پیرامون نواحی ذکر شده واقع

شده‌اند که در زمان وقوع زلزله مزید بر علت شده و موجب افزایش آسیب‌پذیری و کاهش تاب‌آوری کالبدی منطقه می‌شوند. با وجود اینکه نتایج این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی و بهبود شاخص‌های شهر تاب‌آور در منطقه یک شهرداری تهران مؤثر واقع شود؛ اما به‌طور حتم به دلیل ابعاد گسترده تاب‌آور جوابگوی همه جوانب و مؤلفه‌های این موضوع نخواهد بود؛ از طرفی دیگر با توجه به اینکه پژوهش حاضر در سطح نواحی منطقه یک صورت گرفته موجب گردید بررسی شاخص‌های تاب‌آور در سطوح پایین-تر شهری (همچون محلات) تا حد زیادی نامشخص و مبهم باقی بماند. لذا در این خصوص پیشنهاد می‌گردد سنجش شاخص‌های تاب‌آور حتی‌الامکان در مقیاس محلات صورت پذیرد تا تحلیل فضایی تاب‌آور در مقیاس‌های کوچک نیز تبیین و آشکار گردد.

منابع

- پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌اله؛ ابدالی، یعقوب؛ الله‌قلی‌پور، سارا. ۱۳۹۸. تحلیل معیارهای تاب‌آوری در بافت فرسوده شهری در برابر زلزله با تأکید بر تاب‌آوری کالبدی (مورد: منطقه ۱۰ شهرداری تهران)، برنامه‌ریزی شهری. ۳۶، ۲۰-۱.
- داداش‌پور، هاشم و عادل، زینب. ۱۳۹۴. سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه‌ی شهری قزوین. دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، ۸: ۷۳-۸۴.
- درستکار گل خلیلی، هما؛ یوسفی، یداله؛ رمضان زاده، مهدی و رورده، همت اله. ۱۳۹۴. ارزیابی میزان تاب‌آوری سکونتگاه‌ها در برابر مخاطره‌ی سیلاب در روستاهای منتخب حوضه نکارود. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴: ۳۰-۱۵.
- رضایی، محمدرضا. ۱۳۸۹. تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری به‌منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله)؛ مطالعه موردی: کلانشهر تهران. رساله دکتری. اساتید راهنما دکتر مجتبی رفیعیان و دکتر علی عسگری. دانشکده انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.
- رضایی، محمدرضا. ۱۳۹۲. ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری در برابر سوانح طبیعی مطالعه‌ی موردی: زلزله‌ی محله‌های شهر تهران. دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران. ۳: ۲۷-۳۸.
- رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی و حسینی، سید مصطفی. ۱۳۹۴. سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله‌های شهر تهران). پژوهش‌های جغرافیایی انسانی. ۶۰۹: ۴-۶۲۳.
- رمضان زاده لسبویی، مهدی. ۱۳۹۲. ساختار اجتماعی-اقتصادی تاب‌آوری ساکنان نواحی روستایی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب، پایان‌نامه، استاد راهنما دکتر سید علی بدری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- رمضان‌زاده لسبویی، مهدی؛ عسگری، علی و بدری، سید علی. ۱۳۹۳. زیرساخت‌ها و تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب منطقه‌ی مورد مطالعه: مناطق نمونه گردشگری چشمه کیله تنکابن و سردآبرود کلاردشت. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۱: ۵۲-۳۵.
- زیاری، یوسفعلی؛ عباداله زاده ملکی، بهناز؛ بهزادپور، الناز. ۱۳۹۷. ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطرات زلزله با رویکرد دستیابی به مدیریت پایدار (مورد مطالعه: منطقه یک تهران). نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۱۰(۲): ۹۷-۱۱۲.
- سایت شهرداری تهران. ۱۳۹۵. <http://region1.tehran.ir>
- شکری فیروزجاه، پری. ۱۳۹۶. تحلیل فضایی میزان تاب‌آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی. نشریه علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی. ۲: ۲۷-۴۴.
- صالحی، اسماعیل؛ آقابابایی، محمدتقی؛ سرمدی، هاجر و فرزادبهنش، محمدرضا. ۱۳۹۰. بررسی میزان تاب‌آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت. محیط‌شناسی، ۵۹: ۹۹-۱۱۲.
- فرزادبهنش، محمدرضا؛ پیربابایی، محمدتقی؛ کی نژاد، محمدعلی و آقابابایی، محمدتقی. ۱۳۹۱. تبیین ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهرهای اسلامی. مطالعات شهر ایرانی/اسلامی. ۹: ۱۱۳-۱۲۱.
- فلاحی، علیرضا و جلالی، تارا. ۱۳۹۲. بازسازی تاب‌آور از دیدگاه طراحی شهری پس از زلزله ۱۳۸۲ بم. نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی. ۳: ۵-۱۶.
- قائدرحمتی، صفدر و قانع‌ی بافقی، روح اله. ۱۳۹۱. تحلیل تأثیر گسترش فضایی شهر تهران در افزایش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله (دوره زمانی: گسترش فیزیکی ۲۰۰ سال اخیر). تحقیقات جغرافیایی. ۱۰۵: ۱۸۲۴۰-۱۸۲۱۸.

- کمیته دائمی بازننگری آیین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله. ۱۳۸۴. طراحی ساختمانها در برابر زلزله استاندارد ۸۴-۲۸۰۰. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ویرایش ۳، تهران.
- محمدی‌سرین دیزج، مهدی واحدنژادروشتی، محسن. ۱۳۹۵. ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله مورد مطالعه: شهر زنجان. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۱: ۱۰۳-۱۱۴.
- معظمی، بهاره و رحیمی، محمود. ۱۳۹۵. سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری در مقابل بحران در بافت قدیم شهری (مورد پژوهش: محله فیض‌آباد کرمانشاه). *جغرافیا و مطالعات محیطی*. ۱۸: ۲۳-۳۴.
- مهندسین مشاور بافت شهر. ۱۳۸۴. تهیه الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه و همکاری با شهرداری منطقه ۱ (الگوی توسعه منطقه ۱). مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری تهران.
- نصیری، علی. ۱۳۹۵. پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه‌ی منطقه شهری ارومیه. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. سال شانزدهم، ۴۰: ۱۱۳-۱۳۰.
- نیکمردنمین، سارا؛ برک‌پور، ناصر و عبدالهی، مجید. ۱۳۹۳. کاهش خطرات زلزله با تأکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری، نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران. مدیریت شهری. ۳۷: ۱۹-۳۴.
- Adger, W.N. 2000. Social and Ecological Resilience: are they related?. *Progress in Human Geography*. 3: 347-364.
- Ainuddin, S., Routray, Jayant Kumar. 2012. Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2: 25-36.
- Al-Nammari, Fatima; Alzaghal, Mohamad. 2014. towards local disaster risk reduction in developing countries: Challenges from Jordan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*: 1-8.
- Bastaminia, A., Rezaie, MR., Tazesh, Y., Dastoorpoor, M. 2016. Evaluation of Urban Resilience to Earthquake A Case Study: Dehdasht City. *International Journal of Ecology & Development*. Volume 31, Issue Number4: 46- 56.
- Bonati, Sara, Martinho P. Mendes. 2014. Building participation to reduce vulnerability: how can local educational strategies promote global resilience? A case study in Funchal – Madeira Island. *Procedia Economics and Finance* 18: 165- 172.
- Cutter, Susan L., Kevin D. Ash, Christopher T. Emrich. 2014. the geographies of community disaster resilience. *Global Environmental Change*. 29: 65-77.
- Dong, Laigen, Jie Shan. 2013. A comprehensive review of earthquake induced building damage detection with remote sensing techniques. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 84: 85-99.
- Kärrholm, M., Nylund, K., Fuente, P. 2014. Spatial resilience and urban planning: Addressing the interdependence of urban retail areas, *Cities*. 36: 121-130.
- Klein, R.J. N and Thomalla, F. 2003. "Resilience to natural hazards: how useful is this concept"?, *Environmental Hazards*. 5: 35-45.
- Mayunga, J. S. 2007. "Understanding and applying the concept of community disaster resilience: A capital-based approach", *A Draft Working Paper Prepared for the Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building*. 22- 28 July 2007, Munich, 2007.
- Meerow, Sara, Joshua P. Newell, Melissa Stults. 2016. Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*. 147: 38-49
- Min Xu, C., Hao Zhang, J., Kaneyuki N., Qisheng He, J., Chaoyi Chang, Y., and Mengxu Gao, X. 2010. Change Detection of an Earthquake Induced Barrier Lake Based on Remote Sensing Image Classification. *International Journal of Remote Sensing*. 31: 3521-3534.
- Mitchell, T., Harris, K. 2012. Resilience: a risk management approach. *background note*. ODI.
- UN/ISDR. 2004. *Living with Risk –A global review of disaster reduction initiatives*. Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction.
- Usamah, M., Handmer, J., Mitchell, D., Ahmed, I. 2014. Can the vulnerable be resilient? Co-existence of vulnerability and disaster resilience: Informal settlements in the Philippines. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 10: 178-189.
- Xu, J. Lu, Y. 2018. Towards an earthquake-resilient world: from post-disaster reconstruction to pre-disaster prevention, *Environmental Hazards*, Volume 17, Issue 4, Pages 269-275.
- Zhang, X., Li, H. 2018. Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know?, *Cities*, 72, 141-148.

Zhou, Hongjian; Jing'ai Wang; Jinhong Wan; Huicong Jia. 2010. Resilience to natural hazards: a geographic perspective. *Natural Hazards*. **59**: 4-21.





پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی