نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره۲، تابستان ۱۳۹۹
صفحات ۸۱ - 102

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

علی عشقی چهاربرج[1]؛ 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.

دریافت مقاله : ۱۳۹۶/۰۴/۰۷ پذیرش نهایی:۱۳۹۹/۰۲/۲۶

چکیده

در چند دهه اخیر زلزله به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین مخاطره محیطی خسارت‌های بسیاری را به اموال و دارایی‌ها در نواحی شهری و اطراف آن وارد نموده است، با توجه به اینکه زلزله به‌عنوان نیروی محرک بیرونی ثابت است برای کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری نیاز است. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت تاب‌آوری 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 می‌باشد. برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از مؤلفه‌ها از فرآیند تحلیل شبکه‌ای(ANP) استفاده شده است. برای رتبه‌بندی وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل تاپسیس، ویکور، HAW و SAW استفاده شد، سپس برای رسیدن به یک نتیجه واحد از این تحلیل‌ها، از مدل تلفیقی کاندرست بهره گرفته شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۴، ۵ و ۳ با کسب بالاترین رتبه از تاب‌آوری زیادی، نواحی ۷، ۸ و ۱ از تاب‌آوری متوسط، ناحیه ۱۰ و ۶ از تاب‌آوری کم و ناحیه ۹ از تاب‌آوری خیلی کم در برابر زلزله برخوردار می‌باشد که (باید) در برنامه‌ریزی‌های آتی در اولویت برنامه‌ریزی قرار گیرد.

واژه های کلیدی: تاب‌آوری، زلزله، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، منطقه یک شهرداری تهران.

[1]. نویسنده مسئول: Email: aeshghei@gmail.com

مقدمه

بلایای طبیعی یکی از چالش‌های اصلی برای کشورهای در حال توسعه است، که نه‌تنها 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). بلایای اتفاق افتاده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که جوامع و افراد به صورت فزاینده‌ای آسیب‌پذیرتر شده و ریسک‌ها نیز افزایش‌یافته‌اند (Mayunga, 2007: 1; Ainuddin and Routray, 2012: 26). بر اثر وقوع بلایای 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 درحال‌توسعه 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 بلایا جلوگیری کرد زیرا برخی بلایا دارای اشکال بزرگ و پیش‌بینی‌ناپذیرند. بنابراین باید ظرفیت و توان ساکنان برای مقاومت و زندگی در کنار بلایا را بهبود بخشید. در چنین شرایطی، سازمان‌های بین‌المللی برای کاهش بلایا، استراتژی ایجاد جوامع تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی را هدف خود قرار داده و آن را در چهارچوب هیوگو برای سال‌های ۲۰۰۵- ۲۰۱۵ مطرح نمودند (Zhou, 2010: 23). پس از چارچوب 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 اجتماعِ 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 هنگامی‌که به آن نیاز دارد، داشته باشد (Adger,2000: 349).

واژه تاب‌آوری اغلب به مفهوم «بازگشت به گذشته» به کار می‌رود که از ریشهٔ لاتین Resilio به معنا «پرش به گذشته» گرفته‌شده است (Klein, 2003: 39). این مفهوم در سال ۱۹۷۳توسط هالینگ (که از وی به‌عنوان پدر تاب‌آوری یاد می‌شود) به‌عنوان یک اصطلاح توصیفی در اکولوژی معرفی گردید (Kärrholm et al,2014:121). تایمرمن[1] (۱۹۸۱) اولین فردی بود که مفهوم تاب‌آوری را در حوزه بلایا 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

1- Taymrmn

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 شبکه علیت 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 فرزادبهتاش 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، می‌توانند به بازسازی تاب‌آور از دیدگاه طراحی شهری بم کمک نمایند. رضایی(۱۳۹۲) در ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی محلات شهر تهران با استفاده از مدل پرومته به این نتیجه رسید محله‌های قیطریه، 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 تاب-آوری 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 عادلی (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 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.

مرو[1] 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

1- Meerow

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[1] (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[2] (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- هیمالیا قرار گرفته لذا از نظر موقعیت تکامل تکتونیکی، 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(قائدرحمتی و قانعی 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 نیاوران، 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؟

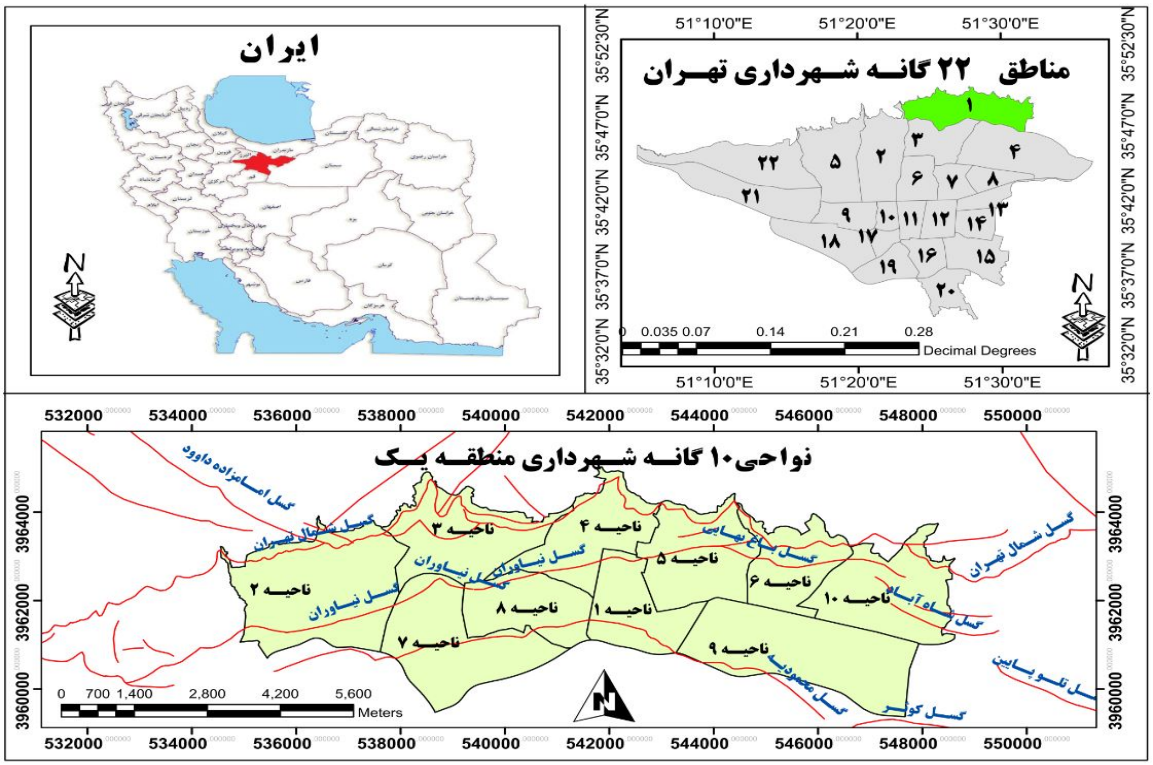
داده ها و روش کار

- **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 منطقه۱، 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).



شکل۱: 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 ۱۳۹۵مورد 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 مورداستفاده 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 نرم‌افزارSuper Decisions استفاده شد. سپس برای رتبه‌بندی نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل

تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی[1] و ساو[2] استفاده شد، در این پژوهش با توجه به اینکه از روش‌های مختلفی جهت رتبه‌بندی نواحی استفاده‌شده بود نتایج متفاوتی حاصل گردید، برای رفع تعارض‌های به‌دست‌آمده بین رتبه‌بندی‌های گوناگون نواحی در هریک از مدل‌ها، و رسیدن به یک نتیجه واحد برای رتبه‌بندی نواحی از مدل تلفیقی کاندرست[3] 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 می گردد:

- **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 موردمطالعه 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.

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

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) استفاده‌شده است. در این مرحله، باید ماتریس V را تشکیل دهیم. در واقع ماتریس V حاصل‌ضرب مقادیر استاندارد هر مؤلفه در وزن مربوط به همان مؤلفه است.

مرحله چهارم: تعیین فاصله iامین گزینه از گزینه ایده‌آل (بالاترین عملکرد هر شاخص) با استفاده از رابطه(۲) ایده‌آل مثبت تهیه می‌گردد:

رابطه ۲:
$$A^{+} = \left\{ v^{+}_{\max 1}, v^{+}_{\max 2}, ..., v^{+}_{\max n} \right\}$$

مرحله پنجم: تعیین فاصله iامین گزینه از گزینه حداقل (پایین ترین عملکرد هرشاخص) با استفاده از رابطه (۳) حداقل تهیه می-گردد:

رابطه۳:
$$A^{-} = \left\{ v^{-}_{\min 1}, v^{-}_{\min 2}, ..., v^{-}_{\min n} \right\}$$

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

رابطه ۴:
$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij} - V_J^+\right)^2}$$

رابطه ۵:
$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij} - V_J^-\right)^2}$$

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

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

مرحله هشتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس میزان CLi است. در این راستا ۱= CLi نشان دهنده بالاترین رتبه و نیز ۰= CLi نشان دهنده پایین‌ترین رتبه است.

- **رتبه‌بندی مناطق ده‌گانه با استفاده از مدل ویکور**

مراحل اولیه روش ویکور مشابه با مراحل اولیه تکنیک تاپسیس است. به‌طوری‌که 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.

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

رابطه۸:
$$R = L_j^{p=\infty} = \max\left\{W_i\left(\left|f_i^* - f_{ji}\right|\right)/\left(\left|f_i^* = f_i^-\right|\right)\middle| i = 1,2,...,n\right\}$$

در رابطه فوق فاصله S_j از گزینه i نسبت به راه‌حل ایده‌آل(ترکیب بهترین) و فاصله R_j گزینه i 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:

رابطه ۹:
$$Q_j = v\left(S_j - S^*\right)/\left(S^- - S^*\right) + (1+v)\left(R_j - R^*\right)/\left(R^- - R^*\right)$$

در رابطه فوق $j = 1,...,J$، $S^* = \min_j S_j$، $S^- = \max_j S_j$، $R^* = \min_j R_j$ و $R^- = \max_j R_j$ وV، وزن حداکثر مطلوبیت گروهی می‌باشد که معمولاً ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

- **روش مجموع وزنی سلسله مراتبی**

این مدل با تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری شروع می‌شود. در این ماتریس ازآنجایی‌که 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 رابطه۱۱ استفاده می‌شود.

رابطه ۱۰: جهت‌گیری منفی

$$C_j = \frac{\frac{1}{r_{ij}}}{\sum \frac{1}{r_{ij}}}$$

رابطه ۱۱: جهت‌گیری مثبت

$$C_j = \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij}}$$

- **روش مجموع ساده وزنی**

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

رابطه۱۲:

$$\{A_i | MAX_i \frac{\sum_j W_i . r_{ij}}{\sum_j W_j}$$

و چنانچه $\sum_j W_j$ =۱ باشد، طبق تابع زیر محاسبه می‌شود.

رابطه ۱۳:

$$A = \{A_i | MAX_i \sum_j W_i . r_{ij}$$

- **مدل تلفیقی کاندرست**

از مدل کاندرست برای ادغام نتایج مدلهای مختلف و رفع تفاوت‌ها و تعارض‌های به‌دست‌آمده بین رتبه‌بندی‌های گوناگون هر یک از مدل‌ها استفاده می شود. برای انجام روش کاندرست یک ماتریس تشکیل می‌شود که در آن ماتریس، حوزه‌ها در سطر و ستون وارد می‌شوند؛ بعد از تشکیل ماتریس، نواحی به‌صورت 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 کاندرست 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 می‌نویسیمA $\succ$ B، $s \succ$ A در اینجا ضد متقارن رابطه اولویتی تلفیقی کاندرست است، در روش کاندرست اگر دو گزینه A_1 و A_k آراء مساوی کسب کنند خواهیم داشت A_k = A_1 نام دیگر روش کاندرست روش حداکثریت رأی ساده است.

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

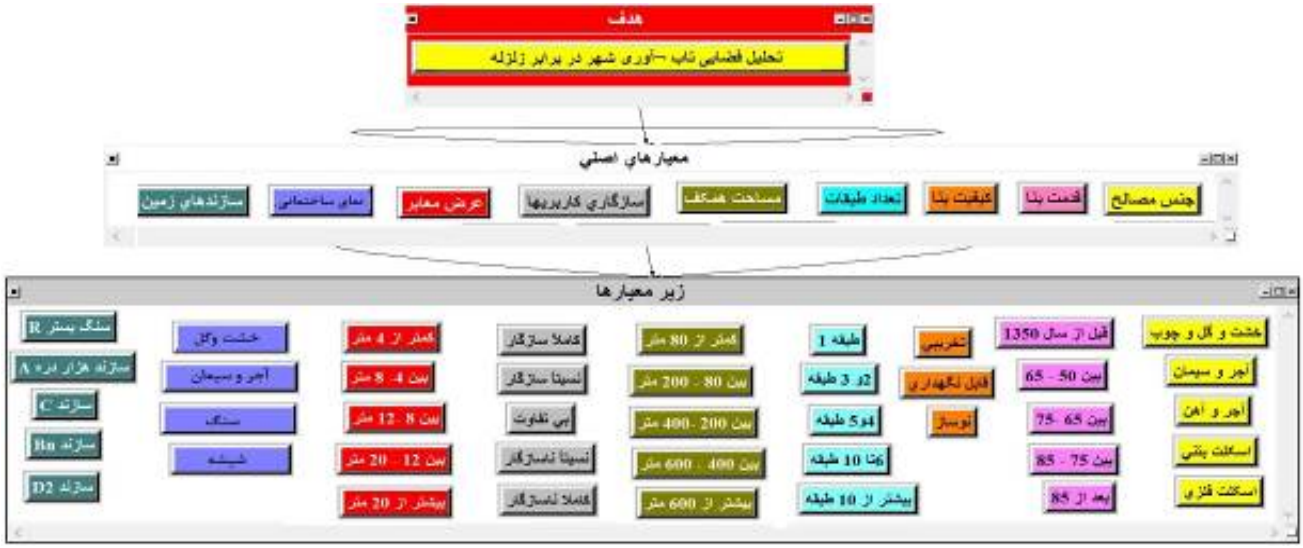
جدول ۱: مؤلفه‌های مورد استفاده در پژوهش

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. تاب‌آوری در برابر زلزله کاهش خواهد یافت
سازگاری کاربری‌ها	هر چه کاربری‌های سازگار در سطح منطقه بیشتر باشد، تاب‌آوری منطقه بیشتر خواهد بود..	**مساحت همکف ساختمان**	هرچه مساحت همکف ساختمان‌ها پهنای کمتری داشته باشد از تاب‌آوری کمی برخوردار خواهد بود و برعکس	**نوع مصالح**	هر چه نوع مصالح به کار رفته در ساخت‌وسازها از نوع مصالح بادوام باشد میزان تاب‌آوری افزایش خواهد یافت و برعکس.
کیفیت بنا	هرچه ساختمان‌های تخریبی در سطح منطقه بیشتر باشد، تاب‌آوری کاهش خواهد یافت.	**تعداد طبقات**	هرچه ساختمان‌های بلندمرتبه بیشتر باشد تاب‌آوری دلیل آسیب‌پذیری و مسدود شدن معابر کاهش خواهد یافت.	**سازند زمین‌شناسی**	ژئوتکنیک و مقاومت بستر زمین از نوع سنگ و خاک از فاکتورهای مهم تاب‌آوری شهری در برابر زلزله

(سلمانی مقدم، ۱۳۹۳: ۳۱؛ صالحی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۸؛ سرین دیزج و احدنژاد، ۱۳۹۵: ۱۰۶؛ داداش پور و عادلی، 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 تاب‌آوری منطقه یک شهرداری تهران که در محیط نرم‌افزار Super Decisions ترسیم شده، را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار خوشه‌ای معیارهای مؤثر در تاب‌آوری 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 تاب‌آوری معیارهای موردپژوهش 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

معیار اصلی	کد	زیرمعیار	وزن	معیار اصلی	کد	زیرمعیار	وزن	معیار اصلی	کد	زیرمعیار	وزن
عرض معابر	X1	کمتر از ۴ متر	۰/۰۴۰	سازه‌های ساختمانی	X15	خشت و گل	۰/۱۳۲	قدمت بنا	X29	بین ۵۰ تا ۶۵	۰/۰۸۱
	X2	۸- ۴ متر	۰/۰۶۳		X16	آجر و سیمان	۰/۲۷۳		X30	بین ۶۵ تا ۷۵	۰/۱۲۹
	X3	۱۲- ۸ متر	۰/۱۵۸		X17	شیشه	۰/۵۴۷		X31	بین ۷۵ تا ۸۵	۰/۲۸۷
	X4	۲۰-۱۲ متر	۰/۲۳۵	مساحت همکف ساختمان	X18	کمتر از ۸۰ متر	۰/۰۳۹		X32	بعد از سال ۱۳۸۵	۰/۴۶۱
	X5	بیشتر از ۲۰	۰/۵۰۲		X19	بین ۸۰ تا۲۰۰ متری	۰/۰۸۰	نوع مصالح	X33	خشت و گل	۰/۰۳۶
سازگاری کاربری‌ها	X6	کاملاً سازگار	۰/۵۰۵		X20	بین۲۰۰ تا۴۰۰ متری	۰/۱۳۶		X34	آجر و سیمان	۰/۰۷۵
	X7	نسبتاً سازگار	۰/۲۳۶		X21	بین ۴۰۰ تا ۶۰۰	۰/۲۴۱		X35	آجر و آهن	۰/۱۴۲
	X8	بی تفاوت	۰/۱۳۹		X22	بیش از ۶۰۰ متر	۰/۵۰۱		X36	اسکلت بتنی	۰/۲۸۵
	X9	نسبتاً ناسازگار	۰/۰۷۳	تعداد طبقات	X23	۱ طبقه	۰/۵۰۳		X37	اسکلت فلزی	۰/۴۵۷
	X10	کاملاً ناسازگار	۰/۰۴۴		X24	۲ و ۳ طبقه	۰/۲۴۲	سازند زمین‌شناسی	X38	سنگ بستر R	۰/۴۷۰
کیفیت بنا	X11	تخریبی	۰/۰۷۰		X25	۴ و ۵ طبقه	۰/۱۳۷		X39	سازند هزار دره A	۰/۲۶۷
	X12	قابل نگهداری	۰/۲۲۲		X26	۶ تا ۱۰ طبقه	۰/۰۴۲		X40	سازند C	۰/۱۴۲
	X13	نوساز	۰/۷۰۷		X27	بیشتر از ۱۰	۰/۰۷۳		X41	سازند Bn	۰/۰۷۵
نمای بنا	X14	سنگ	۰/۰۴۶	قدمت بنا	X28	قبل از سال ۱۳۵۰	۰/۰۴۰		X42	سازند D2	۰/۰۴۳

(مأخذ: نگارندگان)

در این پژوهش پس از جمع‌آوری داده‌ها و ترکیب آن‌ها، ماتریس داده‌های خام هر یک از مؤلفه‌ها در محدوده موردمطالعه تعریف‌شده است که در آن X شاخص‌های موردمطالعه می‌باشند(جدول۳).

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	۲۱۳۹	۹۷	۱۷۵	۱۰۷	۴۲	۱۰۶۶	۶۳۵
ناحیه ۲	۰	۱۷۹	۱۲۳	۳۲۵	۴۱	۵۲۱۴	3۱۹۳	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	۲۰۲۲	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	۹۴۵	۹۸۶	۴۰۱	۹۵	۸۵	۸۹۱	۱۴۱۴
ناحیه ۷	۲۳۹۵	۱۵۴	۱۵۷۱	۳۷۲۲	۲۱۵	۱۱۶۴	۲۱۶۱	۱۸۲۶	۳۵۲	۱۵۸	۱۳۹۳	۳۶۱۵

ناحیه ۸	۱۴۴۳	۱۷۲	۲۸۸۲	۲۵۱۹	۱۵۲	۲۱۰۵	۲۱۱۴	۱۲۴۳	۱۸۱	۸۲	۱۷۹۳	۳۳۸۲
ناحیه ۹	۲۴۷	۹۵	۱۵۶	۱۰۹۹	۱۰۵	۲۲۴	۲۲۹	۳۶۶	۱۸۱	۴۵۵	۲۵۲	۸۴۷
ناحیه۱۰	۹۵۶	۱۷۰	۷۳	۱۷۴۱	۳۹۰	۴۲۸	۳۳۸	۴۷۱	۳۰۶	۸۳۱	۳۴۰	۱۴۶۳

ادامه جدول (۳)

نواحی	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	X32	x33
ناحیه ۱	۳۱۱	۴۷	۱۱	۸۴	۹۸۱	۵۶۲	۷۵۴	۱۷۹	۸۴
ناحیه ۲	۶۸۳	۱۸۱	۳۳	۱۶۶	۲۰۰۴	۱۵۳۶	۱۷۵۰	۳۵۴	۱۶۶
ناحیه ۳	۴۰۴	۱۰	۷۸	۱۳۴	۲۵۵۷	1961	۱۱۸۷	۲۴۵	۱۳۵
ناحیه ۴	۲۴۲	۱۱	۵۸	۱۲۹	۱۶۹۵	۶۳۶	۸۹۸	۱۵۲	۱۲۹
ناحیه ۵	۲۷۹	۸۲	۱۴	۷۳	۱۲۳۳	۸۳۰	۱۱۲۵	۱۵۱	۷۳
ناحیه ۶	۱۶۳	۳۶	۸	۱۱۶	۹۵۰	۶۴۷	۶۸۹	۱۱۰	۱۱۶
ناحیه ۷	۴۹۵	۱۲۶	۳۳	۱۵۸	۱۵۵۹	۱۴۴۵	۲۱۸۰	۳۱۰	۱۵۸
ناحیه ۸	۴۵۸	۸۷	۵	۱۸۵	۲۸۶۲	۱۰۵۸	۱۲۹۱	۳۲۹	۱۸۵
ناحیه ۹	۲۴۱	۹۰	۲۵	۷۴	۱۴۵	۹۸۵	۱۶۳	۸۸	۷۴
ناحیه ۱۰	۳۵۹	۱۷۵	۳۷	۱۰۹	۱۰۱	۱۲۰۸	۵۸۴	۳۷۲	۱۰۹
نواحی	x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40	X41	X42
ناحیه ۱	۱۳۰۹	۷۲	۶۶۵	۴۳۰	۰	۰	۲۵۶/۳۴	۴۱/۲۷	۵/۸۲
ناحیه ۲	۲۷۸۷	۱۰۵	۱۶۶۸	۱۰۹۳	۸۴/۹۸	۲۶۴/۹۶	۳۲۷/۷	۲۵/۵۱	۳۰/۸۷
ناحیه ۳	۳۰۰۳	۱۳۹	۱۳۸۳	۴۲۴	۱۷۱/۳۲	2.8۲/۸	۲۵۷/۱۱	۰	۲۵/۸۷
ناحیه ۴	۲۰۰۹	۹۱	۸۳۱	۴۵۰	۹۹/۱۹	۰	۱۸۶/۷۲	۰	۸۸/۰۶
ناحیه ۵	۱۶۰۴	۱۶۸	۸۹۷	۶۷۹	۱۰۳/۳۴	۴۶/۴۹	۲/۶۴	۴۸/۱۴	۳۳/۲۹
ناحیه ۶	۱۱۰۸	۲۷۱	۵۲۸	۴۸۹	۱۴۲/۹۸	۸۷/۳۵	۲۸/۵۲	۳۸/۱۸	۰
ناحیه ۷	۲۱۰۴	۳۰۳	۱۶۱۵	۱۴۸۲	۰	۱۳۱/۱۹	۳۶۲/۵۷	۳/۹۲	۳۸/۴۷
ناحیه ۸	۳۰۰۶	۵۰۶	۱۴۱۳	۶۱۵	۰	۰	۲۸۹/۴۹	۲۶/۲	۰
ناحیه ۹	۱۴۵	۹۸۹	۱۷۷	۷۰	۰	۰/۶۱	۶۴۷/۱	۲۰/۳۴	۰
ناحیه ۱۰	۱۰۱	۱۲۰۸	۵۸۴	۳۸۲	۰	۱۷۴/۴۱	۲۷۸/۴	۰	۹/۱۲

(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 استفاده‌شده است. نتایج حاصل از مدلهای مورد پژوهش در تحلیل فضایی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله به شرح زیر می باشد:

- **رتبه‌بندی مناطق ده‌گانه با استفاده از مدل تاپسیس**

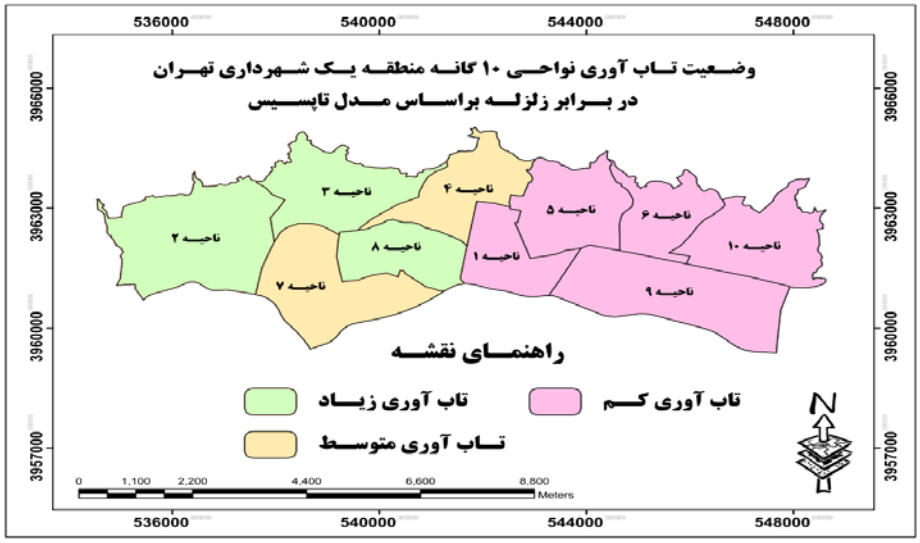
تحلیل وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از نتایج مدل تاپسیس به شرح جدول شماره (۴) می باشد.

جدول۴: رتبه‌بندی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل تاپسیس

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

(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 تاب آور 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 شکل۳).



شکل۳: 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**

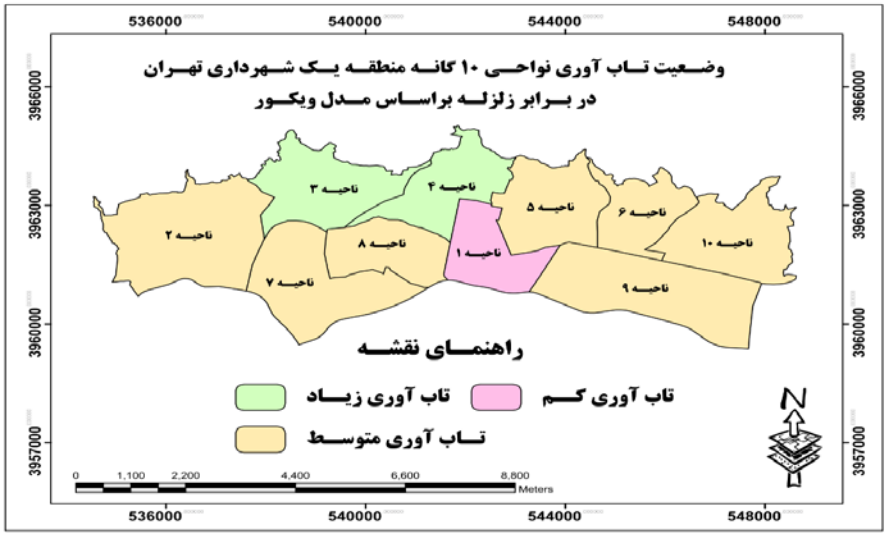
تحلیل وضعیت تاب آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله براساس نتایج مدل ویکور در جدول شماره (۵) آورده شده است.

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

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

(مأخذ: محاسبات نگارندگان)

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل ویکور نشان می‌دهد که نواحی ۳و 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 و۴ در قسمت شمالی منطقه به دلیل برخورداری از سازندهای زمین‌شناسی مناسب و سازه‌های بادام نسبت به دیگر نوای منطقه از تاب‌آوری زیادی برخوردار می‌باشند(جدول۵ و شکل۴).



شکل۴: 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**[1]

تحلیل وضعیت تاب آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله براساس نتایج مدل اچ‌آی‌وی به شرح جدول شماره (۶) می باشد.

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

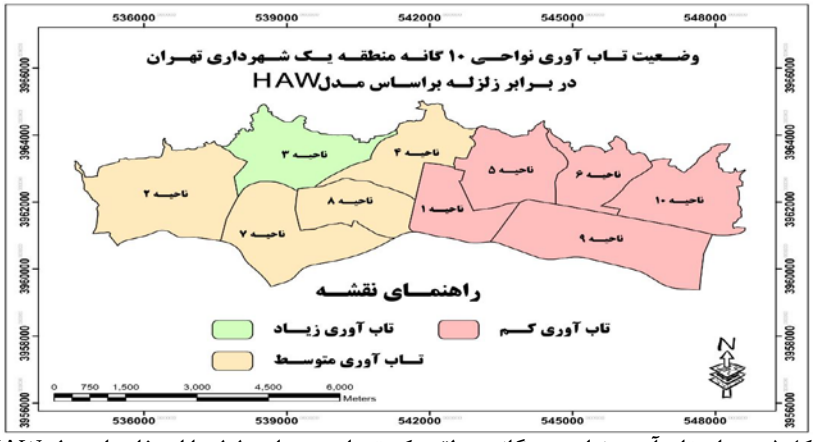
نواحی	HAW	رتبه نهایی		وضعیت
		ردیف	رتبه‌بندی	
ناحیه ۱	۰/۶۲۳	۱	ناحیه ۳	**تاب‌آوری زیاد**
ناحیه ۲	۱/۳۵۷	۲	ناحیه ۲	**تاب‌آوری متوسط**
ناحیه ۳	۱/۶۱۵	۳	ناحیه ۷	
ناحیه ۴	۱/۰۲۱	۴	ناحیه ۸	
ناحیه ۵	۰/۸۵۲	۵	ناحیه ۴	
ناحیه ۶	۰/۵۹۵	۶	ناحیه ۵	**تاب‌آوری کم**
ناحیه ۷	۱/۲۵۸	۷	ناحیه ۱۰	
ناحیه ۸	۱/۲۷۸	۸	ناحیه ۱	
ناحیه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

(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(جدول۶ و شکل۵).



شکل۵: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل HAW
(مأخذ: نگارندگان)

- **روش مجموع ساده وزنی**[1]

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

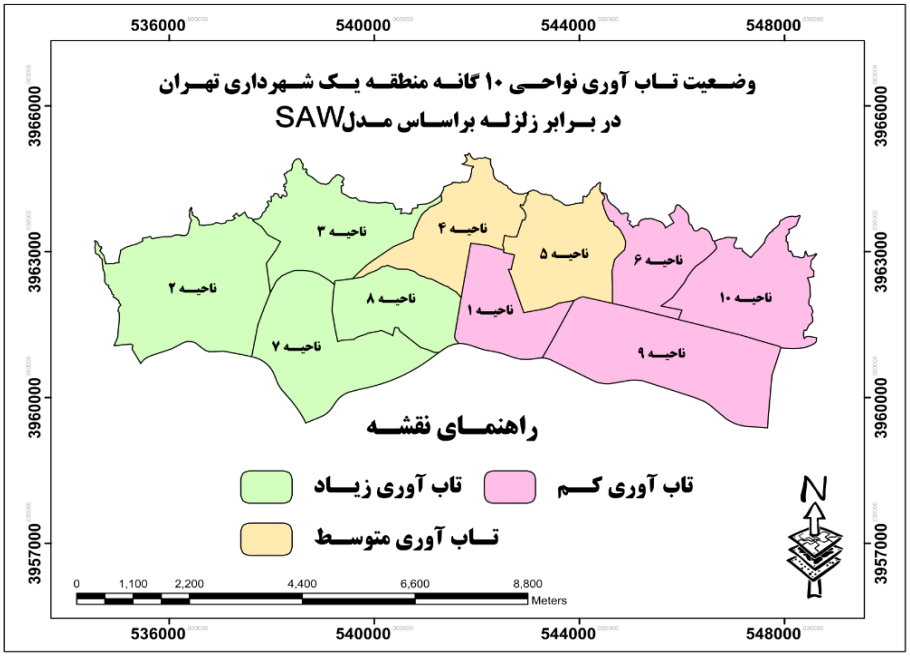
جدول ۷: رتبه‌بندی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله با استفاده از مدلSAW

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

(مأخذ: محاسبات نگارندگان)

1- Simpled 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 شکل۶).



شکل۶: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدلSAW
(مأخذ: نگارندگان)

- **مدل تلفیقی کاندرست**

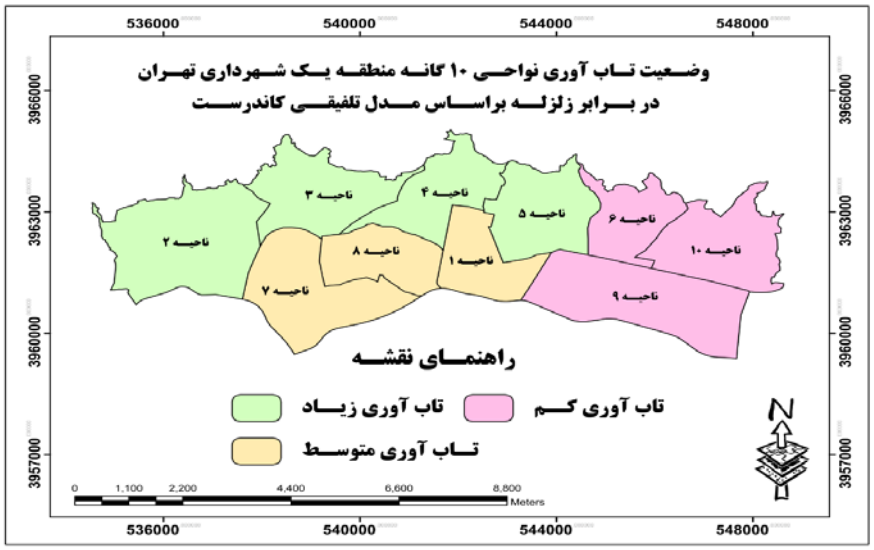
در این پژوهش با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های(تاپسیس، ویکور، اچ‌آی‌وی و ساو) نواحی منطقه یک شهرداری تهران، رتبه‌های متفاوتی را به دست آورده‌اند. که در این صورت برای رفع تفاوت‌ها و تعارض‌های به‌دست‌آمده بین رتبه‌بندی‌های گوناگون از هر یک از مدل‌ها برای نواحی مختلف می‌توان از روش‌های ادغام استفاده کرد. در این پژوهش با توجه به اینکه از روش‌های مختلفی برای رتبه‌بندی نواحی استفاده‌شده 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 استفاده‌شده است. تحلیل وضعیت تاب آوری 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 کاندرست

نواحی	امتیازات کاندرست	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 تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رتبه‌بندی نواحی با استفاده از مدل کاندرست 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-، ۲- 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 کاندرست 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(جدول۸ و شکل۷).



شکل۷: میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل تلفیقی کاندرست
(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 (کنگلومراهایی با چند عدسی سنگ ماسه، سنگ سیلت و گِل سنگ) واقع شده‌اند، از تاب‌آوری خوبی برخوردارند. بر عکس نواحی ۶، ۹ و ۱۰ شهرداری منطقه که بر روی سازند سست C (کنگلومراهای 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. ازاین‌رو آمادگی برای مقابله و مواجه 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. ازآنجایی‌که 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 کاندرست 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 تاب-آوری این نواحی ایفا نموده‌اند. شاخصی که در بین مولفه‌های مورد بررسی بیشتر موجب کاهش تاب‌آوری کالبدی منطقه در نواحی بخش شرقی محدوه 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 تلوپایین، 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 عادلی، زینب. ۱۳۹۴. سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه‌ی شهری قزوین. *دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران*، **۸**: ۸۴-۷۳.

درستکار گل خیلی، 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**: ۳۸-۲۷.

رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی و حسینی، سید مصطفی. ۱۳۹۴. سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله(مطالعهٔ موردی: محله‌های شهر تهران). *پژوهش‌های جغرافیای 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 لسبوئی، 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). نگرش های 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 فرزادبهتاش، محمدرضا. ۱۳۹۰. بررسی میزان تاب‌آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت. *محیط‌شناسی*، **۵۹**: ۹۹-۱۱۲.

فرزادبهتاش، محمدرضا؛ پیربابایی، محمدتقی؛ کی نژاد، محمدعلی وآقابابایی، محمدتقی. ۱۳۹۱. تبیین ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهرهای اسلامی. *مطالعات شهر ایرانی اسلامی*. **۹**: ۱۱۳-۱۲۱.

فلاحی، علیرضا وجلالی، تارا. ۱۳۹۲. بازسازی تاب‌آور از دیدگاه طراحی شهری پس از زلزله ۱۳۸۲بم. 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 بازنگری 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 موردمطالعه: شهر زنجان. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۱**: ۱۰۳-۱۱۴.

معظمی، بهاره ورحیمی، 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 وعبدالهی، 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.