

ارزیابی تاب‌آوری کالبدی و شناسایی محلات آسیب‌پذیر در مقابل مخاطرات زمین‌لرزه؛ مورد مطالعاتی: منطقه ۲ شهر تهران*

علیرضا عندلیب^۱ - امیررضا بهزادی^{۲*}

۱. دانشیار و عضو هیات علمی گروه شهرسازی دانشکده عمران، هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۸/۰۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶

چکیده

مطالعات نشان می‌دهد زلزله‌های ویرانگر در راستای گسل شمال شهر تهران، تهدیدی جدی برای انسان و محیط انسان‌ساخت است. تاب‌آوری شهری مبحثی نسبتاً جدید و دارای جنبه‌های گوناگون است که به توانایی پیش‌بینی بروز حوادث، اثرات محدود و برگشت به وضعیت پیش از بحران اطلاق می‌شود. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران و شناسایی محلات آسیب‌پذیر در مقابل مخاطرات زمین‌لرزه تدوین شده است. روش پژوهش توصیفی تحلیلی و با رویکرد آمیخته بوده و داده‌ها به روش مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی گردآوری شده است. در ادامه با استفاده از تکنیک دلفی و نظر خبرگان، اقدام به تعیین معیارهای موثر بر میزان تاب‌آوری کالبدی و دسته‌بندی آن ذیل اصول پنجگانه شهر تاب‌آور از منظر کالبدی (کلارک و نمک^۱ ۲۰۱۰) در برابر مخاطرات زمین‌لرزه شد. سپس با بهره‌گیری از شیوه تحلیل سلسله‌مراتبی به اولویت‌بندی معیارها در کاهش آسیب‌پذیری کالبدی پرداخته شد و عوامل تاثیرگذار در آن مورد شناسایی قرار گرفت. در نهایت، پایگاه داده در نرم‌افزار ArcGIS ایجاد و نقشه جامع شناخت نقاط در معرض خطر منطقه مذکور استخراج گردید و بر اساس نتایج مشخص شد محلات فرحزاد، پرواز و فراز، از منظر تاب‌آوری کالبدی جایگاه مطلوبی نداشته و در برابر زمین‌لرزه آسیب‌پذیرتر خواهند بود.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری کالبدی، مخاطرات زمین‌لرزه، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل AHP، منطقه ۲ شهر تهران.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم با عنوان «ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران در مقابل مخاطرات زمین‌لرزه» است که با راهنمای نویسنده اول در سال ۱۴۰۲ انجام گرفته است.

** E-mail: amirreza_behzadi1993@yahoo.com

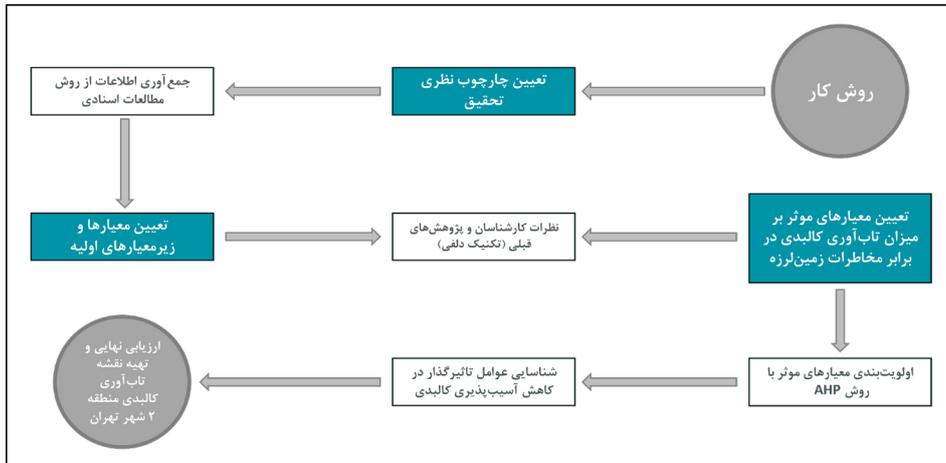
۱. مقدمه

شهر تهران به دلیل تراکم جمعیتی، تمرکزگرایی شدید مراکز اداری، اقتصادی و خدماتی و همچنین موقعیت ویژه زمین‌شناسی از جمله مناطق در معرض آسیب است. از طرفی مطالعات تحلیلی و تاریخی زمین‌لرزه^۲ در ایران بیانگر این است که زلزله‌های ویرانگر به‌ویژه در راستای گسل شمال تهران به عنوان بزرگ‌ترین گسل شهر که در طول سالیان متمادی سبب بروز خسارت‌های جدی به پدیده‌های انسان‌ساخت و مهم‌تر از آن تلفات فراوان انسانی شده است. سالیانه حدود ۲۵۰ زمین‌لرزه با قدرت ۴ تا ۴.۹، ۲۵ زمین‌لرزه با قدرت ۵ تا ۵.۹، دو زمین‌لرزه با قدرت ۶ تا ۶.۹ و ۰.۲ زمین‌لرزه با بزرگی ۷ تا ۷.۹ (هر ده سال حدود دو زمین‌لرزه) به وقوع می‌پیوندد، علی‌رغم این موضوع که جمعیت ایران حدود یک درصد جمعیت دنیا است اما تلفات ناشی از زمین‌لرزه در آن، شش درصد تلفات دنیا است (Behzadfar 2011). بنابراین، ایمنی سکونتگاه‌ها در مناطق زلزله‌خیز و لزوم ارزیابی عوامل خطرآفرین بیش از گذشته اهمیت می‌یابد. منطقه ۲ شهر تهران نیز به دلیل موقعیت و مجاورت به گسل شمال تهران و دارا بودن بافت فرسوده در برخی از محلات و همچنین وسعت، جمعیت و وجود تأسیسات و بناهای انسان‌ساخت متعدد یکی از مناطق مخاطره‌آمیز شهر تهران در برابر زمین‌لرزه است. تاب‌آوری شهری مبحثی نسبتاً جدید و پیچیده بوده که دارای جنبه‌های گوناگون اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و کالبدی می‌باشد. تاب‌آوری سه ویژگی اصلی دارد: (۱) ظرفیت پایداری در برابر اثرات واردشده از یک خطر به‌طوری که آن خطرها منجر به حادثه نشود (از امکان شکست بکاهد)؛ (۲) ظرفیت بازگشت به گذشته پس از حادثه (از تأثیرات شکست بکاهد)؛ (۳) توانایی برای تحول و پذیرش پس از حادثه (Ostovar Izadkhan 2011, 147). تاب‌آوری به عنوان تغییر در ارتباط با تاب‌آوری اجتماعی و به عنوان ظرفیت جامعه برای واکنش به دگرگونی و به‌طور سازوار مطرح می‌نماید که به جای برگشت عادی به وضعیت گذشته می‌تواند به مفهوم تحول به وضعیت تازه که در محیط حاضر پایدارتر است، باشد (Matyas and Pelling 2015, 8). جامعه تاب‌آور دارای آستانه بالایی است و قادر به جذب فشار زیادی قبل از این‌که از حد آستانه‌اش بگذرد، است (Windle 2011, 54). جامعه تاب‌آور برای بازگشت به شرایط قبل به زمان کم‌تری نیاز دارد، در حالی که جامعه با تاب‌آوری پایین به زمان بیش‌تری نیاز دارد تا بازیابی خود را انجام دهد و یا اصولاً قادر به این کار نیست (Madhuri et al. 2015, 2). داداشپور و عادل (۱۳۹۴)، در مقاله‌ای با موضوع سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه شهری قزوین، بیان کردند که در بین جنبه‌های گوناگون تاب‌آوری، از منظر ابعاد نهادی و پس از آن ابعاد کالبدی وضعیت نامطلوب‌تری دارند.

کوسوماستوتی و همکاران (Kusumaštuti et al. 2014) در پژوهشی با موضوع «گسترش و بسط فهرستی از سنجه‌های تاب‌آوری در مقابل حوادث طبیعی آندونزی» به تدوین یک چارچوب جهت ارزیابی تاب‌آوری مناطق در معرض خطر در برابر مخاطرات طبیعی می‌پردازند. کاتر و همکاران (Cutter et al. 2010) (در مقاله‌ای با موضوع «معیارهای تاب‌آوری حوادث جهت ارزیابی شرایط خط مبنای» روش‌شناسی و مجموعه‌ای از سنجه‌ها را به منظور سنجش وضعیت موجود و تأثیرگذار بر تاب‌آوری حوادث بیان می‌نماید. شناخت شاخص‌ها و عوامل موثر در کاهش آسیب‌های مخاطرات ناشی از زمین‌لرزه می‌تواند زمینه را برای ارتقاء تاب‌آوری شهری فراهم سازد. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر تعیین و ارزیابی معیارهای موثر در تحلیل تاب‌آوری کالبدی^۳ با دریافت و جمع‌آوری داده‌های حاصل از پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده به روش دلفی از یک پنل هشت‌نفره متخصصان و صاحب‌نظران در حوزه برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی و در نهایت تهیه نقشه‌ای جامع برای شناسایی محلات آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات زمین‌لرزه در منطقه ۲ شهر تهران می‌باشد. خوشبختانه در سال‌های اخیر بیش از پیش به موضوع تاب‌آوری توجه شده و مطالعاتی در این حوزه انجام شده است. لازم به توضیح است جنبه‌های نوآورانه و تفاوت پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین صورت‌گرفته در موارد زیر خلاصه شده است:

- ۱- تمرکز بر جنبه کالبدی تاب‌آوری در برابر مخاطرات زمین‌لرزه؛
 - ۲- محله‌محور بودن و بررسی هر یک از محلات منطقه ۲ شهر تهران بر اساس معیارهای ارزیابی؛
 - ۳- تعیین میزان مخاطره‌آمیز بودن هر پارسل در منطقه ۲ شهر تهران در برابر زمین‌لرزه احتمالی؛
 - ۴- تحلیل میزان تاب‌آوری کالبدی نهایی هر پارسل در محلات منطقه ۲ شهر تهران؛
 - ۵- شبیه‌سازی سه‌بعدی منطقه ۲ شهر تهران و تهیه نقشه نهایی و جامع تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران. در پایان شایان ذکر است اسامی پنل خبرگان و متخصصان به شرح ذیل است:
- (۱) احمد نیکخواه نائینی (سرپرست معاونت شهرسازی و معماری وزارت راه و شهرسازی) (۲) علی اصغر کمالی‌زاده (مدیرعامل سازمان نوسازی شهر تهران) (۳) محمدرضا ابراهیمی (معاون نوسازی و توسعه سازمان نوسازی شهر تهران) (۴) نسترن اصغرزاده (رئیس اداره طرح‌های ناکارآمد شهری سازمان نوسازی شهر تهران) (۵) علیرضا عندلیب (مدرس و استاد دانشگاه) (۶) اسماعیل شیعه (مدرس و استاد دانشگاه) (۷) احمد سعیدنیا (مدرس و استاد دانشگاه) (۸) مرتضی طلاچیان (مدرس و استاد دانشگاه)

شکل ۱: مراحل و فرآیند انجام پژوهش (متدولوژی)



۲. مبانی و چارچوب نظری پژوهش

تایمرمن^۴ (۱۹۸۱)، اولین شخصی بود که مفهوم تاب‌آوری را در زمینه حوادث طرح نمود (Mayunga 2007). امروزه حجم زیاد خسارات و تلفات ناشی از بحران‌ها اهمیت توجه به موضوع تاب‌آوری را بیش از گذشته آشکار می‌سازد (Cangelosi 2015). شهر تاب‌آور، شبکه‌ای مقاوم از نظام کالبدی و جوامع انسانی است. به‌طور کلی، نظام کالبدی همانند بدن شهر است. در زمان وقوع حادثه، نظام کالبدی باید مانا باشد و در شرایط دشوار نیز به فعالیت خود ادامه دهدند (Salehi et al. 2010, 101). تمرکززدایی از ویژگی‌های کلیدی شهرهای تاب‌آور است، به‌طوری که ظرفیت‌های اجتماعی، اقتصادی و غیره در سطح این شهر توزیع شده باشد (Campanella and Vale 2005, 32).

۲-۱- فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۵ (AHP)

مدل AHP اولین بار توسط توماس. ال. ساعتی^۶ فردی عراقی‌الاصل در دهه ۱۹۷۰ به‌کار گرفته شد. با توجه به این‌که اغلب مفاهیم مرتبط با شهرسازی به روش معیارهای عددی و توصیفی قابل تحلیل هستند، امکان استفاده همزمان شاخص‌های کمی و کیفی آن را به شیوه‌ای توانمند برای موضوعات و مباحث شهری تبدیل می‌نماید. منعطف بودن، سادگی محاسبات و امکان اولویت‌بندی معیارها نیز از مزیت‌های دیگر این مدل هستند. علاوه بر آن امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌ها یکی دیگر از ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن می‌باشد. این روش دارای سه گام اصلی است: ۱- ایجاد ماتریس قیاس دو دویی، ۲- احتساب وزن معیارها و ۳- بررسی سازگاری در قضاوت‌ها. مقیاس در بازه ۱ تا ۹ می‌باشد به گونه‌ای که ارزش عدد ۱ بیانگر اهمیت یکسان دو عامل و عدد ۹ بیانگر اهمیت خیلی زیاد یک عامل در برابر عامل دیگر می‌باشد (Malczewski 2006, 315).

۲-۲- تکنیک دلفی^۷

یکی از شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمنفره است که جهت حصول به توافق در خصوص مساله مورد نظر از دیدگاه صاحب‌نظران استفاده می‌شود. هدف اصلی آن رسیدن به مطمئن‌ترین وحدت نظر خبرگان به‌وسیله پرسش‌نامه‌هایی همراه با بازخورد کنترل شده است. ارزش این روش نه به تعداد حاضرین در پژوهش که به اعتبار علمی صاحب‌نظران و خبرگان وابسته است. شرکت‌کنندگان در این شیوه از ۵ تا ۲۰ نفر است. این روش می‌تواند برای کمک به دستیابی به اجماع کارشناسان و توسعه دستورالعمل‌های حرفه‌ای استفاده می‌شود (Taylor 2020).

۲-۳- معیارها و شاخص‌های کالبدی تاب‌آوری

یکی از دلایل تشکیل برنامه‌ریزی شهری، اهمیت امنیت سکونت‌گاه‌ها در مقابل حوادث بوده است. پیش‌بینی نحوه جانمایی کاربری‌ها و خدمات متجانس با مناطق خطرآفرین، توجه به اندازه، هماهنگی و منعطف بودن در ساختارهای شهری، تناسب فرم با عملکرد و در نظر گرفتن دسترسی‌های مناسب از جمله ملزومات کاستن آسیب‌پذیری شهرها در روند برنامه‌ریزی شهری است (Roošta 2017). همچنین پراکنش نامطلوب کاربری و عناصر کالبدی، شبکه ارتباطی ناکارآمد، بافت‌های متراکم، تراکم‌های فشرده شهری، وضعیت نامطلوب قرارگیری زیرساخت‌های شهری، نبود و فقدان فضاهای سبز و باز شهری نقش به‌سزایی در افزایش آسیب‌پذیری در مقابل زمین‌لرزه دارند (Farzad Behtash et al. 2011). اگر جلوگیری از رشد شهری امکان‌پذیر نیست، ولی کاهش آسیب‌های ناشی از آن امکان‌پذیر است. موضوعی که ارجح است، نجات جان انسان‌ها می‌باشد. رشد و توسعه شهری سبب تسهیلات زیادی می‌شود ولی در عین حال عوامل بحران‌آفرین هم افزایش می‌یابد و تسهیلات محیطی منجر به زیان می‌شوند (Shieh 1999).

عوامل داخلی ساختمان

شامل مواردی هستند که تاثیر آن‌ها به خود بنا بازمی‌گردد و بر آن اثر می‌گذارند.

۱. فرسودگی بافت: هر چه میزان فرسودگی یک بافت بیشتر باشد میزان آسیب‌پذیری در برابر حوادث بیشتر و میزان تلفات و خسارات افزایش می‌یابد.

۲. دانه‌بندی: شبکه‌ی ارتباطی با گونه بافت مرتبط می‌باشد. درشت‌دانه، میان‌دانه و ریزدانه بودن بر کارآمدی شبکه ارتباطی موثر است، هر چه دانه‌بندی بافت شهری بزرگ‌تر باشد، میزان گرهای ترافیکی کم‌تر خواهد بود (Sharifzadegan and Fathi 2008). هر قدر مساحت این قطعات بیشتر باشد آوار ناشی از تخریب ساختمان‌ها به میزان کم‌تری به ساختمان‌های اطراف و مجاور آسیب رسانده و آن‌ها را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

۳. تعداد طبقات: هر چه تعداد طبقات بیشتر باشد، میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد زیرا به هنگام تخلیه، عملیات جستجو و نجات با دشواری صورت خواهد گرفت، از طرفی گریز و خروج از طبقات فوقانی در ساختمان‌های مرتفع سخت و امدادسانی به این طبقات که ممکن است ناشی از حوادث ثانویه نظیر آتش‌سوزی باشد مشکل‌تر خواهد بود.

۴. ارتفاع: هر قدر میزان ارتفاع یک سازه بیشتر باشد. امکان امدادسانی سریع و آسان پس از وقوع یک سانحه کم و در نتیجه تاب‌آوری کاهش می‌یابد.

عوامل خارجی ساختمان

شامل مواردی هستند که تاثیر زمین‌لرزه به‌طور مستقیم به خود بنا باز نمی‌گردد بلکه عوامل دیگری در آسیب‌پذیری آن اثرگذار خواهند بود.

۱. عرض و نوع معابر ارتباطی: شبکه ارتباطی، تاثیر به‌سزایی در کاستن از آسیب‌پذیری دارد. اگر شبکه ارتباطی پس از وقوع زمین‌لرزه صدمه نیندند و کارآمدی خود را ادامه دهد تلفات زمین‌لرزه به‌طور محسوسی کاهش خواهد یافت، زیرا امکان خروج از موقعیت‌های خطرزا، تسهیل در فرآیند کمک و امدادسانی به مجروحان و دسترسی به مناطق ایمن مهیا خواهد بود.

۲. دسترسی به فضاهای باز: یکی از مهم‌ترین موضوعات در زمان وقوع زمین‌لرزه و پس از آن فاصله سکونتگاه‌ها از فضاهای بدون کالبد است این فضاها در زمانی که احتمال وقوع زمین‌لرزه وجود دارد می‌توانند محلی برای پناه‌گیری

استفاده شوند. پارک‌ها و بوستان‌های بزرگ این امکان را فراهم می‌آورند تا اسکان و استقرار پایگاه‌های امدادی پس از وقوع زمین‌لرزه در آن‌ها ایجاد شود. پارک‌های کوچک و متوسط نیز می‌توانند جهت مکان‌های تخلیه و مکان‌های اسکان اضطراری و موقت در مراحل امداد و نجات مورد استفاده قرار گیرند.

۳. کاربری اراضی شهری: برخی از کاربری‌هایی که در شهر وجود دارند از درجه اهمیت بالاتری برخوردار هستند و نقش مهمی در کاهش و یا افزایش آسیب‌پذیری در مقابل زمین‌لرزه دارند. این کاربری‌ها همانند دانشگاه‌ها، مدارس، مخازن سوخت، پمپ‌بنزین و گاز، نیروگاه‌های برق فشار قوی، کارخانه‌ها، مراکز امدادی، مراکز درمانی و غیره می‌باشند.

۴. دسترسی به مراکز درمانی: هر چه فاصله مراکز درمانی تا مناطق مسکونی کم‌تر باشد، ارائه خدمات درمانی در مدت زمان کوتاه‌تری صورت می‌گیرد. به‌طور کلی شعاع دسترسی بیمارستان تا محلات مسکونی ۱ تا ۱٫۵ کیلومتر است (Habibi and Masaeli 1999).

۵. دسترسی به مراکز امدادی: دسترسی به مراکز امدادی (نظیر ایستگاه‌های آتش‌نشانی) یک عامل موثر در امدادسانی به حساب می‌آید و افزایش فواصل سکونتگاه با مراکز امدادی، دامنه خطر را افزایش می‌دهد.

۶. فاصله

الف- فاصله از کاربری‌های پرخطر: مانند نیروگاه‌های برق، مخازن سوخت، پمپ‌بنزین و غیره می‌تواند آسیب‌پذیری را کاهش دهد.

ب- فاصله از گسل‌ها: هر چه فاصله از گسل بیشتر باشد آسیب‌پذیری کم‌تر خواهد بود. در این هنگام مفهومی به نام «حریم گسل» مطرح می‌شود. زمانی که گسل‌ها به خوبی شناخته می‌شوند، می‌توان پهنه‌ای پیرامون آن‌ها که فاصله‌ای از چند ده متر تا چند صد متر است را تعیین نمود که به آن «حریم گسل» می‌گویند (Mesbahi 2018). با عنایت به این موضوع که میزان ساخت‌وساز در حریم گسل شمال تهران آماری افزایشی را نشان می‌دهد، یکی از مهم‌ترین مطالعات اولیه به منظور جلوگیری از آسیب‌پذیری رعایت حریم گسل است. با توجه به روابط و مطالعات صورت‌گرفته و همچنین بزرگی به‌دست آمده از سناریوهای مختلف بیش‌ترین حریم گسل ۲٫۲ کیلومتر محاسبه شده است (Mojarab and Zare 2009).

شکل ۲: گردآوری و مقایسه دیدگاه‌های رایج به سوانح

| | |
|--------------|---|
| رهیافت غالب | دیدگاهی خوش‌بینانه در مواجهه با سوانح طبیعی از جمله زلزله، توجه به سوانح طبیعی و آسیب‌های ناشی از آن، عدم ارائه راهکار مناسب در مواجهه و پیشگیری از آسیب‌های زلزله |
| اقتصاد سیاسی | دیدگاه رادیکال، عادی دانستن پدیده‌های طبیعی، تقابل با رویکرد غالب، توجه به آسیب‌پذیری به جای خطرپذیری |
| ساختارگرایی | توجه به عدالت اجتماعی، تقابل با دیدگاه اقتصاد سیاسی، توجه به ساختارهای اجتماعی |
| اقتضایی | ارائه برنامه در سطح خرد و در صورت اضطراری نه پیشگیری |
| امنیت انسانی | توجه به مردم و تاکید بر امنیت انسانی در شرایط بحرانی، استراتژی بالا به پایین، توجه به دیگر بخش‌ها از جمله گروه‌های محلی و سازمان‌های مردم‌نهاد |
| توسعه پایدار | توجه به مسائل طبیعی، انسان‌ساخت و اجتماعی، توجه به مخاطرات طبیعی با رویکرد اقتصادی، اجتماعی، کالبدی، مدیریتی و نهادسازی، توجه به مشارکت، آموزش و نهادسازی که کاهش آثار و خسارات ناشی از زلزله را به همراه دارد. |

۲-۴- انتخاب نظریه^۸

با توجه به ارزیابی ویژگی‌های هر دیدگاه، در این پژوهش سعی شده است از دیدگاه امنیت انسانی و توسعه پایدار استفاده شود. این دیدگاه علاوه بر نگاه ویژه به مسائل طبیعی، انسان‌ساخت و اجتماعی به مخاطرات طبیعی (مشخصاً زمین‌لرزه در این پژوهش) با رویکرد کالبدی که کاهش آثار و خسارات ناشی از زلزله را به همراه دارد توجه می‌کند علاوه بر آن رویکرد امنیت انسانی به سبب مطرح شدن موضوع تاب‌آوری به عنوان شالوده و نظریه بنیادی پژوهش انتخاب می‌گردد.

۲-۶- انتخاب اصول^{۱۲}

با مطالعه و تحلیل دیدگاه‌های رایج صاحب‌نظران، اصول متعددی برای شهرهای تاب‌آور مطرح شد که در این پژوهش بر اساس موضوع و مشابهت مفهومی به این نتیجه رسیدیم که پنج اصل پایداری^{۱۳}، استحکام^{۱۴}، سازگاری^{۱۵}، دوام^{۱۶} و آمادگی^{۱۷} که به عنوان اصول و مولفه‌های کلیدی شهر تاب‌آور از منظر کالبدی در سال ۲۰۱۰ میلادی توسط کلارک و نمک (Clark and Nemecek 2010) عنوان شد به عنوان اصول شهر تاب‌آور از منظر کالبدی انتخاب شود.

۲-۵- انتخاب نگرش^۹ (رویکرد)

از میان دو رویکرد اساسی در زمینه تاب‌آوری اگر چه تمایز و تفکیک نگرش کنش‌گر^{۱۰} و نگرش کنش‌پذیر^{۱۱} امری آسان نیست اما در این پژوهش و با توجه به موضوع که ارزیابی تاب‌آوری کالبدی و در نهایت شناسایی نواحی ایمن و خطرآفرین منطقه^۲ است، نگرش کنش‌پذیر کاربردی‌تر است زیرا جامعه وابسته به نگرش کنش‌پذیر، با مقاوم‌سازی سیستم و همچنین استحکام بخشیدن به وضع موجود در مقابل آسیب‌ها به طرف آینده قدم برمی‌دارد.

۲-۷- انتخاب معیارها^{۱۸}

برای انتخاب معیارهای ارزیابی ابتدا اصول کلیدی شهر تاب‌آور با توجه به مبانی نظری ذکر شده استخراج شد؛ سپس معیارهای ارزیابی و شاخص‌های مرتبط با آن معیار مطرح گشت. پس از آن نوع عامل (داخلی یا خارجی) تعیین گردید و در نهایت سنجه و نحوه سنجش هر یک مشخص شد.

شکل ۳: معیارها و شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری کالبدی

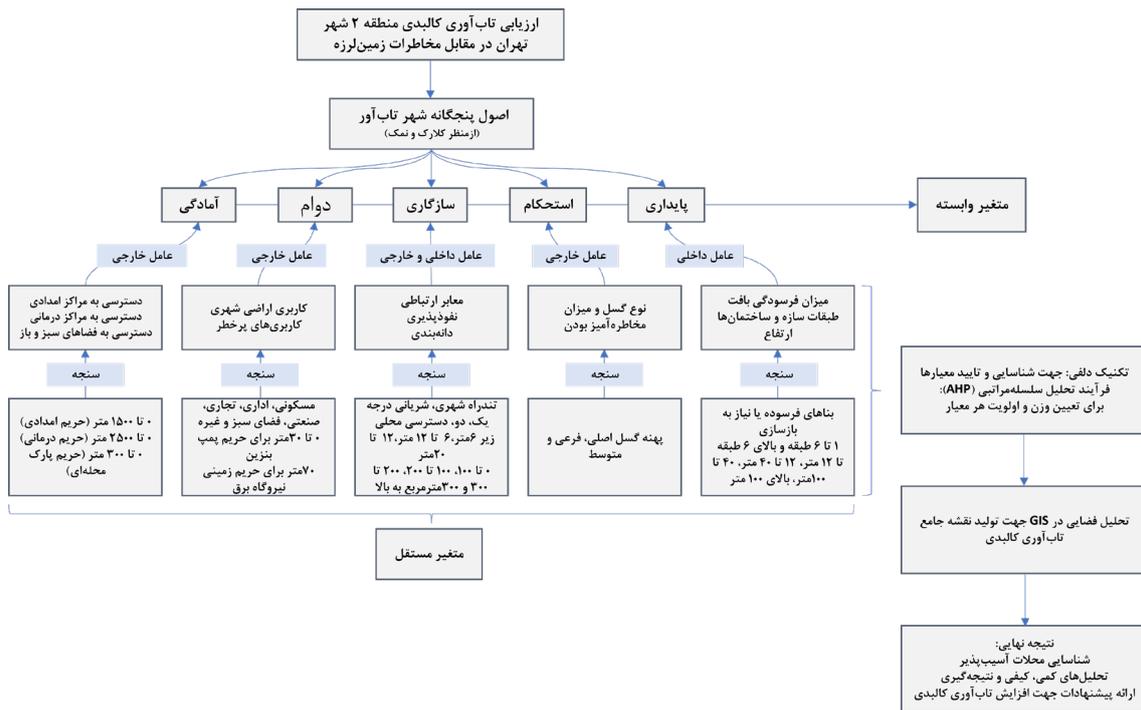
| اصول شهر تاب‌آور از منظر کالبدی | معیار | شاخص | نوع عامل | سنجش | توضیحات |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|----------|---|--|
| پایداری | میزان فرسودگی بافت | مقیاس و تعداد پلاک‌های فرسوده | داخلی | بناهای فرسوده و یا دارای نیاز به بازسازی | هر قدر کیفیت ساخت یک بنا بهتر باشد، در مقابل مخاطرات ناشی از زمین‌لرزه پایداری و تاب‌آوری بیشتر است. |
| | طبقات سازه و ساختمان‌ها | تعداد طبقات | داخلی | ۱ طبقه ۲ طبقه ۳ طبقه ۴ طبقه ۵ طبقه ۶ طبقه بالای ۶ طبقه | افزایش تعداد طبقات باعث ناپایداری سازه‌ها و ساختمان‌ها و در نتیجه کاهش تاب‌آوری می‌شود. |
| | ارتفاع | میزان بلندی سازه‌ها و ساختمان‌ها | داخلی | تا ۱۲ متر ۱۲ تا ۴۰ متر ۴۰ تا ۱۰۰ متر بالای ۱۰۰ متر | هر چه ارتفاع یک سازه بیشتر باشد، میزان پایداری ساختمان و همچنین امکان امداد رسانی سریع و آسان پس از حادثه کم و در نتیجه تاب‌آوری کاهش می‌یابد. |
| استحکام | نوع گسل و میزان خطر آفرین بودن آن | حریم و فاصله از گسل‌ها | خارجی | پهنه گسل اصلی پهنه گسل فرعی پهنه گسل متوسط | طبق مطالعات صورت گرفته بیشترین و ایمن‌ترین حریم گسل برای گسل شمال تهران (پهنه اصلی و فرعی) ۲٫۲ کیلومتر و متوسط ۱ کیلومتر در نظر گرفته شده است. هرچه فاصله تا گسل از این مقدار کاهش یابد، تاب‌آوری و میزان استحکام کالبدی شهر کم‌تر می‌شود. |
| سازگاری | معیار ارتباطی | سلسله‌مراتب | خارجی | تندر راه شهری (بزرگراه) شریانی درجه یک شریانی درجه دو اصلی دسترسی محلی | هر مقدار معبر شریانی و عرض‌تر باشد، میزان سازگاری شهر در مواجهه با یک بحران نظیر زمین‌لرزه افزایش و در نتیجه تاب‌آوری بیشتر می‌شود. دسترسی محلی تاب‌آوری از منظر عرض معبر، دسترسی هر قطعه به نزدیک‌ترین معبر مدنظر قرار می‌گیرد. |
| | نفوذپذیری | عرض راه‌ها و شبکه معابر | خارجی | زیر ۶ متر ۶ تا ۱۲ متر ۱۲ تا ۲۰ متر بالای ۲۰ متر | هر چه عرض معابر کم باشد، امکان امداد رسانی پس از زمین‌لرزه و سازگاری شهر در مواجهه با یک بحران و پیامدهای پس از آن کاهش و در نتیجه میزان تاب‌آوری تقلیل می‌یابد. |
| | دانه‌بندی | ریزدانگی یا درشت‌دانگی بافت | داخلی | ۱۰۰۰-۰ متر ۰-۱۰۰ متر ۲۰۰-۳۰۰ متر ۳۰۰ متر به بالا | هر چه دانه‌بندی قطعات بزرگ‌تر باشد، نفوذپذیری بافت نیز بالاتر می‌رود و در نتیجه تاب‌آوری و میزان سازگاری شهر در مواجهه با یک بحران و پیامدهای پس از آن نیز افزایش می‌یابد. |
| دوام | کاربری اراضی شهری | میزان استفاده از هر کاربری | خارجی | مسکونی اداری و تجاری تظامی صنعتی و کارگاهی فضای سبز تظامی خدمانی (آموزشی، درمانی و غیره) حمل و نقل و انبارداری سایر | کاربری‌های درمانی، مسکونی و نظامی بیشتر در شب مورد استفاده قرار می‌گیرند و هنگام وقوع زمین‌لرزه در شب آسیب‌پذیرتر و در نتیجه دارای دوام کم‌تری خواهند بود. |
| | کاربری‌های پرخطر | فاصله از کاربری‌های خطر آفرین | خارجی | ۳۰۰-۰ متر برای پمپ‌های بنزین و گاز ۷۰ متر برای حریم زمینی نیروگاه برق | طبق مصوبه هیات دولت در مورد حریم خطوط هوایی انتقال و توزیع نیروی برق در تاریخ ۳۰/۱/۱۳۹۴، حریم خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۱ تا ۲۰ کیلوولت به صورت زمینی بوده که حداکثر (۲،۱۰) متر می‌باشد و حریم ایمن برای نیروگاه‌های بزرگ ۷۰ تا ۱۰۰ متر است. این حریم برای پمپ بنزین ۳۰ متر است. هر چه فاصله از کاربری‌های خطر آفرین بیشتر باشد، تاب‌آوری افزایش و میزان دوام بافت کاهش می‌یابد. |
| آمدادی | دسترسی به مراکز درمانی | فاصله از بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها و غیره | خارجی | ۱۵۰۰-۰ متر | طبق ص ۳۱ کتاب سرانه کاربری‌های شهری دکتر حبیبی، فاصله بیمارستان تا محلات مسکونی زیر پوشش ۱ تا ۱٫۵ کیلومتر است. هر قدر فاصله مراکز درمانی تا محل وقوع آسیب بیشتر باشد، تاب‌آوری و میزان آمادگی شهر برای مواجهه با مخاطرات پس از زمین‌لرزه کاهش می‌یابد. |
| | دسترسی به مراکز امدادی | فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی | خارجی | ۲۵۰۰-۰ متر | شعاع دسترسی به مراکز آتش‌نشانی ۲ تا ۳ کیلومتر است. هر قدر فاصله مراکز امدادی تا محل وقوع آسیب بیشتر باشد، تاب‌آوری و میزان آمادگی شهر برای مواجهه با مخاطرات پس از زمین‌لرزه کاهش می‌یابد. |
| | دسترسی به فضاهای باز | وجود فضاهای سبز، بوستان‌ها و پارک‌ها | خارجی | ۳۰۰۰-۰ متر | طبق ص ۱۸ کتاب سرانه کاربری‌های شهری دکتر حبیبی، شعاع عملکردی مفید و حداقل فاصله از واحد مسکونی برای پارک در مقیاس محله ۳۰۰ متر است. هر چه میزان فاصله از فضاهای باز و بی‌کالبد افزایش یابد، میزان آمادگی شهر در مقابله با مخاطرات پس از زمین‌لرزه و در نتیجه تاب‌آوری کاهش می‌یابد. |

۳. روش تحقیق

نوع تحقیق این پژوهش کاربردی و روش آن توصیف-تحلیلی با رویکرد آمیخته می‌باشد که از روش‌های اسنادی و کتابخانه‌ای در آن استفاده شده است. در ادامه با استفاده از تکنیک دلفی و نظر خواهی از متخصصان اقدام به تعیین معیارهای موثر بر میزان تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطرات زمین‌لرزه شد. سپس با بهره‌گیری از شیوه

تحلیل سلسله‌مراتبی به رتبه‌بندی و موثر بودن آن معیارها در کاهش آسیب‌پذیری کالبدی پرداخته و به ایجاد پایگاه داده، وارد ساختن داده‌های جدولی و تهیه نقشه‌های مورد نیاز در نرم‌افزار جی‌آی‌اس^{۱۹} اقدام شد و در نهایت تولید آمار تحلیلی و انجام محاسبات به وسیله نرم‌افزار اکسل^{۲۰} صورت پذیرفت.

شکل ۴: مدل مفهومی پژوهش

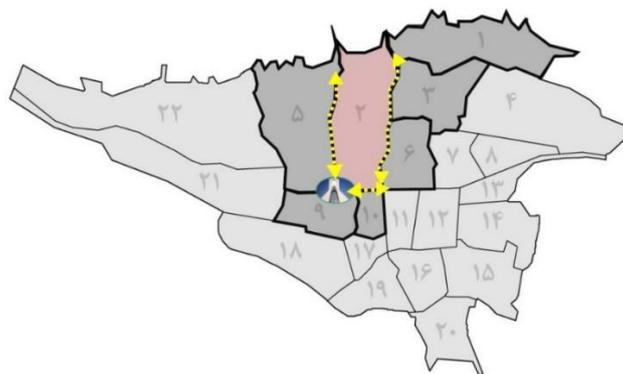


۴. معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه ۲ یکی از مناطق ۲۲گانه شهر تهران می‌باشد. این منطقه از جنوب به خیابان آزادی، از غرب به اتوبان اشرفی اصفهانی و محمدعلی جناح، از شرق به اتوبان چمران و

از شمال به ارتفاعات البرز محدود می‌شود. منطقه ۲ به ۹ ناحیه و ۲۱ محله شوراباری تقسیم می‌شود. این منطقه ۴۷.۱ کیلومتر مربع وسعت دارد و با مناطق یک، سه، پنج، شش، نه و ده هم‌جوار است (شکل ۵).

شکل ۵: موقعیت منطقه ۲ شهر تهران



قطعات و کاربری اراضی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت (Ahadnejad and Garakhlo 2010). همچنین فرجی و قرخلو در پژوهشی دیگر در سال ۱۳۸۹ دیگر معیارهایی نظیر کیفیت و قدمت ابنیه، موقعیت کاربری‌های خطرآفرین، اندازه قطعات، دسترسی به کاربری‌های امدادی، دسترسی به فضاهای باز و مصالح را مورد تحلیل و امتیاز دهی قرار دادند (Faraji and Garakhlo 2010). حبیبی و دیگران نیز در سال ۱۳۸۷ در پژوهشی دیگر معیارهایی نظیر اسکلت بنا، نسبت ارتفاع به عرض معبر مجاور، کیفیت بنا، مساحت، قدمت، تعداد طبقات، عرض معبر روبه‌رو، فاصله از مراکز آتش‌نشانی و درمانی و زمین‌های خالی را مورد تحلیل و وزن‌دهی قرار دادند (Habibi et al. 2008).

بر مبنای چارچوب نظری پژوهش و با توجه به نحوه متفاوت امتیازدهی صاحب‌نظران در پژوهش‌های پیشین و به منظور استانداردسازی اوزان تخصیص‌یافته به هر معیار که زمینه را برای مقایسه‌ی بهتر هر یک فراهم آورد، اعداد هر معیار بر اساس تقسیم بر مجموع امتیازات در آن پژوهش نرمالیزه می‌شوند (شکل ۶).

جمعیت این منطقه بر اساس آخرین سرشماری کشور در سال ۱۳۹۵، ۷۰۱۳۰۳ نفر بوده (۲۳۹۷۴۲ خانوار) که شامل ۳۴۳۰۳۳ نفر مرد و ۳۵۸۲۷۰ نفر زن است. محله‌های منطقه عبارتند از: پونک، تهران‌ویلا، دربان‌نو، سعادت‌آباد، شهرآرا، شهرک غرب، صادقیه، طرشت، فرحزاد، کوی نصر، شهرک آزمایش، ستارخان، مرزداران، آسمان، بهرود، پرواز، دریا، سپهر، ایوانک، شریف و توحید.

۵. یافته‌ها

طبق مطالعات پیشین، پژوهش‌هایی جهت ارزیابی معیارها برای تحلیل آسیب‌پذیری صورت‌گرفته است. به عنوان مثال، احدنژاد و جلیل‌پور در پژوهشی صورت‌گرفته در شهر خوی به ارزیابی عوامل تاثیرگذار بر آسیب‌پذیری پرداخته و شاخص‌هایی همچون دسترسی به شبکه معابر، فاصله از فضاهای باز، سازگاری کاربری‌ها و فاصله از مراکز درمانی را مورد بررسی قرار داده‌اند (Ahadnejad and Jalilpour 2009). در پژوهش دیگری که در سال ۱۳۸۸ در شهر زنجان توسط احدنژاد و دیگران صورت پذیرفت، شاخص‌هایی همچون تعداد طبقات، تعداد همسایگی، مصالح نما، وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک، اندازه

شکل ۶: اوزان نرمال‌شده به هر معیار در پژوهش‌های پیشین توسط پژوهشگران مختلف

| شاخص‌های آسیب‌پذیری | احدنژاد و جلیل‌پور | احدنژاد و قرخلو | حبیبی و دیگران | فرجی و قرخلو |
|---------------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------|
| شبکه | ۰.۴۴۳ | - | ۰.۰۶ | - |
| فضای باز | ۰.۲۰۴ | - | - | ۰.۱۱۵ |
| دسترسی به بیمارستان | ۰.۰۵۲ | - | - | - |
| کاربری اراضی | - | ۰.۵۳ | - | - |
| اندازه قطعه | - | ۰.۴ | ۰.۱۲ | ۰.۰۸۹ |
| قدمت بنا | - | ۰.۱۳۶ | ۰.۰۹ | ۰.۰۵۱ |
| کیفیت بنا | - | ۰.۹۹ | ۰.۱۳۶ | ۰.۰۳۸ |
| تعداد طبقات | - | ۰.۷۵ | ۰.۰۷۵ | - |
| آتش‌نشانی | - | - | ۰.۰۴۵ | - |
| درمانی | - | - | - | ۰.۰۳۵ |
| کاربری خطرناک | - | - | - | ۰.۰۶۴ |

پیشین موضوع آسیب‌پذیری کالبدی در مواجهه با زمین‌لرزه مطرح نبوده و این مورد به سبب عنوان و هدف این پژوهش از اهمیت بالایی برخوردار است معیار فاصله از گسل‌های موجود مورد تحلیل و وزن‌دهی قرار نگرفته است. بنابراین تمامی معیارها به صورت زیر به روش AHP در نرم‌افزار Expert Choice امتیازدهی می‌شوند. در شکل ۸ پرسش‌نامه طراحی‌شده برای تعیین اولویت معیارها جهت ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران که برای وزن‌دهی در اختیار اساتید و نخبگان حوزه‌ی برنامه‌ریزی شهری قرار داده شد، آمده است.

با حذف معیارهایی که وزن کم‌تری نسبت به سایر شاخص‌ها دارند، نظیر فاصله از زمین‌های خالی، میزان زمین‌های بایر و غیره و همچنین تطبیق معیارهای رتبه‌بندی‌شده توسط متخصصان با معیارهای موثر در ارزیابی تاب‌آوری کالبدی که موضوع این پژوهش است جدول فوق به‌دست می‌آید. لازم به توضیح است که معیارهای قدمت، کیفیت و مصالح اسکلت ساختمان با توجه به همپوشانی موضوعی با معیار میزان مساحت بافت‌های فرسوده در منطقه ۲ شهر تهران حذف گردیده‌اند. علاوه بر آن با عنایت به این مطلب که در پژوهش‌های

شکل ۷: قیاس ۹ کمیته ال ساعتی برای مقایسه دودوئی معیارها

| امتیاز | تعریف | توضیح |
|--------|--------------------|--|
| ۱ | اهمیت مساوی | در تحقق هدف، دو معیار اهمیت مساوی دارند. |
| ۳ | اهمیت اندکی بیش‌تر | تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت ۱ اندکی بیش‌تر از ۳ است. |
| ۵ | اهمیت بیش‌تر | تجربه نشان می‌دهد که اهمیت ۱ بیش‌تر از ۳ است. |
| ۷ | اهمیت خیلی بیش‌تر | تجربه نشان می‌دهد که اهمیت ۱ خیلی بیش‌تر از ۳ است. |
| ۹ | اهمیت مطلق | اهمیت خیلی بیش‌تر ۱ نسبت به ۳ به‌طور قطعی به اثبات رسیده است. |

شکل ۸: پرسش‌نامه طراحی شده برای تعیین اولویت معیارهای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲

| معیارهای ارزیابی تاب‌آوری | فاصله از گسل‌ها | دانه‌بندی قطعات | عرض راه‌ها و شبکه معابر | فرسودگی بافت | ارتفاع سازه‌ها | نوع معابر ارتباطی | فضاهای باز دسترسی به | کاربری اراضی | تعداد طبقات پلاک‌ها | دسترسی به مراکز امدادی | دسترسی به مراکز درمانی | فاصله از کاربری‌های پرخطر |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|--------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| فاصله از گسل‌ها | | | | | | | | | | | | |
| دانه‌بندی قطعات | | | | | | | | | | | | |
| عرض راه‌ها و شبکه معابر | | | | | | | | | | | | |
| فرسودگی بافت | | | | | | | | | | | | |
| ارتفاع سازه‌ها | | | | | | | | | | | | |
| نوع معابر ارتباطی | | | | | | | | | | | | |
| دسترسی به فضاهای باز | | | | | | | | | | | | |
| کاربری اراضی | | | | | | | | | | | | |
| تعداد طبقات پلاک‌ها | | | | | | | | | | | | |
| دسترسی به مراکز امدادی | | | | | | | | | | | | |
| دسترسی به مراکز درمانی | | | | | | | | | | | | |
| فاصله از کاربری‌های پرخطر | | | | | | | | | | | | |

عدد ۰.۰۴ (عدد کم‌تر از ۰.۱ در نرم‌افزار بیانگر رعایت سازگاری در قضاوت است)؛ سازگاری در قضاوت‌ها^{۲۱} نیز کاملاً رعایت شده است:

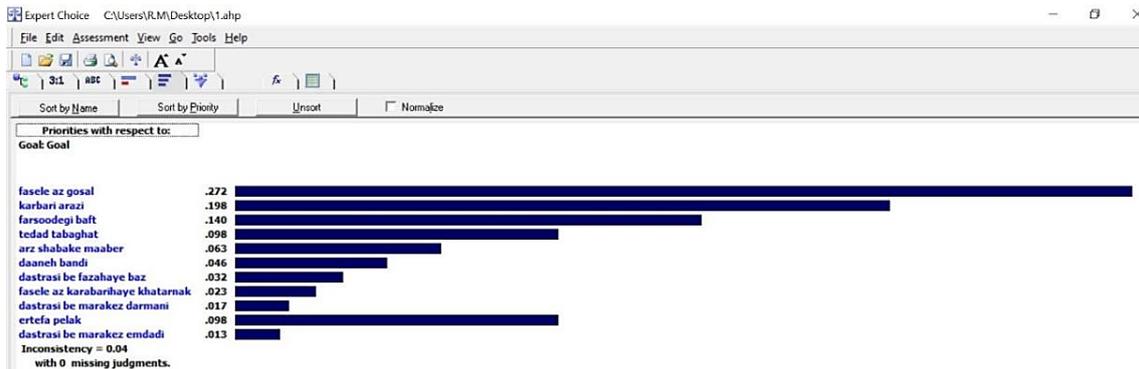
با جمع‌بندی پرسش‌نامه‌ها و نظرات نخبگان و پس از وزن‌دهی و مقایسه زوجی معیارها در نرم‌افزار Choice Expert، اولویت‌بندی‌نهایی آن‌ها با روش AHP به صورت زیر خواهد بود. لازم به توضیح است با به دست آمدن

شکل ۹: جدول نهایی مقایسه معیارها در نرم‌افزار Expert Choice

| | ertefa pela | fasele az g | karbari ara | farsodegi | tedad taba | arz shabak | daaneh bai | dastrasi be | fasele az k | dastrasi be | dastrasi be |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ertefa pela | 1.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 9.0 |
| fasele az gosal | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 9.0 |
| karbari arazi | | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| farsodegi baft | | | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 |
| tedad tabaghat | | | | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 9.0 |
| arz shabake maaber | | | | | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 4.0 |
| daaneh bandi | | | | | | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| dastrasi be fazahaye baz | | | | | | | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
| fasele az karbarihaye khatarnak | | | | | | | | | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| dastrasi be marakez darmani | | | | | | | | | | 1.0 | 2.0 |
| dastrasi be marakez emdadi | | | | | | | | | | | 1.0 |

Incon: 0.04

شکل ۱۰: وزن نهایی هر یک از معیارهای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی در منطقه ۲ شهر تهران



شکل ۱۱: اولویت‌بندی نهایی معیارهای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی در منطقه ۲ شهر تهران



پژوهش‌های پیشین است. پس از نرمالیزه کردن اوزان داده‌شده به هر معیار توسط متخصصان در پژوهش‌های پیشین، ترتیب اولویت معیارها در پژوهش‌های پیشین به صورت شکل ۱۲ خواهد بود. همچنین اولویت‌بندی و وزن نهایی معیارهای این پژوهش به روش AHP و پس از مقایسه زوجی (دو دویی) هر معیار و رتبه‌بندی نهایی آن‌ها، به صورت شکل ۱۳ می‌باشد.

لازم به ذکر است به دلیل همپوشانی معیار «نوع معابر» و «عرض معابر» این ۲ معیار در قالب یک معیار دسته‌بندی شده و مورد ارزیابی با سایر معیارها قرار گرفت. همچنین معیار «تعداد طبقات» و «ارتفاع» وزنی یکسان با یکدیگر به دست آوردند. نکته قابل توجه شباهت بسیار زیاد نتایج به‌دست آمده از اولویت‌بندی معیارها توسط کارشناسان، متخصصان و صاحب‌نظران با اولویت‌بندی معیارها در

شکل ۱۲: اولویت‌بندی معیارها براساس پژوهش‌های پیشین

| معیار | رتبه |
|---|------|
| کاربری اراضی | ۱ |
| فرسودگی بافت (قدمت و کیفیت ساخت بنا) | ۲ |
| تعداد طبقات | ۳ |
| نوع و عرض شبکه معابر | ۴ |
| دانه‌بندی و اندازه قطعات | ۶ |
| دسترسی به فضاهای باز (پارک‌ها، بوستان‌ها و غیره) | ۷ |
| فاصله از کاربری‌های خطرآفرین | ۸ |
| دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان، درمانگاه و غیره) | ۹ |
| دسترسی به مراکز امدادی (آتش‌نشانی) | ۱۰ |

شکل ۱۳: اولویت‌بندی نهایی معیارهای پژوهش به روش AHP پس از مقایسه زوجی (دو دویی) هر معیار و وزن نهایی

| رتبه | معیار | وزن |
|------|---|-------|
| ۱ | فاصله از گسل | ۰.۲۷۲ |
| ۲ | کاربری اراضی | ۰.۱۹۸ |
| ۳ | فرسودگی بافت (قدمت و کیفیت ساخت بنا) | ۰.۱۴۰ |
| ۴ | تعداد طبقات | ۰.۰۹۸ |
| ۴ | ارتفاع | ۰.۰۹۸ |
| ۶ | نوع و عرض شبکه معابر | ۰.۰۶۳ |
| ۷ | دانه‌بندی و اندازه قطعات | ۰.۰۴۶ |
| ۸ | دسترسی به فضاهای باز (پارک‌ها، بوستان‌ها و غیره) | ۰.۰۳۲ |
| ۹ | فاصله از کاربری‌های خطرآفرین | ۰.۰۲۳ |
| ۱۰ | دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان، درمانگاه و غیره) | ۰.۰۱۷ |
| ۱۱ | دسترسی به مراکز امدادی (آتش‌نشانی) | ۰.۰۱۳ |

نهایی ارزیابی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران به‌دست می‌آید (شکل ۳۵).

با توجه به اولویت‌بندی نهایی معیارها بر اساس نظرات کارشناسان به روش AHP و در نرم‌افزار Expert Choice ترتیب قرارگیری نقشه‌ها بر روی هم جهت تولید نقشه

شکل ۱۵: پلاک‌های داخل حریم گسل



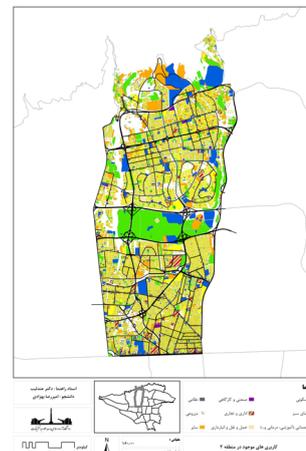
شکل ۱۴: گسل‌های موجود نقشه



شکل ۱۷: کاربری‌های خطرآفرین



شکل ۱۶: کاربری‌های موجود



شکل ۱۸: محلات دارای بافت فرسوده



شکل ۱۹: پلاک‌های موجود در بافت فرسوده



شکل ۲۰: تعداد طبقات پارسل‌ها



شکل ۲۱: پلاک‌های بلندمرتبه موجود (بالای ۱۲ طبقه)



شکل ۲۲: ارتفاع پارسل‌های موجود



شکل ۲۳: ساختمان‌های مرتفع (بالای ۴۰ متر) موجود



شکل ۲۵: معابر شهری با عرض کم‌تر از ۱۲ متر



شکل ۲۴: راه‌ها و شبکه معابر موجود



شکل ۲۷: قطعات ریزدانه (زیر ۲۰۰ مترمربع) موجود



شکل ۲۶: دانه‌بندی قطعات موجود



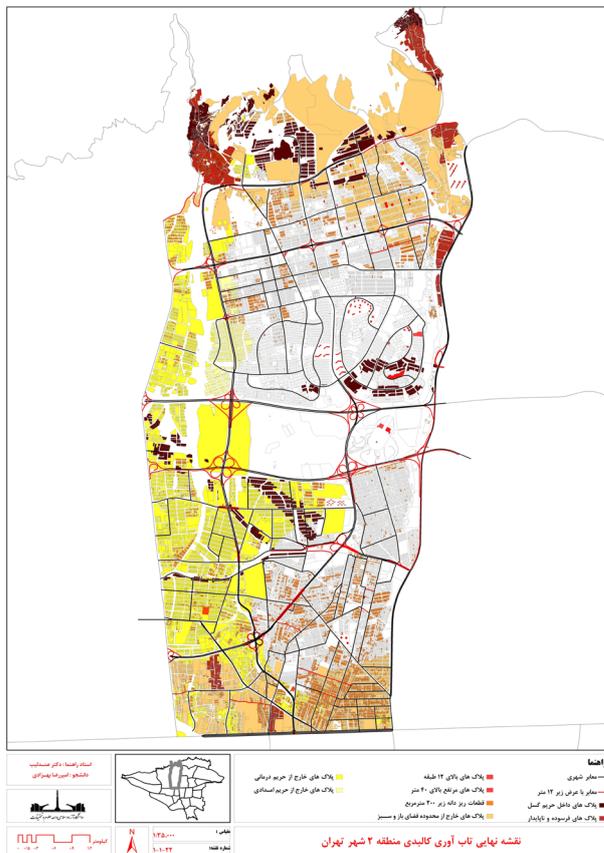
شکل ۲۹: پلاک‌های خارج از محدوده فضاهای سبز و باز شهری



شکل ۲۸: بوستان‌ها (شعاع خدماتی) و فضاهای سبز موجود



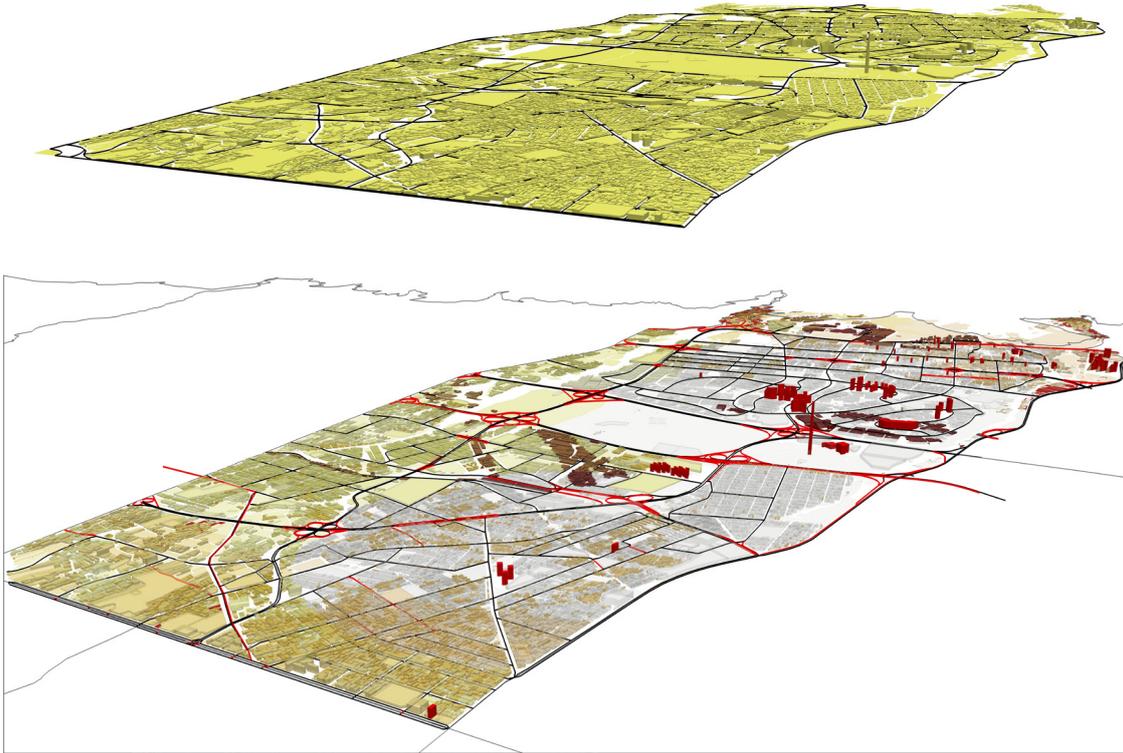
شکل ۳۶: نقشه نهایی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران



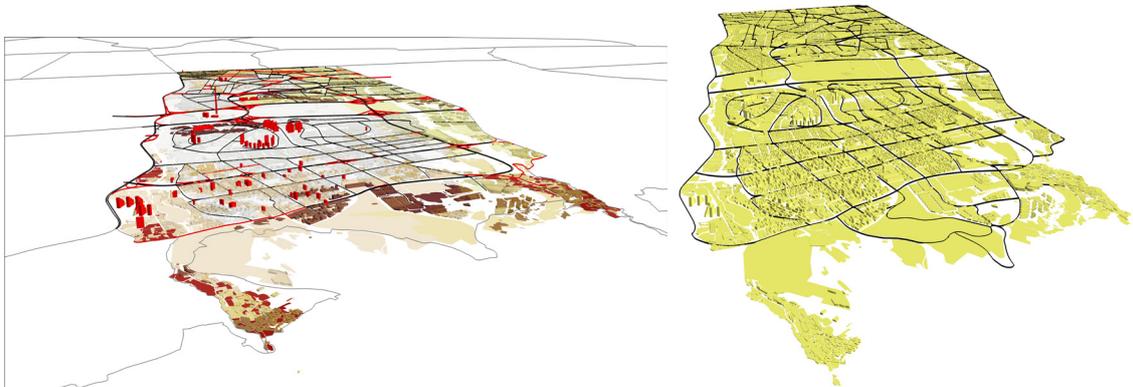
شکل ۳۵: ترتیب روی هم گذاری نقشه‌های نقاط
 پرخطر بر اساس اولویت‌بندی معیارها به روش
 AHP



شکل ۳۷: نقشه سه بعدی تاب آوری کالبدی منطقه ۲ (بر اساس هر پارسل در محله - دید از جنوب شرقی)



شکل ۳۸: نقشه سه بعدی تاب آوری کالبدی منطقه ۲ (بر اساس هر پارسل در محله - دید از شمال شرقی)



۶. نتیجه گیری

با روی همگذاری هر یک از لایه‌ها که هر کدام مربوط به یک معیار است و با توجه به وزن و اهمیت آن‌ها، هر چه وزن و اهمیت معیار بیش‌تر باشد طیف رنگی تیره و هر چه معیار از اهمیت کم‌تری داشته باشد طیف رنگی روشن‌تر خواهد بود. بنابراین محلاتی که دارای طیف رنگی روشن‌تر هستند، محلاتی با تاب‌آوری بالاتر خواهند بود و محلاتی که دارای طیف رنگی تیره‌تر بوده، محلاتی پر مخاطره و ناپایدار هستند.

- از مجموع مساحت کل منطقه ۲ با ۴۷.۱ کیلومتر مربع تقریباً معادل ۱۳.۵ درصد یعنی مساحتی بالغ

بر ۶.۴ کیلومتر مربع در حریم گسل قرار گرفته است. مخاطره‌آمیزترین گسل موجود در منطقه ۲، گسل شمال تهران است که از محله فرحزاد و سعادت‌آباد عبور می‌کند. گسل فرعی دیگر نیز از محله گیشا (کوی نصر) می‌گذرد و گسل متوسط منطقه ۲ از محله‌های مرزداران و پونک گذر می‌کند. ۲۶ درصد از مساحت تحت پوشش گسل‌ها مربوط به حریم گسل اصلی، ۷ درصد مربوط به حریم گسل فرعی و بیش‌ترین میزان به حریم گسل متوسط با ۶۷ درصد اختصاص دارد.

- ناپایداری و فرسودگی بافت سبب افزایش آسیب‌پذیری خواهد شد. در نتیجه این موضوع با تاب‌آوری نسبتی

آزادی و نصرت) در جنوب شرقی منطقه ۲ قرار گرفته‌اند. - از مجموع مساحت کل منطقه ۲ شهر تهران یعنی ۴۷.۱ کیلومتر مربع، تقریباً ۶ کیلومتر مربع (حدوداً ۱۱ درصد) به فضاهای سبز، پارک‌های محلی و بوستان‌ها اختصاص دارد که با در نظر گرفتن حداقل شعاع عملکردی پارک‌های ناحیه‌ای، و شعاع عملکردی بوستان‌هایی در مقیاس شهری (بزرگ‌تر از ۲۰۰۰۰۰ متر) همانند پارک جنگلی پردیسان و نهج‌البلاغه (با مجموع مساحتی بالغ بر ۳۰۰ هکتار) با شعاع عملکردی ۶.۵ کیلومتر برای پارک‌های جنگلی مشخص می‌شود که مناطق شمالی (به خصوص شمال شرقی) و جنوبی (به خصوص جنوب شرقی) منطقه ۲ جزء محلات کم‌برخوردارتر از فضاهای سبز و پارک‌ها هستند.

- علی‌رغم این‌که بیش‌ترین بیمارستان‌های بخش خصوصی شهر تهران در منطقه ۲ قرار دارند اما با در نظر گرفتن شعاع خدمات درمانی ۱.۵ کیلومتر هر بیمارستان تقریباً ۳۶ درصد (مساحتی بالغ بر ۱۷ کیلومتر مربع) از محلات منطقه که عمدتاً در بخش غربی واقع شده‌اند (محلله پونک، مرزداران، طرشت و صادقیه) با کمبود بیمارستان مواجه هستند. به‌طور کلی منطقه ۲ دارای ۹ بیمارستان جنرال است که احداث حداقل دو بیمارستان جنرال دیگر در بخش غربی منطقه احساس می‌شود.

- به‌طور کلی شعاع عملکردی ایستگاه‌های آتش‌نشانی بین ۲ تا ۳ کیلومتر است. در این پژوهش شعاع عملکردی هر ایستگاه آتش‌نشانی به‌طور میانگین ۲.۵ کیلومتر تعیین شده است. منطقه ۲ دارای ۸ ایستگاه فعال آتش‌نشانی است که محلات مجاور خود را تحت پوشش خدمات‌رسانی قرار می‌دهند. اما در بخش غربی منطقه ۲ (با مساحتی بالغ بر ۴ کیلومتر مربع) کمبود و احداث یک ایستگاه آتش‌نشانی برای ارائه خدمات سریع به محلات مجاور خود (محلله پونک و بخشی از محلله مرزداران غربی) پس از وقوع حوادث طبیعی احساس می‌شود.

با توجه به نتایج اولویت‌بندی نهایی معیارهای پژوهش به روش AHP مهم‌ترین معیار با توجه به موضوع پژوهش، فاصله از گسل است. همچنین معیارهای دسترسی به مراکز درمانی و دسترسی به مراکز امدادی دارای اهمیت پایین‌تری نسبت به سایر معیارها خواهند داشت. قرارگیری در حریم گسل که براساس نظرخواهی صورت‌گرفته مهم‌ترین عامل کاهنده تاب‌آوری در این پژوهش به‌شمار می‌رود، بخش شمالی منطقه ۲ (محلات فراز، پرواز، فرحزاد و مرزداران) را تحت‌تاثیر قرار داده است. بنابراین این محلات در برابر زمین‌لرزه احتمالی آسیب‌پذیرتر خواهند بود. بر خلاف محلات مذکور، محلات ایوانک و کوی‌نصر به نسبت سایر محلات منطقه از درجه تاب‌آوری بالاتری برخوردار هستند و در صورت بروز زمین‌لرزه احتمالی آسیب‌پذیری کم‌تری را تجربه خواهند کرد.

معکوس دارد. ۶ درصد مساحت منطقه ۲ (تقریباً سه کیلومتر مربع) با بیش از ۳۲۰۰ پلاک در بافت فرسوده قرار دارد که عمدتاً در محلات فرحزاد و شمال محلله سعادت‌آباد، اوین و درکه و بخش جنوب غربی منطقه محلات شریف و طرشت واقع شده‌اند.

- در بحث تعداد طبقات پلاک‌های موجود، بیش‌ترین پلاک‌ها دارای سه طبقه هستند که سهمی بالای ۲۶ درصد را دارند و ۱۴۰۰۹ پلاک را شامل می‌شوند. پس از آن پلاک‌های دو طبقه با ۲۶ درصد و تعداد ۱۳۹۴۹، و پلاک‌های چهار طبقه با ۱۶ درصد و تعداد ۸۶۰۴ قرار دارند. کم‌ترین درصد نیز به پلاک‌های بالای شش طبقه اختصاص دارد که دارای ۱.۳ درصد می‌باشند و تقریباً شامل ۷۰۰ پلاک هستند.

- بیش‌ترین پلاک‌های موجود مربوط به سازه‌هایی تا ۱۲ متر است که ۸۹ درصد پلاک‌ها را تشکیل می‌دهند و تعداد تقریبی ۴۸۰۰۰ پلاک را شامل می‌شود. پس از آن سازه‌های بین ۱۲ تا ۴۰ متر قرار دارند که ۱۱ درصد پلاک‌ها را تشکیل می‌دهند و شامل ۶۰۰۰ پلاک می‌باشند. کم‌ترین درصد نیز به سازه‌های بالای ۱۰۰ متر ارتفاع اختصاص دارد که تنها ۰.۳ درصد را تشکیل داده و تقریباً شامل ۲۰ ساختمان است.

- در منطقه ۲ بیش‌ترین سهم شریان‌ها مربوط به معابری با عرض بالای ۲۰ متر است که تقریباً ۴۰ درصد معابر را تشکیل می‌دهند و طول آن‌ها در حدود ۱۳۸ کیلومتر می‌باشد. پس از آن معابری با عرض ۱۲ تا ۲۰ متر هستند که تقریباً ۳۸ درصد معابر را شامل می‌شوند و طول تقریبی آن‌ها ۱۳۱ کیلومتر است و بعد از آن معابری با عرض ۶ تا ۱۲ متر قرار دارند که حدوداً ۱۹ درصد معابر منطقه را تشکیل می‌دهند با طول تقریبی ۶۶ کیلومتر. اکثر معابر با عرض زیر ۶ متر که تنها ۳ درصد معابر را تشکیل می‌دهند مربوط به خطوط مترو است و به درون بافت و پلاک‌ها نفوذ ندارد تنها ۱ درصد از معابر زیر ۶ متر داخل بافت قرار گرفته‌اند و بیش‌تر در مناطق شمال غربی و شمال شرقی منطقه (فرحزاد و اوین) واقع شده‌اند.

- بیش‌ترین سهم از نسبت مساحت دانه‌بندی پلاک‌های موجود مربوط به پلاک‌های بالای ۳۰۰ متر است که ۷۹ درصد را تشکیل می‌دهند و مساحت تقریبی ۲۹ کیلومتر مربع دارند و تعداد تقریبی آن‌ها ۱۶۵۰۰ پلاک است. پس از آن پلاک‌هایی با مساحت ۲۰۰ تا ۳۰۰ مترمربع قرار دارند که شامل ۱۳ درصد نسبت مساحتی هستند و مساحت تقریبی آن‌ها حدوداً ۵ کیلومتر مربع است که بالای ۲۰۰۰۰ پلاک را شامل می‌شوند. پلاک‌های زیر ۲۰۰ مترمربع مجموعاً ۸ درصد نسبت مساحتی را در اختیار دارند و مساحت تقریبی آن‌ها ۳ کیلومتر مربع است که مجموعاً ۳۳۵۰۰ پلاک را شامل می‌شوند که اکثراً در محلله فرحزاد در شمال غرب منطقه و محلله توحید (خیابان

جدول ۱: پیشنهادات جهت افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ شهر تهران

| سیاست (راهکار) اجرایی | راهبرد | اصول شهر تاب‌آور از منظر کالبدی |
|---|---|---------------------------------|
| مقاوم‌سازی ابنیه با ایجاد ضوابط، مشوق‌ها و تسهیلات نوسازی در بافت‌های فرسوده به‌ویژه در محلات فرحزاد، درکه، اوین، طرشت و شریف | ارتقای ایمنی و افزایش پایداری | پایداری |
| افزایش نظارت‌ها و رعایت اصول مقررات ملی ساختمان به‌ویژه در ساخت سازه‌های بلندمرتبه | | |
| تخلیه واحدهای مسکونی مجاور حریم غسل و اعطای وام و تسهیلات مالی برای ساکنین جهت تهیه واحدهای جدید، ایجاد قوانین و ضوابط جهت جلوگیری از ساخت‌وساز در حریم غسل‌ها به‌ویژه در محلات شمالی منطقه ۲ مانند محلات فراز، پرواز، فرحزاد، محلات مرکزی و محلات مرکزی نظیر مرزداران شرقی | استحکام بافت کالبدی | استحکام |
| تعریف و تقویت مسیرهای جایگزین ورودی و خروجی در بافت اصلاح و تعریض دسترسی‌های محله | تنوع دسترسی‌ها و نفوذپذیری معابر برای سازگاری منطقه با بحران پس از وقوع زمین‌لرزه احتمالی | سازگاری |
| اصلاح نظام دانه‌بندی و تدوین ضوابط تجمیع قطعات با ایجاد سیاست‌های تشویقی در محلات با بافت ریزدانه به خصوص در محلات جنوب‌شرقی منطقه ۲ مانند محلات دریان‌نو و توحید | | |
| تدوین ضوابط و مقررات سازگاری کاربری‌ها خروج کاربری‌های خطرآفرین از بافت (پمپ‌بنرین، نیروگاه و غیره) | رعایت همجواری‌ها در برنامه‌ریزی کاربری زمین جهت افزایش ثبات و دوام بافت | دوام |
| توزیع پراکنده و مناسب هسته‌های درمانی (مخصوصاً در محلات فرحزاد، پونک، مرزداران، صادقیه، طرشت و شریف) و هسته‌های امدادی (مخصوصاً در محلات پون و مرزداران) در غرب منطقه ۲ | پیش‌بینی و توزیع غیرمتمرکز کاربری‌های مورد نیاز در مواقع بحران برای مقابله و آمادگی با پیامدهای زمین‌لرزه احتمالی | آمادگی |
| مکان‌یابی و توزیع متوازن فضاهای سبز و باز عمومی به‌ویژه در محلات جنوبی منطقه ۲ مانند محلات توحید، شریف و طرشت و محلات شمالی منطقه ۲ نظیر محله فراز | | |

گسل‌ها و افزایش نظارت‌های ساختمانی است. همچنین در نظر گرفتن تسهیلات مالی برای نوسازی واحدهای فرسوده و اعطای وام و کمک‌های مالی جهت تامین مسکن برای مالکان و تخلیه واحدهای مسکونی قرارگرفته در حریم غسل می‌تواند به افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ۲ کمک شایانی نماید. در کوتاه‌مدت نیز می‌توان با ایجاد یک کمربند سبز مانع از پیشروی و ساخت‌وساز در حریم غسل شد و از تشدید آسیب‌پذیری جلوگیری نمود.

میزان آسیب‌پذیری محلات منطقه ۲ با یکدیگر متفاوت است. به‌طور مثال محلات شمالی منطقه ۲ نظیر فرحزاد، کوی‌فراز و پرواز علاوه بر قرارگیری در مجاورت گسل شمال تهران دارای بافت فرسوده و ریزدانه می‌باشند و به همین دلیل این محلات دارای پایین‌ترین درجه تاب‌آوری در برابر زمین‌لرزه احتمالی خواهند بود. برای ارتقای تاب‌آوری در این محلات نیاز به یک برنامه‌ریزی بلندمدت و تهیه ضوابط برای جلوگیری از ساخت‌وساز در حریم

تشکر و قدردانی

این مقاله هیچ حامی مالی و معنوی نداشته است.

تعارض منافع

این مقاله فاقد هرگونه تعارض منافی است.

تأییدیه اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیه اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

درصد مشارکت

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته‌اند.

پی‌نوشت

1. Clark & Nemecek
2. Earthquake
3. Physical Resilience
4. Timmerman
5. Analytical Hierarchy Process
6. Thomas L. Saaty
7. Delphi
8. Theory
9. Attitude
10. Activist
11. Actionable
12. Doctrine
13. Stability
14. Strength
15. Compatibility
16. Durability
17. Preparation
18. Criteria
19. Geographic Information System
20. Excel
21. Consistency in Judgment

فهرست منابع

- Ahadnejad, Mohsen, Mehdi Garakhlo, and Keramatollah Ziari. 2010. "Modeling the Vulnerability of Urban Buildings Against Earthquake by Method of Analytical Hierarchy Process (AHP) (Case Study of Zanjan City)." *Journal of Geography & Development* 8(19): 171-198. <https://doi.org/10.22111/gdij.2010.1114>. [in Persian]
- Ahadnejad, Mohsen, and Shahnaz Jalilpour. 2009. "Evaluation of external factors affecting the structural vulnerability of old urban structures to earthquakes (Case study: District 1 of Khoy city)." [in Persian]
- Behzadfar, Mostafa, and Abbas Shayannejad. 2012. "The Earthquake Vulnerability Assessment Due to Access Based Factors (Case Study: Central Part of the 6th District of Tehran Municipality)." *Journal of Naqshejahan- Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning* 2(2): 7-18. <https://20.1001.1.23224991.1391.2.2.5.7>. [in Persian]
- Cangelosi, Elisabetta. 2015. "Reshaping space and relation: Urban gardening in a time of crisis." *Partecipazione e conflitto* 8(2): 392-416. Doi: [10.1285/i20356609v8i2p392](https://doi.org/10.1285/i20356609v8i2p392).
- Clark, Greg, Sarah Nemecek, and Gareth Evans. 2010. "Resilient Cities: Surviving in a New World." *A ULI Urban Investment Network Report*: 1-28.
- Cutter, Susan et al. 2010. "Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions." *Journal of homeland security and emergency management* 7(1): 235-239. Doi: [10.2202/1547-7355.1732](https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732).
- Dadashpour, Hashem, and Zeinab Adeli. 2016. "Measuring the Amount of Regional Resilience in Qazvin Urban Region." *Journal of Emergency Management* 4(2): 73-84. <https://dor/20.1001.1.23453915.1394.4.2.6.6>. [in Persian]
- Faraji, Amin, and Mehdi Garakhlo. 2010. "Earthquake and Urban Crisis Management (Case Study: Babol City)." *Journal of Geography* 8(25): 143-164. [in Persian]
- Farzad Behtash, Mohammad Reza, Mohamad Taghi Pirbabaei, Mohammad Ali Keynejad, and Mohammad Taghi Aghababaei. 2012. "Determine Proposed Components and Dimensions of Islamic Resilient Cities by Presentation of Connection Between Resiliency." *Journal of Iranian-Islamic City* 3(9): 113-121. [in Persian]
- Habibi, Kyoumars, Ahmad Pourahmad, Abolfazl Meshkini, Ali Asgari, and Saeed NazarAdli. 2007. "Determining the structural/building factors affecting the vulnerability of the ancient urban fabric of Zanjan using Fuzzy Logic & GIS." *Journal of Fine Arts* 33(33): 27-36. [in Persian]
- Habibi, Mohsen, and Sedigheh Masaali. 1999. "Per capita urban landuse." *Ministry Of Housing And Urban Development*: 18-31. [in Persian]
- Kusumaštuti, Ratin Dyah et al. 2014. "Developing a resilience index towards natural disasters in Indonesia." *International Journal of disaster Risk Reduction* 10: 327-340. Doi: [10.1016/j.ijdr.2014.10.007](https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.10.007).
- Madhuri, and Tewari, Hare R. 2015. "Livelihood vulnerability index analysis: an approach to study vulnerability in the context of Bihar." *Journal of Disaster Risk Studies* 6(1): 1-13. Doi: [10.4102/jamba.v6i1.127](https://doi.org/10.4102/jamba.v6i1.127).
- Malczewski, Jacek. 1999. "GIS and Multicriteria Decision Analysis." Translated by Akbar Parhizkar and Atta Ghaffari Gilandeh. Tehran.
- Matyas, Davis, and Mark Pelling. 2015. "Positioning resilience for 2015: the role of resistance, incremental adjustment and transformation in disaster risk management policy." *Journal of disaster Disasters* 39(1): 1-18. <https://doi.org/10.1111/disa.12107>.
- Mayunga, Joseph S. 2007. "Understanding and applying the concept of community disaster resilience: a capital-based approach." *Summer academy for social vulnerability and resilience building* 1(1): 1-16.
- Mesbahi, Sahar. 2018. "Strategies for Improving Resilience to Earthquakes in the Historical Context of Kerman." Master's Thesis in Geography and Urban Planning, Alborz Campus. Faculty of Geography. University of Tehran. [in Persian]
- Mojarab, Masoud, and Mehdi Zare. 2009. "Engineering fault rupture zone determination for North Tehran Fault." *Journal of the Earth* 4(1): 1-10. [in Persian]
- Rušta, Mojtaba, Issa Ebrahimzadeh, and Mostafa Istgaldi. 2017. "The Analysis of Physical Resilience Against Earthquake in Old Texture of City Zahedan Boarder city." *Journal of Geography and Development* 15(46): 1-18. <https://doi.org/10.22111/gdij.2017.3021>. [in Persian]
- Salehi, Esmaeil, Mohammad Taghi Aghababaei, Hajar Sarmadi, and Mohammad Reza Farzad Behtash. 2011. "Considering the Environment Resiliency by Use of Cause Model." *Journal of Environmental Studies* 37(59): 99-112. <https://dor/20.1001.1.10258620.1390.37.59.10.2>. [in Persian]
- Sharifnia, Fatemeh. 2012. "Investigating the relationship between urban land use and earthquake resilience and providing solutions in the field of urban planning, case study: District 10 of Tehran." Master's thesis in urban and regional planning, University of Tehran. [in Persian]
- Sharifzadegan, Mohammad Hossein, and Hamid Fathi. 2008. "Application of Seismic Risk Assessment Models in Urban Planning and Design." *Soffeh* 17(1): 109-124. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.1683870.1387.17.2.6.2>. [in Persian]

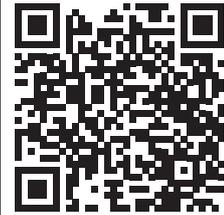
- Shieh, Esmacel. 1999. "With the city and the region in Iran." Iran University of Science & Technology. [in Persian]
- Taylor, Ellen. 2020. "We Agree, Don't We? The Delphi Method for Health Environments Research." *HERD* 13(1): 11-23. doi:[10.1177/1937586719887709](https://doi.org/10.1177/1937586719887709).
- Vale, Lawrence, and Thomas J. Campanella. 2005. "*The Resilient City: How Modern Cities Recover from Disaster*." New York: Oxford University Press. Doi:[10.1093/oso/9780195175844.001.0001](https://doi.org/10.1093/oso/9780195175844.001.0001).
- Windle, Gill. 2011. "What is resilience? A review and concept analysis." *Reviews in Clinical Gerontology* 21(2): 152-169. Doi:[10.1017/S0959259810000420](https://doi.org/10.1017/S0959259810000420).
- Yasamin, O. Izadkhah. 2012. "Definition and Models of resilience in Natural Disaster." *Journal of Disaster Prevention and Management Knowledge* 2(2): 145-153. [in Persian]

نحوه ارجاع به این مقاله

عندلیب، علیرضا، و امیررضا بهزادی. ۱۴۰۴. ارزیابی تاب‌آوری کالبدی و شناسایی محلات آسیب‌پذیر در مقابل مخاطرات زمین‌لرزه؛ مورد مطالعاتی: منطقه ۲ شهر تهران. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر ۱۸(۵۲): ۱۱۳-۱۳۳.

DOI: 10.22034/AAUD.2025.455872.2880

URL: https://www.armanshahrjournal.com/article_235477.html



COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

