دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست ودوم، شماره‌ی ۷۸
تابستان ۱۴۰۱، صفحات ۲۱۱-۱۹۱

DOI:10.52547/GeoSpa.22.2.191

موسی عابدینی[۱]*
علی عشقی چهاربرج[۲]
سعیده علوی[۳]

ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهر در سناریوهای مختلف زلزله نمونه موردی: منطقه شش شهر تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۹

چکیده

در بین مخاطرات محیطی، زلزله با خرابی ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری، خسارت‌های بسیاری را به اموال و دارایی‌ها در نواحی شهری و اطراف آن وارد می‌کند. در مواجهه با چنین وضعیتی ایجاد جوامع تاب‌آور مناسب‌ترین راهبرد برای مقابله با بحران زلزله است. نخستین گام برنامه‌ریزی اصولی و آگاهانه در ایجاد جوامع تاب‌آور، سنجش میزان تاب‌آوری سازه‌های شهری در برابر زلزله‌های احتمالی است. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر سناریوهای مختلف زلزله انجام شد. جهت سنجش از ۱۰ معیار اثرگذار در قالب ٤٦ زیرمعیار که در تاب‌آوری کالبدی منطقه مؤثر بودند، استفاده شد. روش پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است. برای تحلیل وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها از تحلیل شبکه‌ی (ANP) و برای طراحی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف از روش Fuzzy و مدل μ_D در محیط GIS بهره گرفته شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در زلزله شش ریشتری از مجموع سازه‌های منطقه، ۱۲/۳٦ درصد که بیش‌تر در ناحیه یک شهرداری منطقه در (محله ایرانشهر) و در ناحیه ۲ شهرداری منطقه (محله نصرت) قرار دارند، از تاب‌آوری کمی در برابر زلزله برخوردارند. در زلزله هفت ریشتر، ۵۵/۲٤ درصد سازه‌های منطقه تاب‌آوری کم و ۱۷/٦۹ درصد سازه‌ها تاب‌آوری خیلی کمی در برابر زلزله دارند. در زلزله هشت ریشتری، با افزایش شدت زلزله،

*۱- گروه جغرافیای طبیعی (گرایش ژئومورفولوژی) دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. (نویسنده مسئول). E-mail: Abedini@uma.ac.ir
۲- دانش‌آموخته دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- دانش‌آموخته دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

۲۳/۰٦ درصد سازه‌های منطقه با تاب‌آوری کم و ۵۳/۳۱ درصد سازه‌ها با تاب‌آوری خیلی‌کم مواجه‌اند که بیش‌ترین تعداد این سازه‌ها در سطح منطقه ٦ شهر تهران در نواحی شهرداری ۱ (محلات ایرانشهر و ولیعصر)، ۲ (محله نصرت)، ۳ (محلات بهجت‌آباد و قائم)، ٤ (محله فاطمی) و ۵ (محله آرژانتین) منطقه قرار دارند.

کلید واژه‌ها: تاب‌آوری، سناریوهای زلزله، FuzzyANP، منطقه ٦ شهر تهران.

مقدمه

یکی از معضلات تهدیدکننده همیشگی زندگی جوامع انسانی طی قرون متمادی، وقوع بلایا و سوانحی است که صدمات جبران‌ناپذیری به ابعاد مختلف زندگی انسان‌ها اعم از حوزه‌های سکونتی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و روان‌شناختی وارد کرده است (Basher et al., 2015: 141؛ Esmaeili Kakhki et al., 2020: 75). افزایش سریع جمعیت، کمبود منابع و مدیریت نادرست آن سبب شده است که مخاطرات طبیعی بیش از بیش به‌عنوان یک عامل مهم تهدید کنند جوامع انسانی به شمار آید (COP, 2015: 21). درحالی‌که کثرت و تکرار بلایا، تسریع می‌شود، مناطق شهری که نیمی از جمعیت جهان در آن زندگی می‌کنند در معرض بلایای متعدد قرار می‌گیرند (Rahman et al., 2016: 1-19). این مسئله به این معنا است که مناطق شهری به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی بدل خواهند شد (León & March, 2014: 251). ویژگی‌های کالبدی و معماری خاص، تراکم بالای جمعیت، سیستم‌های زیرساختی فشرده و به هم مرتبط بر آسیب‌پذیری بالای شهرها در برابر خطرات زلزله و سیل و طوفان‌ها افزوده است (Pelling, 2003: 28; Gunderson, 2010؛ Azarkish et al., 2017: 169). در شرایطی که ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها آن، از روندی صعودی و فزاینده برخوردارند، نیاز به استراتژی‌های برنامه‌ریزی و مدیریت سوانح طبیعی کارآمد امری حیاتی است تا جوامع بشری بتوانند از آسیب‌پذیری در سطوح مختلف به‌ویژه سطح محلی بکاهند (Mitchell & Harris, 2012: 2). حساسیت بالای مخاطرات طبیعی، به‌ویژه زمین‌لرزه، سبب گردیده است تا طیف گسترده‌ای از این فعالیت‌ها و تجربیات متوجه بهبود تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت بحران زمین‌لرزه در شهرها شود (Malek & Pileh Forooshha, 2015: 6). یکی از مفاهیمی که امروزه به طور گسترده به‌منظور رویارویی با شوک‌های طبیعی و یا پیامدهای ناشی از اقدامات انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نظریه تاب‌آوری می‌باشد. در شرایطی که ریسک و عدم قطعیت‌ها در مواجهه با بلایای طبیعی، شوک‌های اقتصادی و غیره در حال رشد می‌باشند، تاب‌آوری به‌عنوان مفهوم مواجهه با اختلالات، غافل‌گیری‌ها و تغییرات معرفی می‌شود (Cimellaro et al., 2015; Renschler et al., 2010; Pisano, 2012; Chelleri, 2012; Lewis & Kelman, 2010). تاب‌آوری به دلیل پویا بودن واکنش جامعه در برابر مخاطرات، نوعی آینده‌نگری است و به گسترش گزینه‌های سیاسی برای رویارویی با عدم قطعیت و تغییر هم کمک می‌کند (Godschalk, 2003: 5; Tompkins & Adger, 2004: 10; Berkes, 2007: 282; Manyena, 2006: 436). بنابراین ضروری است که تاب‌آوری به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر در تصمیم‌گیری‌های جامعه مورد توجه قرار گیرد (Mahmodzadeh & Herischian, 2018: 59). درک

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

قابلیت تاب‌آوری شهری که فراتر از سنجش آسیب‌پذیری شهری در برابر بلایای طبیعی است، ابزار جامع سنجش قابلیت تاب‌آوری شهری در مورد توانایی پاسخگویی جوامع و نهادها، برای ایجاد شهرهای تاب‌آور در برابر مخاطرات شهری را ضروری می‌نماید (Kabir et al., 2018: 1109). افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر بلایای طبیعی به‌ویژه زمین‌لرزه‌ها به میزان زیادی در کاهش این خسارات و همچنین زمان بهبودی جوامع مؤثر است (Heidari et al., 2018: 63). به همین دلیل ضروری است که برنامه‌ریزی، با تمرکز بر تاب‌آوری مدنظر قرار گیرد. تنها در این صورت است که در مواجهه با یک شوک ناگهانی، اجتماع نه تنها اختلال را جذب کرده و خود را ساماندهی می‌کند، بلکه قادر است وضعیتش را به شرایط بهتر نیز ارتقاء دهد (Zali & Sohrab, 2018: 41). کشور ایران به علت موقعیت لرزه‌خیزی و قرارگیری آن بر روی کمربند زلزله در برابر زلزله بسیار آسیب‌پذیر است. بسیاری از شهرهای مهم کشور از جمله تهران بر روی گسل‌های فعال قرار گرفته است که ضعف کلی کالبد شهر و عدم برنامه‌ریزی صحیح در این خصوص، در هنگام وقوع زلزله باعث افزایش خسارات جانی و مالی در آن‌ها می‌گردد (Aslani, 2018: 242). در بین مناطق شهری تهران، منطقه ٦ شهر تهران، علاوه بر گسل‌های مؤثر در زمین‌لرزه‌های شهر تهران مانند گسل مشاء، گسل شمال تهران و جنوب ری، به دلیل تأثیر گسل‌هایی در داخل و پیرامون منطقه همچون گسل داوودیه، گسل تلویزیون، گسل تخت طاووس و گسل باغ فیض و همچنین تراکم بالای جمعیت در بافت‌های فرسوده شهری با معابر تنگ، منطقه مستعدی برای وقوع زلزله و بحران انسانی است. از این‌رو بررسی برآورد تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر خطر زلزله رویکرد مناسبی است که باید به آن بیش‌تر توجه کرد. با ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه در برابر خطر زمین‌لرزه می‌توان به سطح خطرپذیری و میزان تاب‌آوری منطقه دست یافت. به موازات چنین ارزیابی می‌توان به برنامه‌ریزی اصولی و آگاهانه در راستای تاب‌آور نمودن منطقه پرداخت. لذا ارزیابی تاب‌آوری کالبدی 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. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر سناریوهای مختلف زلزله است. برای رسیدن به این هدف، پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به سؤالات زیر می‌باشد:

۱- چند درصد از سازه‌های منطقه ٦ شهر تهران در برابر شدت‌های مختلف زلزله از تاب‌آوری کمی برخوردار است؟

۲- بیش‌ترین سازه‌های منطقه ٦ شهر تهران با تاب‌آوری کم در کدام نواحی شهرداری و محلات منطقه تمرکز یافته‌اند؟

پیشینه پژوهش

از آنجا که تاب‌آوری مفهومی کلی و نوپاست، بخش اعظم مطالعات موجود به توصیف و شرح این مفهوم و تعیین ابعاد و مشخصه‌های مختلف آن پرداخته‌اند. به‌طوری‌که تحقیقات نسبتاً اندکی در زمینه‌ی ایجاد ابزارهایی برای

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

اندازه‌گیری و ارزیابی تاب‌آوری شهری ارائه شده است (Sharifi & Yamagata, 2014: 1492). در ادامه به برخی از پژوهش‌های مرتبط اشاره می‌گردد:

Maleki et al (2017)، با ارزیابی طیف تاب‌آوری کالبدی شهرها در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی به این نتایج رسیدند که ٥٤/١٧ درصد از نواحی شهر ایلام با حفظ وضع موجود در مقابل خطرات و ناآرامی‌ها تاب‌آور می‌باشد. Pashapour & pourakrami (2018)، با سنجش ابعاد کالبدی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله برای منطقه ۱۲ شهر تهران نشان دادند که فقط ۱/۰۳ درصد از بافت منطقه دارای تاب‌آوری زیاد می‌باشد و ٧٤/٦٤ درصد از منطقه دارای تاب‌آوری متوسط و ٢٤/٣٣ درصد از منطقه دارای تاب‌آوری کم می‌باشد. همچنین Zanganeh et al (2017)، با تحلیل تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر به این نتایج دست یافتند که نواحی شش‌گانه منطقه ۱۲ شهر تهران از لحاظ میزان تاب‌آوری کالبدی در سطوح متفاوتی قرار دارند. PourAhmad et al (2019)، با استفاده از روش خودهمبستگی فضایی تاب‌آوری کالبدی بافت‌های فرسوده شهری در برابر زلزله را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج نشان داد که تاب‌آوری محدوده‌های بافت مرکزی، غربی و جنوب شرقی نسبت به شمال منطقه ۱۰ در وضعیت تاب‌آوری کم تا بسیار کم قرار دارد. Bahrami et al (2018)، با ارزیابی و تحلیل تاب‌آوری نهادی و کالبدی محلات شهری سنندج به این نتایج دست یافتند که میانگین تاب‌آوری برای کل خانوارهای ۵۹/۴۳ درصد است. Cutter et al (2008)، پژوهشی با عنوان «مدل مکان محور برای درک تاب‌آوری جوامع محلی در برابر بلایای طبیعی» انجام داد. در این پژوهش چارچوب جدیدی از جایگاه تاب‌آوری به‌منظور ارتقاء روش ارزیابی در مقابل بلایا در سطح محلی و منطقه‌ای ارائه و مجموعه از متغیرها موثر به عنوان اولین گام در تحقق هدف، مدنظر گرفته‌اند. Zhao et al(2013)، پژوهشی با عنوان «آگاهی از تاب‌آوری آینده شهری: یک رویکرد مدل‌سازی سیستمی» انجام و مدلی برای بررسی تاب‌آوری شهر، تحت عنوان مدل یکپارچگی کاربری اراضی، حمل‌ونقل و محیط‌زیست (WILUTE) ارائه نمودند. در این مدل انواع فرآیندهای داخلی شهر (اجتماعی، اقتصادی و کالبدی) در تعامل با محیط طبیعی هستند. Proag (2014)، با ارزیابی و اندازه‌گیری تاب‌آوری دو مفهوم تاب‌آوری سخت و تاب‌آوری نرم را مطرح و معتقد است سیستم‌ها در زمان اختلال سه واکنش متفاوت ۱- مقاومت و تعمیر و نگهداری، ۲- تغییر در حاشیه، ۳- باز بودن و سازگاری را از خود نشان می‌دهند. Suarez et al (2016)، با تحقق شاخص‌های تاب‌آوری شهری در اسپانیا نشان دادند که اغلب شهرها از تاب‌آوری شهری فاصله دارند؛ بنابراین، برای رسیدن به تاب‌آوری شهری باید اقداماتی مانند کاهش مصرف منابع، ترویج تجارت محلی، ایجاد فضای مشارکت شهروندان و تنوع بخشیدن به اقتصاد محلی را در مکان‌های مورد مطالعه افزایش داد. Xu & Lu (2018)، پژوهشی با 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. Yu et al (2019)، پژوهشی با عنوان «چارچوب برای ارزیابی مقاومت لرزه‌ای بیمارستان‌های شهر» انجام و نتایج پژوهش نشان داد که بیمارستان‌ها از تاب‌آوری کمی در برابر زلزله برخوردار است

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

و بلافاصله بعد از وقوع زلزله قادر به ارائه خدمات نیست و می‌بایست تاب‌آوری بیمارستان‌ها در برابر زلزله افزایش یابد. مطالعه پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که ارزیابی تاب‌آوری کالبد شهرها در شرایط عادی و بدون در نظر گرفتن شدت لرزه‌خیزی گسل‌های محدوده مورد مطالعه صورت گرفته است. آنچه پژوهش حاضر را از پژوهش‌های پیشین متمایز می‌کند رویکردی جدید در سنجش میزان تاب‌آوری شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های FuzzyANP و مدل μ_D در محیط GIS است که قادر است با شبیه‌سازی زلزله در شدت‌های مختلف همچون دنیای واقعی، میزان تاب‌آوری شهر در برابر زلزله را مورد ارزیابی قرار دهد و نتایج دقیق‌تری از وضعیت تاب‌آوری ارائه نماید. نوآوری دیگر پژوهش حاضر نسبت به پژوهش‌های قبلی که در سطح پهنه به ارزیابی می‌پردازند، استفاده از روش‌های نوین در سنجش تاب‌آوری تک‌تک سازه‌های شهری در برابر زلزله است. در چنین سنجشی برای هر سازه شهری به صورت اختصاصی میزان تاب‌آوری تعیین می‌گردد و براساس میزان تاب‌آوری هر سازه شهری، برنامه‌ریزی‌های لازم در قالب بهسازی و نوسازی تعیین می‌شود.

مبانی نظری

بحث تاب‌آوری در مطالعات شهری و منطقه‌ای به دنبال کاهش آسیب‌های شهری مطرح شده است (Thilo, 2010: 19). ورود مبحث تاب‌آوری به مباحث شهرسازی و مدیریت بحران به مثابه تولد فرهنگی جدید می‌باشد. عبارت‌هایی چون "جوامع تاب‌آور و پایدار"، "معیشت تاب‌آور" و" ایجاد جوامع تاب‌آور" به صورت معمول در مقالات علمی و برنامه‌های عملیاتی استفاده می‌شوند (Yoon et al., 2015; Weichselgartner & Kelman, 2015; Pickett et al., 2004; Walker et al., 2004; Paton et al., 2000). مفهوم تاب‌آوری، مفهوم جدیدی است که بیش‌تر در مواجهه با ناشناخته‌ها و عدم تبیین تاب‌آوری در برابر تهدیدات، به کار برده می‌شود (Behtash et al., 2013: 2). ریشه واژه تاب‌آوری در لاتین Resilio به معنای «بازگشت به گذشته» می‌باشد (Palekiene et al., 2015: 180). مفهوم تاب‌آوری جامعه به ظرفیت افراد یا جامعه در مقابله با تنش و فشار، غلبه بر سختی‌ها و انطباق با تغییرات به شیوه مثبت اشاره دارد (Amir et al., 2015: 119). به‌عبارتی‌دیگر تاب‌آوری شهرها؛ ظرفیتی از شهرها به منظور جذب و انطباق با اختلال ایجاد شده در آن تعریف شده است (Aldrich, 2012: 128). برای افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری و روستایی و کاهش خطر در برابر زلزله، چهار رویکرد را مطرح نموده‌اند که به شرح زیر می‌باشند:

۱- کاهش مکانی: این رویکرد از نظر فیزیکی از اثرات مخاطرات محیطی جلوگیری می‌کند. هنگامی‌که مخاطرات طبیعی به شیوه‌ای جغرافیایی رخ می‌دهد به‌طوری‌که محل احتمالی آن‌ها را بتوان تعریف کرد، جمعیت و دارایی را می‌توان به مناطق امن‌تر که در آن اثرات سوانح کم‌تر است و یا وجود ندارد هدایت کرد. رایج‌ترین مدل روش مکان‌یابی، نقشه‌برداری خطر برای برنامه‌ریزی کاربری زمین است.

۲- کاهش ساختاری: در این رویکرد پرداختن به کاهش از دیدگاه ساختاری با اثرات فیزیکی مخاطرات طبیعی سروکار دارد. مخاطرات طبیعی پدیده‌های فیزیکی هستند که نیروها و انرژی آن می‌تواند تا حدی به‌صورت فیزیکی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

مدیریت شود. کاهش ساختاری به‌طور سنتی در برابر نیروهایی مانند زلزله در ساختمان از طریق مهاربندی قاب ساختاری و یا دیوار برشی مقاومت می‌کند.

۳- کاهش عملیاتی: در این رویکرد به‌جای کاهش دائمی ساختاری یا مکانی، کاهش عملیاتی اقدامات موقت به‌منظور کاهش اثر بلایای خاص استفاده می‌کند. ازآنجاکه نمی‌توان از مخاطرات طبیعی جلوگیری کرد، معمولاً پیش‌بینی تمامی آسیب‌های بالقوه ممکن نیست. قابلیت عملیاتی برای واکنش لازم است. رایج‌ترین روش برای کاهش عملیاتی سیستم‌های برنامه‌های اضطراری و مدیریت بحران است.

٤- کاهش مالی: بلایا فشار مالی قابل توجهی بر دوش دولت‌ها، شرکت‌ها، خانواده‌ها و افراد می‌گذارند. پس از وقوع بلایا، دسترسی سریع و توانایی پرداخت بودجه به جوامع آسیب‌دیده از اهمیت حیاتی برخوردار است. مدل رایج این روش برای کاهش خطر این است که مکانیسم‌های مالی و بیمه ایجاد گردد تا بلافاصله پس از وقوع بلایا، از این منابع مالی برای بازسازی سکونتگاه‌های انسانی استفاده گردد. انتقادی که به این رویکرد وارد کردند این است که روش‌های مالی برای تاب‌آوری شهری می‌تواند خطر بلایا را گسترش دهد تا از عواقب یک بلایا بکاهد (d'Cruz & Satterthwaite, 2005). در پژوهش حاضر برای ارزیابی میزان تاب‌آوری و کاهش خطرات ناشی از زلزله در شهرها، از بین رویکردهای مطرح شد، رویکرد کاهش مکانی به‌عنوان دیدگاه منتخب برگزیده شده است که پژوهش حاضر در قالب این چارچوب انجام شده است.

مواد و روش‌ها

روش پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است. جامعه آماری شامل نواحی شش‌گانه شهرداری منطقه ٦ تهران می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و تجربه زلزله‌های اخیر، معیارهای مؤثر در تاب‌آوری کالبدی منطقه در برابر زلزله استخراج شد. با توجه به این که برخی معیارها نسبت به برخی دیگر از اهمیت زیادی در تاب‌آوری منطقه برخوردار بودند وزن نسبی هرکدام از معیارها و زیرمعیارها به‌وسیله پرسشنامه توسط ٦٠ کارشناس خبره تعیین گردید. وزن‌های ارائه شده توسط کارشناسان با استفاده از تحلیل شبکه‌ی (ANP) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. در مرحله بعد بر اساس نتایج تحلیل شبکه‌ی (ANP)، برای هر معیار به همراه زیرمعیارهای آن لایه‌ای در محیط GIS تهیه گردید. در نهایت لایه تمامی معیارهای مؤثر با استفاده از دستور Weighted Overlay با هم تلفیق و نقشه تاب‌آوری کالبدی کلی منطقه شش شهرداری تهران بدون اعمال سناریوهای زلزله استخراج گردید. برای اعمال سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف، ابتدا نقشه تاب‌آوری کلی منطقه با استفاده از تابع خطی زیر فازی‌سازی شد.

$$F(x) = \sum w_i \mu(x_i)$$ رابطه (۱)

این رابطه $F(x)$ برآورد نهایی خطر بر مبنای معیارهای آسیب‌پذیری مختلف است w_i وزن هر یک از معیارهای ورودی به مدل ANP و $\mu(x_i)$ عضویت فازی هر یک از معیارها بر مبنای تابع خطی فازی

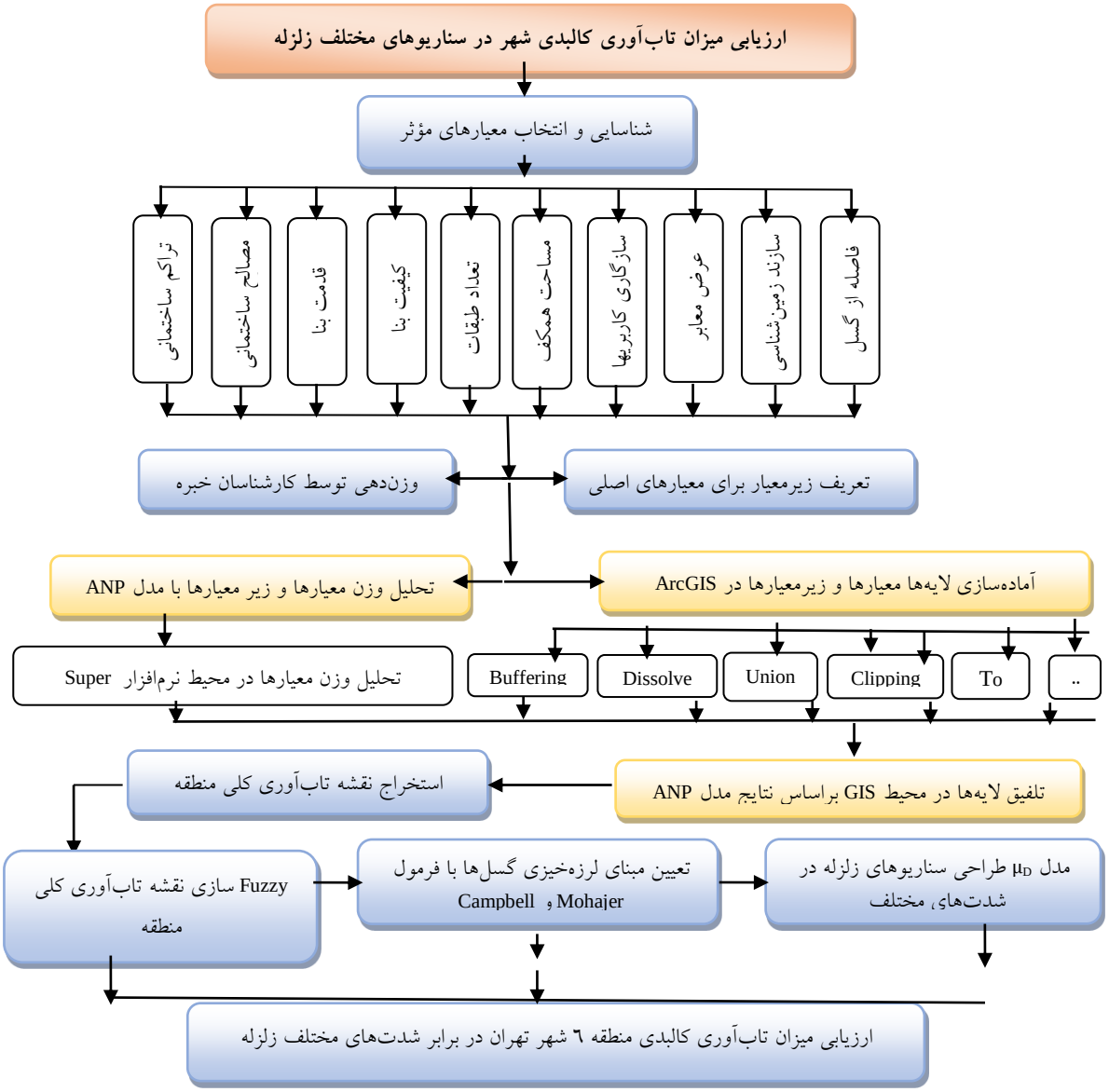
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

است. سپس مبنای سناریوهای زلزله با استفاده از فرمول کمبل و مهاجر اشجعی استخراج شد. در نهایت با استفاده از رابطه شماره (۲) سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف برای ارزیابی دقیق میزان تاب‌آوری سازه‌های منطقه ٦ شهرداری تهران طراحی شد.

رابطه (۲) $\mu_D = 2.5\left[1+\tanh\left(\frac{I+6.25\overline{V}_I-13.1}{2.3}\right)\right]$ [Milutinovic and Trendafiloski, 2003: 36]

μ_D نشانگر متوسط درجات آسیب، I نشانگر شدت زلزله بر اساس واحد مرکالی اصلاح شده، $\overline{V}i$ مقدار آسیب‌پذیری حاصله از اعمال روش تحلیل شبکه‌ی (ANP).



شکل ۱: روند انجام پژوهش در منطقه ٦ تهران

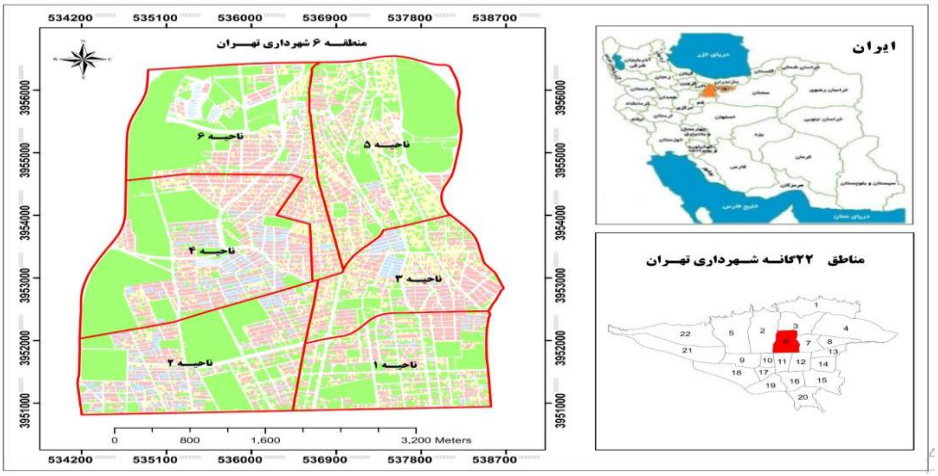
Figure 1: Research process in district 6 of Tehran

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

محدوده مورد مطالعه

شهر تهران در ۵۱ درجه و ٦ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳٤ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (Organization of Geography, 2008). منطقه شش شهر تهران با جمعیتی بالغ بر ۲۵۱۳۸٤ نفر بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ و وسعت ۲۱۳۷/۹ هکتار از چهار جهت غرب، شرق، شمال و جنوب به ترتیب به‌وسیله بزرگراه‌های چمران، مدرس، همت و محور انقلاب-آزادی محاط شده است. همچنین منطقه با سطحی معادل ۳ درصد مساحت شهر تهران و ۲/۹ درصد کل جمعیت آن، در حال حاضر بیش از ۳۰ درصد ساختمان‌های حکومتی-دولتی، نهادها و بانک‌های دولتی و خصوصی و ارگان‌های اصلی کشوری را در خود جای داده است. به‌عبارت‌دیگر مغز متفکر حکومتی، سیستم تصمیم‌سازی، مدیریت دولتی و همچنین موتور نظام بازرگانی - اقتصادی نوین تهران در منطقه شش استقرار یافته است. منطقه ٦ شهر تهران دارای شش ناحیه شهرداری و ١٤ محله است که نواحی ۳ و ٤ به‌ترتیب کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین نواحی هستند (شکل ۲).



شکل ۲: محدوده منطقه ٦ شهرداری تهران

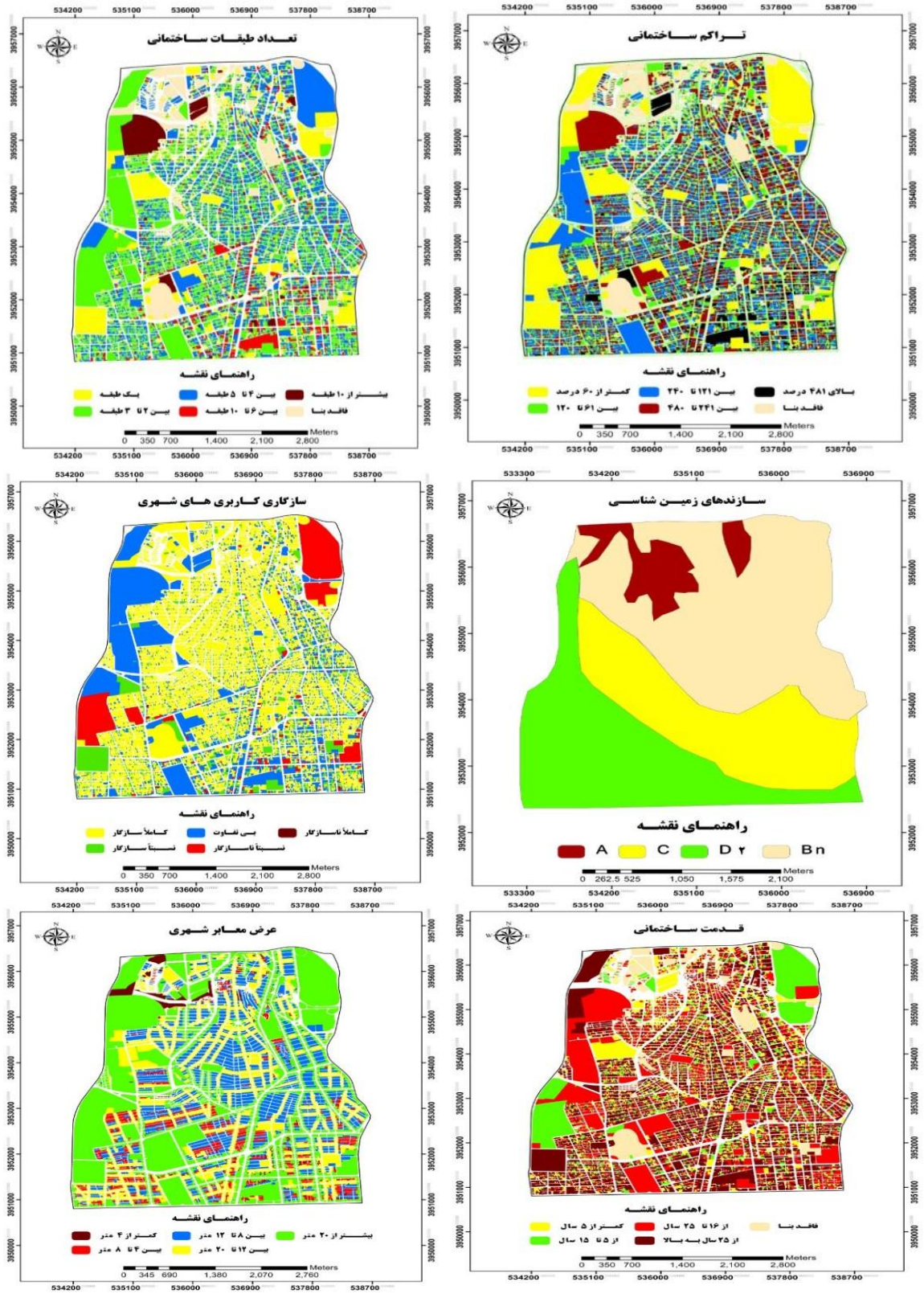
Figure 2: District 6 of Tehran

یافته‌ها و بحث

در این پژوهش جهت ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر شدت‌های مختلف زلزله، ابتدا برخی از معیارهای مؤثر در تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله با استفاده از پژوهش‌های انجام شده و تجربه زلزله‌های اخیر در قالب ده شاخص اصلی (تراکم ساختمانی، مصالح ساختمانی، قدمت بنا، کیفیت بنا، تعداد طبقات ساختمانی، مساحت همکف ساختمان‌ها، سازگاری کاربری‌ها، عرض معابر، جنس سازندهای زمین‌شناسی و فاصله از گسل) و ٤٦ زیرمعیار تعیین گردید سپس برای هرکدام از معیارهای اصلی به همراه زیرمعیارهایش لایه‌ای در محیط نرم‌افزاری Arc GIS تهیه گردید (شکل ۳).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

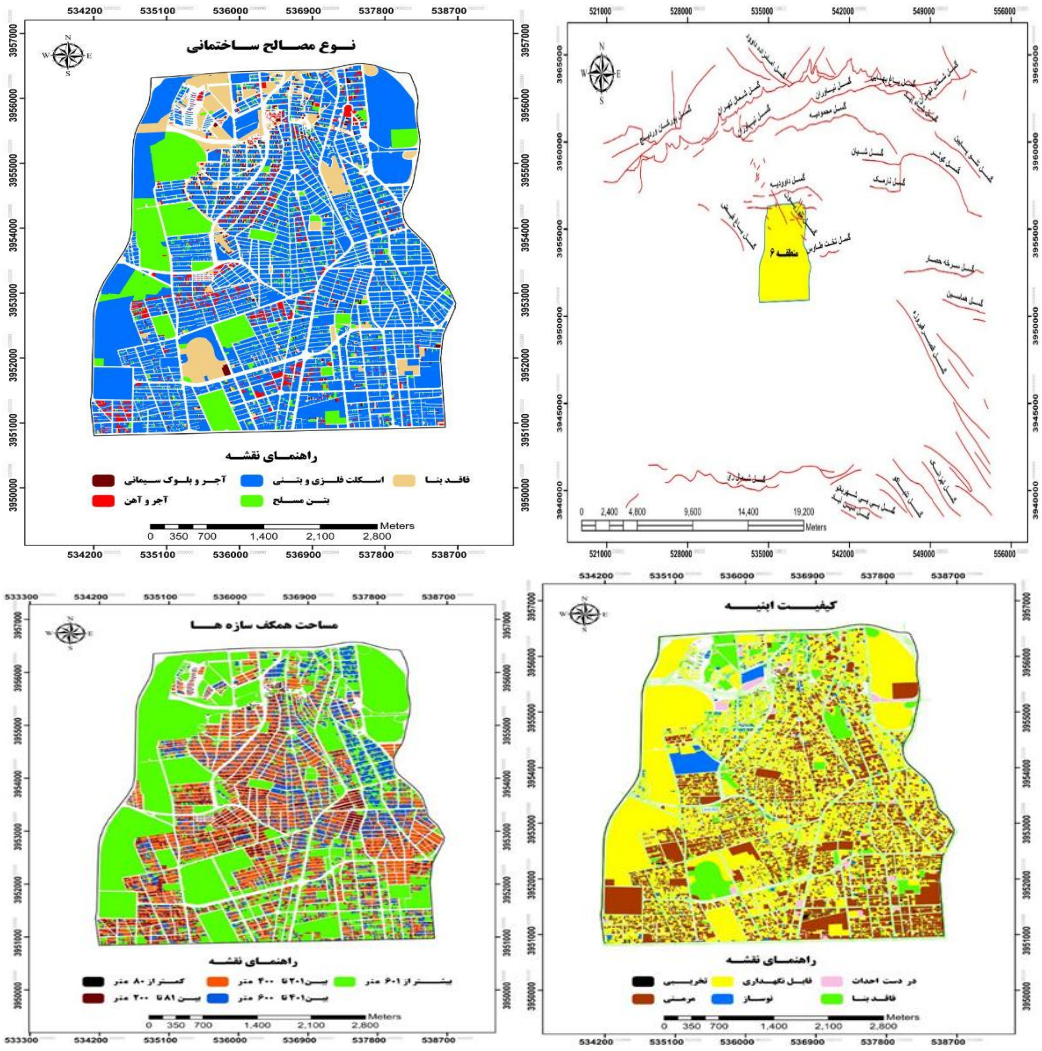


شکل ۳: لایه‌های مؤثر در تاب‌آوری بر اساس نتایج مدل (ANP)

Figure 3: Effective layers in modeling based on model results (ANP)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]



ادامه شکل ۳: لایه‌های مؤثر در تاب‌آوری بر اساس نتایج مدل (ANP)

Continue of Figure 3: Effective layers in modeling based on model results (ANP)

با توجه به این که برخی از معیارها از اهمیت زیادی نسبت به دیگر معیارها برخوردارند و نقش تعیین کننده‌ای در میزان تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله داشتند، پرسشنامه‌ای جهت تعیین اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها تنظیم گردید و بین ٦٠ نفر از کارشناسان خبره توزیع گردید از جمع‌بندی ٦٠ پرسشنامه‌ای که جهت وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها توسط کارشناسان خبره تکمیل گردیده بود جدول (۱) حاصل گردید. برای تعیین اهمیت نسبی معیارهای مؤثر از روش مدل ANP بهره گرفته شد. در فرآیند تجزیه‌وتحلیل شبکه‌ای ANP، اندازه‌گیری مقادیر و اهمیت نسبی مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با مقایسه‌های زوجی و به کمک طیف ۱ تا ۹ انجام می‌شود. عدد ۱ نشان‌دهنده‌ی اهمیت یکسان بین دو عامل و عدد ۹ نشان‌دهنده‌ی اهمیت شدید یک عامل نسبت به عامل دیگر است. بر مبنای این روش هر یک از زیرمعیارها در شاخص‌های اصلی بر اساس اهمیتی که دارد، در یکی از گروه‌های تاب‌آوری قرار می‌گیرد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

جدول ۱- امتیازدهی معیارهای مؤثر درتاب‌آوری منطقه ٦ شهر تهران توسط کارشناسان خبره

Table 1- Scoring of effective criteria in the interpretation of District 6 of Tehran by experts

عوامل و معیارهای اصلی	زیر معیارها	تاب‌آوری خیلی کم ۱	تاب‌آوری کم ۳	تاب‌آوری متوسط ۵	تاب‌آوری زیاد ۷	تاب‌آوری خیلی زیاد ۹		عوامل و معیارهای اصلی	زیر معیارها	تاب‌آوری خیلی کم ۱	تاب‌آوری کم ۳	تاب‌آوری متوسط ۵	تاب‌آوری زیاد ۷	تاب‌آوری خیلی زیاد ۹
تراکم ساختمانی	کم‌تر از ٦٠ درصد					●		تعداد طبقات	۱ طبقه					●
	٦١ تا ١٢٠ درصد				●				۲ و ۳ طبقه				●	
	١٢١ تا ٢٤٠ درصد			●					٤ و ۵ طبقه			●		
	٢٤١ تا ٤٨٠ درصد		●						٦ تا ۱۰ طبقه		●			
	بیش‌تر از ٤٨١ درصد	●							بیش‌تر از ۱۰ طبقه	●				
کیفیت بنا	تخریبی	●						قدمت بنا	کمتر از ۵ سال					●
	مرمتی		●						۵ تا ۱۵ سال				●	
	قابل نگهداری				●				١٦ تا ۲۵ سال		●			
	نوساز					●			۲۵ سال به بالا	●				
مساحت همکف ساختمان	کم‌تر از ۸۰ متر	●						فاصله از گسل	کم‌تر از ۵۰۰ متر	●				
	بین ۸۱ تا۲۰۰ متر		●						۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر		●			
	بین ۲۰۱ تا ٤٠٠متر			●					۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر			●		
	بین ٤٠١ تا ٦٠٠				●				۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متر				●	
	بیش از ٦٠١ متر					●			بیش‌تر از ۵۰۰۰ متر					●
دسترسی معابر	کم‌تر از ٤ متر	●						سازگاری کاربری‌های	کاملاً سازگار					●
	٨- ٤ متر		●						نسبتاً سازگار				●	
	١٢- ٨ متر			●					بی‌تفاوت			●		
	٢٠-١٢ متر				●				نسبتاً ناسازگار		●			
	بیش‌تر از ۲۰ متر					●			کاملاً ناسازگار	●				
نوع مصالح	آجر و بلوک سیمان	●						سازند زمین‌شناسی	سازند هزار دره A					●
	آجر و آهن			●					سازند C			●		
	اسکلت فلزی و بتنی				●				سازند Bn		●			
	بتن مسلح					●			سازند D2	●				

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

برای تحلیل دقیق‌تر وزن معیارها و زیرمعیارها در مدل ANP که توسط کارشناسان خبره وزن‌دهی شده بودند از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شد. بعد از این که وزن هر یک از زیرمعیارها در تحلیل شبکه‌ی مشخص شد، بر روی لایه اصلی خود در محیط GIS اعمال شدند سپس لایه‌های اصلی موردپژوهش با استفاده از اوازن زیرمعیارها که حاصل تحلیل (ANP) بود تهیه گردید. در نهایت وزن‌های معیارهای اصلی در ANP تحلیل شد. با تبدیل لایه‌ها از ویکتوری به رستر و اعمال وزن‌های حاصل از ANP و تلفیق لایه‌های معیارهای اصلی با استفاده از Weighted Overlay نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ٦ شهر تهران استخراج گردد (شکل ٤).



شکل ٤: نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ٦ در برابر زلزله

Figure 4: Map of the total earthquake resistance of Region 6

جدول ۲- تاب‌آوری کالبدی سازه‌های منطقه ٦ تهران با استفاده از تلفیق لایه‌ها بر اساس نتایج تحلیل شبکه‌ی(ANP)

Table 2- Physical resilience of structures in Tehran region 6 using layer integration based on network analysis results

تاب‌آوری کلی منطقه	تاب‌آوری خیلی زیاد		تاب‌آوری زیاد		تاب‌آوری متوسط		تاب‌آوری کم		تاب‌آوری خیلی کم		کل منطقه ٦	
	تعداد سازه	درصد	تعداد سازه	درصد	تعداد سازه	درصد	تعداد سازه	درصد	تعداد سازه	درصد	تعداد سازه	درصد
	٢٦٦٨	٩/١٨	١٨٣٢	٦/٣٠	٤٠٤٨	١٣/٩٢	١٦٠٤٧	٥٥/٢١	٤٤٦٨	١٥/٣٧	٢٩٠٦٣	١٠٠

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران با استفاده از نتایج از تلفیق لایه‌ها مؤثر بر اساس نتایج تحلیل شبکه‌ی(ANP) حاکی از آن دارد که ۹/۱۸ درصد سازه‌های منطقه در برابر زلزله از تاب‌آوری خیلی زیاد، ٦/۳۰ درصد از تاب‌آوری زیاد، ۱۳/۹۲ درصد از تاب‌آوری متوسط، ۵۵/۲۱ درصد از تاب‌آوری کم و ۱۵/۳۷ درصد از تاب‌آوری خیلی‌کم برخوردار می‌باشند (جدول ۲). بیش‌ترین سازه‌های منطقه با تاب‌آوری زیاد در برابر زلزله در محلات امیرآباد، قزل‌قلعه و گاندی قرار دارند در مقابل بیش‌ترین سازه‌ها با تاب‌آوری کم در محلات ایرانشهر، نصرت و به‌ویژه در دو محله بهجت‌آباد و یوسف‌آباد واقع شده‌اند.

ارزیابی فوق، سنجش میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر زلزله بر اساس نتایج تحلیل شبکه‌ی(ANP) می‌باشد که توسط کارشناسان خبره وزن‌دهی شده بود. نتایج چنین ارزیابی قابل تعمیم به دنیای واقعی نیست مگر این که بر اساس ویژگی‌های مکانی منحصربه‌فرد منطقه و شدت لرزه‌خیزی گسل‌های در آن منطقه، در سناریوهای مختلف زلزله مورد شبیه‌سازی قرار گیرد. برای طراحی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف می‌بایست نقشه تاب‌آوری کالبدی منطقه فازی‌سازی شود، شدت لرزه‌خیزی گسل‌های در محدوده منطقه مورد سنجش قرار گیرد و در نهایت فرمولی باشد که بتواند این سناریوها را بر روی نقشه تاب‌آوری کلی منطقه اعمال نماید. با توجه به این که معیارهای ارزیابی با معیارهای مختلف اندازه‌گیری ارائه می‌شوند، برای این‌که بتوان آن‌ها را به یک مقیاس مشترک تبدیل نمود، نیاز به فازی‌سازی نقشه است. در پژوهش حاضر با توجه به این که با افزایش شدت زلزله در سناریوهای مختلف میزان آسیب‌پذیری سازه‌های شهر در برابر زلزله افزایش می‌یابد از تابع خطی رابطه (۲) استفاده شد. برای محاسبه بزرگی زلزله از روابط (۳ و ٤) استفاده شده است:

رابطه (۳) M=log L/2+504 (Mohajer Ashjai,1987)

محاسبه بزرگی زلزله (M) برحسب ریشتر، (L) طول گسل برحسب Km است.

رابطه کمبل (٤) a= 1320exp .)58M)/(R+25)^1.25 (Campbell, 1981

در روابط بالا(a) شتاب حداکثر زمین برحسب سانتی‌متر بر مجذور ثانیه، (R) فاصله محل مورد نظر از گسل یا کانون زلزله برحسب کیلومتر، (M) بزرگی زمین‌لرزه برحسب ریشتر.

محاسبه شدت لرزه‌خیزی گسل‌های شهر تهران در محدوده منطقه ٦ شهر تهران با استفاده از روابط (۳ و ٤) حاکی از آن دارد که حداکثر شدت لرزه‌خیزی گسل‌های تهران در این محدوده ۸ ریشتر است. از آنجایی‌که سازه‌های شهری معمولاً در زلزله‌های با شدت ۵ ریشتر آسیب نمی‌بینند. مبنای طراحی سناریوها ٦ تا ۸ ریشتر می‌باشد. برای اعمال

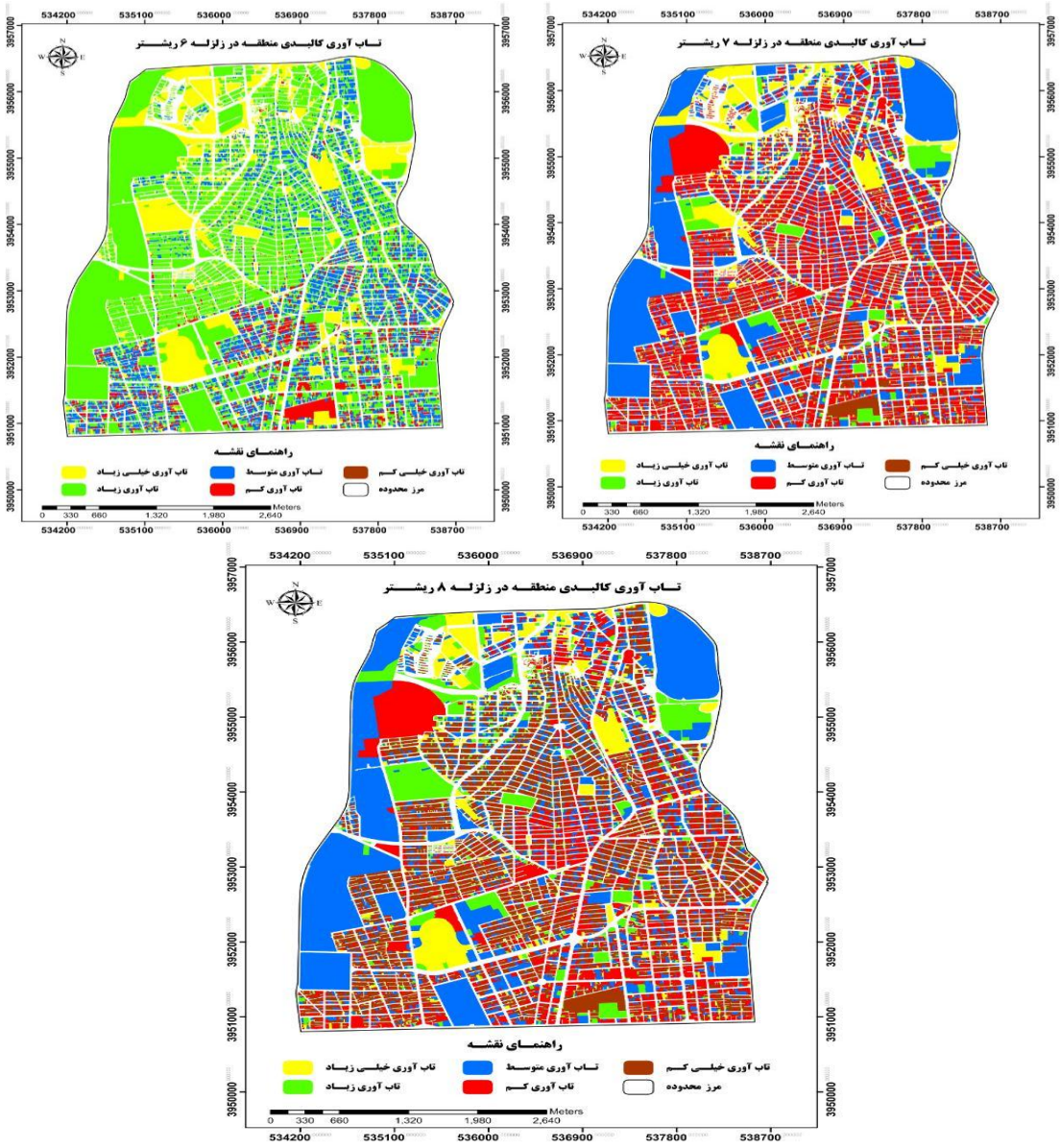
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف بر روی نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ٦ شهر تهران از رابطه (۵) استفاده شده است.

$$\mu_D = 2.5\left[1+\tanh\left(\frac{I+6.25\bar{V}_I-13.1}{2.3}\right)\right]$$ [Milutinovic and Trendafiloski, 2003: 36] رابطه (۵)

برای ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر شدت‌های مختلف زلزله مشابه با نتایج دنیای واقعی، به طراحی سناریوهای زلزله با شدت‌های ٦، ۷ و۸ ریشتر پرداخته شده است (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه تاب‌آوری کالبدی سازه‌های منطقه ٦ شهرداری تهران در زلزله‌ی با شدت‌های ٦، ۷ و ۸ ریشتر

Figure 5: Physical resilience map of structures in district 6 in an earthquake with magnitudes of 6, 7 and 8 Richter

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

جدول ۳- توزیع آماری تاب‌آوری سازه‌های منطقه شش تهران در زلزله‌ی با شدت‌های ٦، ۷ و ۸ ریشتر

Table 3- Statistical distribution of resilience of structures in Tehran's sixth district

میزان تاب‌آوری	زلزله ٦ ریشتری		زلزله ۷ ریشتری		زلزله ۸ ریشتری	
	تعداد سازه	درصد	تعداد سازه	درصد	تعداد سازه	درصد
تاب‌آوری خیلی زیاد	۲۵۸۷	۸/۹۰	۱۷۳۵	۵/۹۷	٦۷۲	۲/۳۱
تاب‌آوری زیاد	۱٤۰٤۲	٤۸/۳۱	۱۸۵۲	٦/۳۷	۱۸۰۸	٦/۲۲
تاب‌آوری متوسط	۸۸٤۰	۳۰/٤۱	٤۲۷۹	۱٤/۷۲	٤۳۸٦	۱۵/۱۰
تاب‌آوری کم	۳۵٦۰	۱۲/۲۵	۱٦۰۵٦	۵۵/۲٤	٦۷۰۳	۲۳/۰٦
تاب‌آوری خیلی کم	۳٤	۰/۱۱	۵۱٤۱	۱۷/٦۹	۱۵٤۹٤	۵۳/۳۱
جمع	۲۹۰٦۳	۱۰۰	۲۹۰٦۳	۱۰۰	۲۹۰٦۳	۱۰۰

اعمال سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف بر روی نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ٦ شهرداری تهران حاکی از آن دارد که در زلزله ٦ ریشتری ۸/۹۰ درصد سازه‌های منطقه در وضعیت تاب‌آوری خیلی زیاد و٤۸/۳۱ درصد در وضعیت تاب‌آوری زیاد قرار دارند بیش‌تر این سازه‌ها در ناحیه چهار شهرداری منطقه محلات قزل‌قلعه و شریعتی، در ناحیه شش شهرداری منطقه محله امیرآباد و در ناحیه پنج محله گاندی واقع شده‌اند.۳۰/٤۱ درصد سازه‌ها که بیش‌تر در محلات عباس‌آباد و قائم‌مقام قرار دارند وضعیت تاب‌آوری متوسط دارند. ۱۲/۲۵ درصد از سازه‌ها وضعیت تاب‌آوری کم و ۰/۱۱ درصد از وضعیت تاب‌آوری خیلی کم برخوردارند بیش‌تر سازه‌های منطقه با تاب‌آوری کم در ناحیه یک شهرداری منطقه در محله ایرانشهر و در ناحیه دو شهرداری منطقه در قسمت شمال شرقی ناحیه و محله نصرت قرار دارند. در زلزله ۷ ریشتری ۵/۹۷ درصد سازه‌ها منطقه تاب‌آوری خیلی زیاد، ٦/۳۷ درصد تاب‌آوری زیاد، ۱٤/۷۲ درصد تاب‌آوری متوسط، ۵۵/۲٤ درصد تاب‌آوری کم و ۱۷/٦۹ درصد تاب‌آوری خیلی کم برخوردارند. بیش‌تر سازه‌های با تاب‌آوری کم در سطح منطقه بیش‌تر در نواحی شهرداری ۱، ۲، ۳، قسمت شرقی ناحیه چهار شهرداری و قسمت غربی ناحیه پنج شهردار منطقه قرار دارند (جدول ۳). در زلزله ۸ ریشتری وضعیت سازه‌های منطقه در وضعیت بحرانی‌تری قرار می‌گیرند به‌طوری‌که ۵۳/۳۱ درصد سازه‌ها در وضعیت تاب‌آوری خیلی کم و آسیب‌پذیری جدی قرار می‌گیرند. علاوه براین سازه‌ها، ۲۳/۰٦ درصد سازه‌ها منطقه در دامنه تاب‌آوری کم واقع شده‌اند. در مجموعه در زلزله ۸ ریشتری ۷٦/۳۷ درصد سازه‌های منطقه با تاب‌آوری کم و خطر ویرانی روبه‌رو است. بیش‌تر این سازه‌ها بازهم در نواحی شهرداری ۱، ۲، ۳، قسمت شرقی ناحیه چهار شهرداری و قسمت غربی ناحیه پنج شهرداری منطقه واقع شده‌اند. بررسی شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش حاکی از آن دارد که علل کاهش تاب‌آوری سازه‌های منطقه ٦ شهر تهران در نواحی ذکر شده، تراکم بالای ساختمانی، قدمت بالای سازه‌های، کیفیت پایین ابنیه‌ها، ریزدانه بودن سازه‌ها و قرار گرفتن بر روی سازندهای سست زمین‌شناسی همچون B_n و D_2 است. پنج شاخص مطرح شده دخالت مستقیمی در کاهش تاب‌آوری منطقه در برابر زلزله دارد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]



شکل ٦: نمودار میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه٦ شهر تهران در شدت‌های مختلف زلزله

Figure 6: Diagram of physical resilience of region 6 of Tehran in different earthquake intensities

مقایسه نمودار میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر زلزله در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که در زلزله ٦ ریشتری راس هرم با بیش‌ترین تعداد سازه‌ها در دامنه تاب‌آوری خیلی زیاد قرار دارد به‌طوری که بیش از ٥٧ درصد سازه‌ها از تاب‌آوری خیلی زیاد و زیادی در برابر زلزله برخوردارند. در زلزله ٧ ریشتری راس هرم با بیش‌ترین سازه در دامنه تاب‌آوری کم قرار گرفته است. یافته‌های پژوهش حاکی از آن دارد که با افزایش شدت زلزله از ٦ ریشتر به ٧ ریشتر، بیش از ٧٢ درصد سازه‌ها تاب‌آوری خود را از دست می‌دهند و با آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی‌زیاد مواجه می‌شوند. با افزایش مجدد شدت زلزله به ٨ ریشتر (یعنی حداکثر توان لرزه‌خیزی گسل‌های شهر تهران) راس هرم در دامنه تاب‌آوری خیلی‌کم حالت صعودی با شیب تند به‌خود می‌گیرد که حاکی از تاب‌آوری خیلی‌کم منطقه ٦ شهر تهران در مواجه با زلزله ٨ ریشتری دارد. در این شدت از زلزله بیش از ٢٣ درصد از سازه‌ها با آسیب‌پذیری زیاد و بیش از ٥٣ درصد سازها با آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد و یا با نابودی کامل مواجه می‌شوند (شکل ٦).

نتیجه‌گیری

زلزله یکی از فاجعه‌بارترین و مخرب‌ترین انواع مخاطرات طبیعی است که با خرابی ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری، خسارت‌های بسیاری را به اموال و دارایی‌ها در نواحی شهری و اطراف آن وارد می‌کند. در مقابل این وضعیت، استراتژی‌های سازمان‌های بین‌المللی برای کاهش بلایا، ایجاد جوامع تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی است. افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر بلایای طبیعی به‌ویژه زمین‌لرزه‌ها به میزان زیادی در کاهش این خسارات و همچنین زمان بهبودی جوامع مؤثر است. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در برابر سناریوهای مختلف زلزله انجام شد. برای رسیدن به ارزیابی دقیق‌تر و شبیه‌سازی میزان تاب‌آوری کالبدی سازه‌های منطقه ٦ شهر تهران در برابر شدت‌های مختلف زلزله، ١٠ معیار اثرگذار در قالب ٤٦

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

زیرمعیار که در تاب‌آوری کالبدی منطقه مؤثر بودند بر اساس وزن‌های حاصل از تحلیل شبکه (ANP) در محیط Weighted Overlay تلفیق شد و نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ٦ شهر تهران استخراج گردید. نقشه تاب‌آوری کلی منطقه ٦ شهر تهران بدون اعمال سناریوهای مختلف زلزله و بر اساس نتایج تحلیل شبکه‌ی (ANP) حاکی از آن دارد که ١٥/٤٨ درصد سازه‌های منطقه که در ناحیه ٥ شهرداری منطقه (محله گاندی) و ناحیه شش شهرداری منطقه (محله امیرآباد و قزل‌قلعه) واقع شده‌اند از تاب‌آوری خوبی در برابر زلزله برخوردارند. در مقابل ٧٠/٥٨ درصد سازه‌های منطقه که بیش‌تر در ناحیه ١ شهرداری منطقه (محله ایرانشهر)، ناحیه ٢ شهرداری منطقه (محله نصرت) و به‌ویژه در دو محله بهجت‌آباد (شهرداری ناحیه ٣ منطقه) و یوسف‌آباد (شهرداری ٥ منطقه) قرار گرفته‌اند تاب‌آوری کم در برابر زلزله دارند. برای ارائه نتایج واقعی‌تر از میزان تاب‌آوری کالبدی سازه‌های منطقه ٦ شهر تهران در برابر شدت‌های مختلف زلزله، با استفاده از مدل FuzzyANP وμ_D به طراحی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف بر مبنای شدت لرزه‌خیزی گسل‌های شهر تهران در محدوده مورد مطالعه پرداخته شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در زلزله ٦ ریشتری از مجموعه سازه‌های منطقه، ١٢/٣٦ درصد از تاب‌آوری کمی در برابر زلزله برخوردارند بیش‌تر این سازه‌ها در ناحیه یک شهرداری منطقه در (محله ایرانشهر) و در ناحیه دو شهرداری منطقه در (قسمت شمال شرقی ناحیه) و در ناحیه ٢ شهرداری منطقه (محله نصرت) قرار دارند. در زلزله ٧ ریشتر ١٢/٣٤ درصد سازه‌های منطقه تاب‌آوری بیش‌تری در برابر شوک‌های زلزله را دارند در مقابل ٧٢/٩٣ درصد سازه‌های منطقه در برابر زلزله ٧ ریشتری از تاب‌آوری کمی برخوردارند این سازه‌های در سطح منطقه بیش‌تر در ناحیه‌های شهرداری ١، ٢، ٣، قسمت شرقی ناحیه چهار شهرداری و قسمت غربی ناحیه پنج شهردار منطقه قرار گرفته‌اند. در زلزله ٨ ریشتری با افزایش شدت زلزله، سازه‌های منطقه ٦ شهر تهران که در شدت‌های ٦ و ٧ ریشتر در نواحی شهرداری و محلات منطقه با تاب‌آوری کم روبه‌رو بودند با کاهش تاب‌آوری، نمود مشخص و گسترده‌ای به خود گرفته‌اند، به‌طوری‌که در نواحی شهرداری ١، ٢، ٣، قسمت شرقی ناحیه چهار شهرداری و قسمت غربی ناحیه پنج شهرداری منطقه، سازه‌ها با تاب‌آوری کم و خطر تخریب کامل مواجه شده‌اند. نمودار میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ٦ شهر تهران در شدت‌های مختلف زلزله حاکی از آن دارد که در زلزله ٦ ریشتری بیش‌ترین سازه‌های منطقه در دامنه تاب‌آوری خیلی زیاد، در زلزله ٧ ریشتری در دامنه تاب‌آوری کم و در زلزله ٨ ریشتری در دامنه تاب‌آوری خیلی کم قرار دارند. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، نهادها و سازمان‌های متولی می‌توانند با برنامه‌ریزی اصولی تاب‌آوری منطقه را افزایش داد و تا حد زیادی از خسارت‌های جانی و مالی در برابر زلزله بکاهند. لذا در این خصوص پیشنهاد می‌گردد مسئولین و متولیان امر تجمیع قطعات ریزدانه و نوسازی ساختمان‌ها با قدمت بالا و کیفیت پایین را در اولویت برنامه‌های آتی خود قرار دهند تا بتوانند تا در راستای تاب‌آور نمودن منطقه گامی جدی بردارند. نتایج پژوهش حاضر و پژوهش‌های مشابه انجام شده در سطح جهانی نشان می‌دهد که می‌توان با ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی نواحی شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های مکانی بخش مهمی از تلفات زلزله کاهش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

داد، اما این مهم نیازمند بانک داده‌های GIS به‌روزرسانی و استقبال از ایده‌ها نو و تشویق فعالیت‌های پژوهشی در این زمینه است که عزم جدی مسئولان و سازمان‌های متوالی را می‌طلبد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

References

- Aldrich, D. P., (2012), "***Building resilience social capital in post-disaster recovery***", Chicago: University of Chicago Press.
- Amir, A. F., Ghapar, A. A., Jamal, S. A., Ahmad, K. N., (2015), "Sustainable tourism development: study on community resilience for rural tourism in Malaysia", ***Procedia- Social and Behavioral Sciences***, 168: 116- 120.
- Aslani, F., (2018), "Understanding, analyzing and reducing the vulnerability to earthquakes (Case Study of East Golestan neighborhood unit: Tehran District 22)", ***Disaster Prev. Manag. Know***, 8 (3): 241-254. [In Persian].
- Azarkish, M., Hafez Rezazadeh, M., Miri, G., (2017), "Application of geographic information system and analytical hierarchy process (AHP) in locating Sites for temporary Housing Victims of natural disasters in the region two municipality of Zahedan", ***Geographical space***, 58 (17): 169-189. [In Persian].
- Bahrami, S., Sarvar, R., Asadian, F., (2018), "The evaluation and analysis of institutional and physical resilience of urban neighborhoods of sanandaj", ***Territory***, 59 (15): 15-38. [In Persian].
- Basher, R., Hayward, B., Lavell, A., Martinelli, A., Perez, O., Pulwarty, R., Cutter, S., (2015), "***Disaster risks research and assessment to promote risk reduction and management***", ISCU-ISSC- AD-HOC group on disaster risk assessment, 1-141.
- Behtash, M., Keynejhad, M., Taghi Pirbabaei, M., Asgary, A., (2013), "Evaluation and analysis of dimensions and components of Tabriz metropolis resiliency", ***Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi***, 18 (3): 33-42. [In Persian].
-Berkes, F., (2007), "Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from esilience thinking", ***Natural Hazards***, 41 (2): 283-295.
- Chelleri, L., (2012), "From the «resilient city» to urban resilience, A review essay on understanding and integrating the resilience perspective for urban systems", ***Documents d'Anàlisi Geogràfica***", 58 (2): 287-306.
- Cimellaro, G. P., Renschler, C., Bruneau, M., (2015), "Computational methods, seismic protection", ***Hybrid Testing and Resilience in Earthquake Engineering***, Springer, 2015th edition, September, 26: 1-342.
- COP., (2015), "***Climate change and natural disasters displace millions, affect migration flows***", December 10, Paris. [on line]: http://www.migrationpolicy.org/article.
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., Webb, J., (2008), "A place-based model for understanding community resilience to natural disasters", ***Global Environmental Change***, 18 (4): 598-606.
- D'Cruz, C., Satterthwaite, D., (2005), "***Building homes, changing official approaches***", London: International Institute for Environment and Development (IIED).
- Esmaeili kakhki, F., Najiazimi, Z., Pooya, A., Tavakoli, A., (2020), "A new hybrid model for emergency location problem after earthquake in Mashhad", ***Geographical Space***, 71 (20): 75-101. [In Persian].
- Godschalk, D., (2003), "Urban hazard mitigation: creating resilient cities", ***Natural Hazards***, 4 (3): 136-143
- Gunderson, L. H., (2010), "Ecological and human community resilience in response to natural disasters", ***Ecology and Society***, 15 (2): 323-331.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

- Heidari, R., Gholami, Y., Salimi, Z., (2018), "Resilience assessment of physical urban areas against earthquake: The case of old neighborhoods in Bushehr)", ***Journal of Geography and Environmental Hazards***, 6 (4): 63-80. [In Persian].
- Kabir, H., Sato, M. Habbiba, U., Yousuf, T. B., (2018), "Assessment o urban disaster resilience Dhaka North city corporation (DNCC), Bangladesh", ***Procedia Engineering***, 212: 1107-1114.
- León, J., March, A., (2014), "Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile", ***Habitat International***, 43:250-262.
- Lewis, J., Kelman, I., (2010), "Places people and perpetuity community capacities in eecologies of catastrophe", ***An International E-Journal for Critical Geographies (ACME)***, 9 (2): 191-220.
- Mahmodzadeh, H., Herischian, M., (2018), "Measurement and prioritization of resilience indicators by using structural equation and fuzzy multivariate analysis (A case study: region 1 of Tabriz metropolitan)" , ***Research and Urban Planning***, 34 (9): 59-74. [In Persian].
- Malek, M., Pileh Forooshha, P., (2015), "A comparison between traditional and intuitionistic fuzzy logic for vulnerability mapping under uncertainty", ***Journal of Emergency Management***, 3 (2): 5-13. [In Persian].
- Maleki, S., Amanpour, S., Safaeepour, M., Pormosavi, S., Mavedat, E., (2017), "Evaluation of urban physical resilience spectrum the against earthquake using the model planning (A case study of Ilam)", ***Physical Sacial Planning***, 4 (1): 9-20. [In Persian].
- Manyena, S., (2006), The concept of resilience revisited, ***Disasters***, 30 (4): 433-450.
- Milutinovic,V., Trenda filoski Goran, S., (2003), "***An advanced approach to earthguake risk-scenarios with applications to diffevent european tows***", Bureau de Recherches Géologiques et Minières, parise, France.
- Mitchell, T., Harris, K., (2012), "Resilience: A risk management approach", Overseas Development Institute, ***ODI background note (ODI)***: Westminster Bridge Road, London.
- Organization of Geography., (2008), "***History of Tehran***", Second Edition: Tehran: Organization of Geography and Cartography of Geology. [In Persian].
- Palekiene, O., Simanaviciene, Z., Bruneckiene, J., (2015), "The application of resilience concept in the regional development context", ***Procedia-Social and Behavioral Sciences***, 213: 179-184.
- Pashapour, H., Pourakrami, M., (2018), "Measuring physical dimensions of urban resilience in the face of the natural disasters (Earthquake) (case study: Tehran's 12th district)", ***Journal of Studies of Human Settlements Planning***, 12 (4): 985-1002. [In Persian]
- Paton, D., Leigh, S., Violanti, J., (2000), "Disaster response risk, vulnerability and resilience", ***Disaster Prevention and Management***, 9 (3): 173-179.
- Pelling, M., (2003), "***The vulnerability of cities***", London: Earth scan.
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., (2004), "Resilient cities meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms", ***Landscape and Urban Planning***, 69: 369-384.
- Pisano, U., (2012**)**, "***Resilience and sustainable development theory of resilience***, ***Systems thinking and adaptive governance***", European Sustainable Development Network (ESDN): Vienna, Austria.
- PourAhmad, A., Ziari, K., Abdali, Y., Sadeghi, A., (2019), "Analysis of resiliency criteria in urban worn out texture of Tehran 10 municipality against earthquake with emphasis on physical resilience", ***Research and Urban Planning***, 36 (10): 1-21. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]

- Proag, V., (2014), "Assessing and measuring resilience", ***Procedia Economics and Finance***, 18: 222-229.
- Rahman, A., Shaw, R., Surjan, A., Parvin, G. A., (2016), "Urban disasters and approaches to resilience", ***Urban Disasters and Resilience in Asia***, 13 (2): 1-19.
- Renschler, S., Chris, A., Arendt, L., Cimellaro, G. P., Reinborn, A., Bruneau, M., (2010), "A framework for defining and measuring resilience at the community scale the peoples resilience framework", ***National Institute of Standards and Tchonology***, 3: 249-260.
- Sharifi, A., Yamagata Y., (2014), "Resilient urban planning: Major principles and criteria", **Energy Procedia**, 61: 1491-1495.
- Suarez, M., Baggethun, E. G., Benayas, J., Tilbury, U., (2016), "Towards an urban resilience index: A case study in 50 Spanish cities", ***Sustainability***, 74: 87.
- Thilo, L., (2010), "***Urban resilience and new institutional theory***, ***A happy couple for urban and regional*** **studies?**", Springer: Berlin, Heidelberg.
- Tompkins, E. L., Adger, W. N., (2004), "Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? ," ***Ecology and society***, 9 (2): 1-14.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., Kinzig, A., (2004), "Resilience, adaptability and transformability in social- ecological systems", ***Ecology and Society***, 9 (2): 1-9.
- Weichselgartner, J., Kelman, I., (2015), "Geographies of Resilience challenges and opportunities of a descriptive concept", ***Progress in Human Geography***, 39 (3): 249-267.
- Xu, J., Lu, Y., (2018), "Towards an earthquake-resilient world: From post-disaster reconstruction to pre-disaster prevention", ***Environmental Hazards***, 17 (4): 269-275.
- Yoon, D. K., Kang, J. E., Brody, S. D., (2015), "A measurement of community disaster resilience la Korea", ***Journal of Environmental Planning and Management***, 59 (3): 436-460.
- Yu, P., Wen, W., Ji, D., Zhai, C., Xi, L., (2019), "A framework to assess the seismic resilience of urban hospitals", ***Advances in Civil Engineering***, 2019: 1-11.
- Zali, N., Sohrab, M., (2018), "An analysis of the influential factors in regional resiliency using TRIZ technique; A case sudy in Hamedan province", ***Regional Planning***, 29 (8): 41-52. [In Persian].
- Zanganeh Shahri, Z., Ziari, K., Pourakarami, M., (2017), "Evaluation and analysis of the physical resilience of the region 12 in Tehran against earthquakes using FANP and Vickor models", ***Geography***, 52 (15): 81-101. [In Persian].
- Zhao, P., Chapman, R., Randal, E., Howden-Chapman, PH., (2013), "Understanding resilient urban futures: A systemic modelling approach", ***Journal of Sustainability***, 5: 3201-3223.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.1735322.1401.22.78.10.9]