نشریه‌ی علمی-پژوهشی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

اولویت‌بندی شاخصه‌های مبتنی بر کاهش آسیب‌پذیری مراکز حیاتی با استفاده از تحلیل شبکه‌ای (نمونه مطالعاتی: منطقه پنج شهر تهران)

محمدتقی نظرپور[1*]؛ علی خاکی[2]؛ پیمان بهرامی‌دوست[3]، احمد حیدری[4]

۱- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
۲- استادیار دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
۳- کارشناسی‌ارشد مهندسی معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
۴- کارشناسی‌ارشد مهندسی معماری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

دریافت دست نوشته:۱۳۹۹/۰۴/۲۵ پذیرش دست نوشته:۱۳۹۹/۱۰/۱۸

واژگان کلیدی
آسیب‌پذیری
تحلیل شبکه‌ای (ANP)
سیستم اطلاعات جغرافیایی *(GIS)*
مراکز حیاتی

چکیده

کشور ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی که دارد، همواره در معرض سوانح طبیعی به‌خصوص زلزله قرار دارد. به همین علت، حفظ و مراقبت از ساختمان‌های مهم و حیاتی در شهرها مورد توجه مدیران شهری هستند. در پژوهش حاضر، مراکز حیاتی منطقه ۵ شهر تهران از لحاظ اولویت‌بندی کاهش آسیب‌پذیری، مورد ارزیابی قرارگرفتند و معیارهای موردبررسی شامل: بعد مکانی و بعد ساختار فیزیکی است. روش تحقیق پژوهش حاضر پیمایشی بوده و اطلاعات جمع‌آوری شده در ابتدا به صورت کتابخانه‌ای-اسنادی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی از سازمان نقشه‌برداری و بازدیدهای میدانی صورت پذیرفت. سپس با بهره‌گیری از تکنیک دلفی متغیرها به صورت زوجی باهم مقایسه و امتیازدهی شدند، جامعه آماری این تحقیق را ۲۰ نفر از خبرگان حوزه معماری، شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران تشکیل داده و افراد نمونه به‌صورت هدفمند انتخاب گردیده‌اند، روایی محتوایی مدل و مولفه‌ها حاصل نظرات خبرگان است. در ادامه، با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای *(ANP)* و برای وزن‌دهی به شاخص‌ها از نرم‌افزار *SUPER DECISION* بهره گرفته‌شد. سپس با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی *(GIS)* و اعمال وزن به لایه‌های بعد مکانی منطقه، محدوده‌هایی که در معرض خطر قراردارند شناسایی، و مراکز با اهمیت حیاتی در این محدوده مشخص و از نظر آسیب‌پذیری پس از اعمال وزن، اولویت‌بندی شده و مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج تحقیق بیانگر اقدامات پیشگیرانه، قبل از وقوع مخاطرات طبیعی، برای کاهش خسارات مالی و جانی در ساختمان‌های حیاتی منطقه بوده، و از طرفی بیانگر استفاده از اصول معماری، شهرسازی و برنامه‌ریزی متناسب با مخاطرات به منظور کاهش آسیب‌های سوانح طبیعی در ساختمان‌های حیاتی منطقه در جهت رسیدن به مدیریت مطلوب شهری است.

۱. پیش‌گفتار

انسان از بدو پیدایش در روی این کره خاکی همیشه در معرض تهدید بلایای طبیعی ویرانگر بوده است. زلزله، آتشفشان، سیل و حوادث طبیعی مشابه پدیده‌هایی هستند که همیشه زندگی انسان را از آغاز حیات بشری به نابودی کشانده است، در مناطق شهری اثرات زیان‌بار در اثر وقوع سوانح شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد عناصر شهری است. ویرانی سازه‌ها و ساختمان‌ها، شبکه‌ی راه‌ها و دسترسی‌ها مثل پل‌ها و جاده‌های ارتباطی، تأسیسات زیربنایی مانند آب، نیروگاه‌ها، خطوط ارتباطی تلفن، برق، لوله‌کشی، گاز و ... از آن جمله هستند (نسیانی، ۱۳۸۹). تلفات انسانی به‌عنوان یکی دیگر از ابعاد بحران است که این تلفات بخصوص در مناطقی که از جمعیت زیاد برخوردارند، و دارای بافت فشرده‌ای بوده بیشتر می‌گردد. با توجه به ماهیت غیرمترقبه بودن، اغلب حوادث طبیعی و لزوم اتخاذ سریع و صحیح تصمیم‌ها و اجرای عملیات، مبانی نظری و بنیادی، دانشی تحت عنوان مدیریت بحران پدید آمده است. شهر تهران با جمعیت انبوه و ساختار پیچیده شهری و در برخی مناطق فرسوده آن، مهم‌ترین مرکز کلیه‌ی مراکز سیاسی، اداری، اقتصادی و اجتماعی کشور قرار گرفته است. اهمیت این موضوع زمانی پر رنگ می‌شود که در زمان وقوع بحران، خسارات جبران‌ناپذیری پدیدار شود و

* تهران؛ ولنجک؛ میدان شهید شهریاری؛ دانشگاه شهید بهشتی؛ دانشکده معماری و شهرسازی؛ شماره‌ی تماس: ۰۲۱-۲۹۹۰۲۸۶۱ رایانامه: m_nazarpour@sbu.ac.ir

ازاین جهت می‌تواند بر فعالیت‌های کل کشور تاثیرات مخربی را برجای بگذارد. در زمینه‌ی آسیب‌پذیری مناطق شهری تحقیقات زیادی صورت گرفته اما در برابر اثرات مخرب مخاطرات طبیعی و مخاطرات انسان‌ساز بر ساختمان‌های حساس پژوهش‌های کمتری در داخل و خارج از کشور صورت پذیرفته است، و پژوهش‌های صورت گرفته صرفاً به بحث مخاطرات‌طبیعی یا مخاطرات انسان‌ساخت پرداخته‌اند. درحالی‌که تلفیق این دیدگاه‌ها و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آسیب ساختمان‌های حساس ضرورت دارد. برخی از مهم‌ترین تحقیقات صورت‌گرفته در این زمینه چنین است: مهری‌نژاد نوری و ستاره (۱۳۹۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر تهدیدات با استفاده ساختار سلسله مراتبی *AHP* و سیستم اطلاعات جغرافیائی *GIS*، به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری عناصر شهری پرداخته و بالا بردن کیفیت ساختمان‌ها و انتقال کاربری‌های درمانی به کناره‌های خیابان‌ها و افزایش مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها را راهکاری جهت بکارگیری اصول پدافند غیرعامل دانسته‌اند. تقوایی و جوزی خمسلویی (۱۳۹۱) در مقاله‌ای تحت‌عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری شهر بارویکرد پدافند غیرعامل، به بررسی آسیب‌پذیری شریان‌های حیاتی و تاسیسات شهری پرداخته‌اند. پیشگاهی فرد و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان مدل‌سازی مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل *AHP* در محیط جهت مدیریت بحران شهری مولفه‌هایی همچون گسل، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت، مراکز درمانی و اماکن نظامی را مهم‌ترین مولفه‌های تاثیرگذار در آسیب‌پذیری شهر تبریز را استخراج کردند. فرناندز (۲۰۰۹) از اطلاعات جغرافیایی برای اندازه‌گیری میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی در شهر مدلین کلمبیا در برابر زلزله استفاده نمود. در پژوهشی هوانگ و همکاران (۲۰۱۴)، به بررسی و آسیب‌پذیری و وابستگی متقابل زیر ساخت‌های حیاتی شهر پرداخته‌اند.

۲. مبانی نظری

۱,۲ مخاطرات طبیعی

به نیروهایی که خارج از جامعه آن را ایجاد می‌کنند مخاطرات طبیعی گفته می‌شود (Burton et al., 1999). در طی سال‌های گذشته جهان شاهد مخاطرات پیش‌بینی نشده‌ی طبیعی، مانند سونامی، گردباد، زلزله و سیل بوده است (رمضان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) که هرساله موجب کشته شدن افراد زیادی در سرتاسر دنیا شده و خسارات اقتصادی سنگینی را به اقتصاد کشورها تحمیل می‌کنند (Alexander, 2014; Brabhaharan, 2015). در دهه‌های اخیر بر تعداد و تنوع سوانح طبیعی و غیرطبیعی که جزیی از فرآیند زندگی بشر بوده است، افزوده شده و این مهم امروزه به عنوان چالش اساسی در جهت نیل به توسعه‌ی پایدار جوامع انسانی مطرح است (Adger & Hodbod, 2014). از این رو مدیریت سوانح برای کاهش خسارات امری ضروری است. از زمانی‌که انسان از طریق ابزارهایی نظیر سامانه‌های هشدار اولیه، اقدامات حفاظتی و بیمه بیشتر قادر به تأثیرگذاری بر وسعت زیان‌های ناشی از وقایع شدید شده است، مرز بین مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت مخدوش شده است (امینی‌ورکی و همکاران، ۱۳۹۳). ایران نیز در حوزه مخاطرات طبیعی جزو ده کشور با تعداد بالای بلایای طبیعی از جمله زلزله و سیل است (Seyedin et al., ۲۰۱۱). در تعیین و ارزیابی خطر پدیده‌های طبیعی مانند زلزله، عوامل مهمی همچون پراکنش جمعیت، قوانین ساختمانی، آمادگی و واکنش سریع باید مدنظر قرار گیرند. این مرحله اغلب با ترسیم نقشه‌های خطر انجام می‌شود (Schwab and Topping, 2010).

۲,۲ پدافند غیر عامل:

واژه «پدافند» از نظر لغوی هم‌تراز با واژه «دفاع» و مشتمل بر «کارهایی که برای پیشگیری از حمله دشمن یا پیروزی او در حمله انجام می گیرد» دانسته شده است (صدری‌افشار، ۱۳۷۳). صدری‌افشار، واژۀ «دفاع» را فقط دارای معنای نظامی دانسته است و هیچ‌گونه تمایزی میان تعریف دو واژه «پدافند» و «دفاع» قائل نشده‌است. زیاری (۱۳۸۶)، پدافند را بر دو نوع عامل و غیرعامل معرفی می‌نماید. به نظر وی، پدافند عامل بکارگیری اقدامات آفندی و تهاجمی با هدف ممانعت از پیشروی دشمن است، درحالی‌که پدافند غیرعامل عبارتست از: «بکار بردن روش‌هایی که آثار زیان‌های ناشی از اقدامات دشمن را کاسته و یا آن را به حداقل برساند، به بیان ساده‌تر بر خلاف پدافند عامل، در پدافند غیرعامل از هیچ نوع جنگ‌افزاری در برابر دشمن استفاده نمی‌گردد. اصغریان‌جدی (۱۳۸۶)، معتقد است دفاع غیرعامل یعنی دفاع با کمترین مدیریت یا

دفاع غیرفعال. پدافند غیرعامل یکی از شاخه‌های مدیریت بحران است و بیشتر تاکید آن بر روی مدیریت پیش از بحران است (محمدی و پریزادی، ۱۳۸۹) و عبارتست از هر اقدام غیرمسلحانه‌ای که موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تأسیسات، تجهیزات، اسناد و شریان‌های کشور در مقابل حملات مسلحانه دشمن گردد، پدافند غیرعامل خوانده می‌شود (امینی، ۱۳۹۱؛ صفا و غضنفری‌نیا، ۱۳۸۶). بیشتر نظریه‌پردازان داخلی، پدافند غیرعامل را با تاکید بر بعد دفاع پیشگیرانه در برابر حملات دشمن (عامل انسانی) تعبیر کرده‌اند (موحدی‌نیا، ۱۳۸۶). سازمان پدافند غیرعامل در هشتم آبان‌ماه ۱۳۸۲، دولت را مکلف‌کرده است تا اقدام‌های مناسب و بازدارنده برای کاهش آسیب‌پذیری مراکز حساس و حیاتی را در دستور کار قرار دهد (حاجی ابراهیم زرگر و مسگری هوشیار، ۱۳۸۶).

۳،۲ آسیب‌پذیری شهری

در حال حاضر نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و انتظار می‌رود در سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان در شهرها به بیش از ۷۰درصد برسد (سعیدی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۷). رشد شهرها علی‌رغم آن که باعث ایجاد تسهیلات شده، عوامل بحران‌زا را بیشتر نموده و تسهیلات محیطی را به ضرر تبدیل می‌کند (Wisner et al., 2012, 2014). به میزان خساراتی که در صورت بروز سانحه به اجزا و عناصر یک شهر بر حسب چگونگی کیفیت آنها وارد می‌شود، آسیب‌پذیری شهری گفته شده است (احدنژاد روشتی، ۱۳۸۸) که پدیده‌ای گسترده بوده و تمامی عوامل موجود در یک شهر را در بر می‌گیرد و به‌علت وابستگی عناصر به یکدیگر این آسیب‌پذیری نیز گسترش می‌یابد (Fischer et al., 1996). آسیب‌پذیری در محیط‌های شهری با نگاه رفتاری شامل: آسیب‌پذیری سازه‌ای (تخریب ابنیه، تأسیسات و زیربناها با درجات مختلف) و آسیب‌های غیرسازه‌ای (صدمات انسانی، محیطی و بهداشتی) (داعی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵) است. سطح وسیع خسارات و تلفات ناشی از سوانح طبیعی در شهرهای گوناگون تمرکز بسیاری از پژوهش‌ها را به خود جلب نموده است (روستا و همکاران، ۱۳۹۶) و تلاش‌های گسترده‌ای در زمینهٔ بهینه کردن ایمن‌سازی شهرها انجام گرفته است (Chang, 2009). سیاست‌ها و اقدامات کاهش مخاطرات شهری با اهداف، توانمندسازی جامعه برای تاب‌آوری در برابر حوادث و طرح‌ها و برنامه‌های کاهش مخاطرات سنتی با تمرکز بر پایداری و مقاوم‌سازی کالبدی، انجام می‌گیرد (Laframboise & Acevedo, ۲۰۱۴: ۴۶). جدول ۱. برخی از شاخص‌ها و معیارهای آسیب‌پذیری شهری که در مطالعات پیشین، تعیین و بررسی شده است را نشان می‌دهد. مولفه‌های موردسنجش در این پژوهش نیز با اعمال نظر متخصصان (جهت روایی محتوایی مدل و مولفه‌های حاصل) از شاخصه‌ها و مولفه‌های

ماخذ	سال	شاخص‌ها و معیارهای آسیب‌پذیری شهری
صیامی و همکاران	۱۳۹۲	دسترسی به مراکز درمانی، درجه محصوریت، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، دسترسی به آتش‌نشانی و مکان‌های اسکان موقت
ساسان‌پور و همکاران	۱۳۹۶	تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، جنس مصالح، عرض معابر، دسترسی به فضای باز، فاصله از گسل، کاربری اراضی، مساحت قطعات، قدمت ابنیه
خدادادی و همکاران	۱۳۹۹	کاربری اراضی، فاصله از تاسیسات شهری، فاصله از فضای باز عمومی، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از گسل، زمین‌شناسی، عرض معابر، تعداد طبقات، مساحت قطعات، تراکم ساختمان، تراکم جمعیت، کیفیت ساختمان، جنس مصالح
تقوی‌زواره و همکاران	۱۳۹۹	مقاومت ساختمان (قدمت، کیفیت ابنیه و جنس مصالح)، تراکم، شبکه ارتباطی، دسترسی، خصوصیات زمین و بستر
صادقی و همکاران	۱۳۹۸	ترکیب بافت شهری، دسترسی به مراکز امدادی و شریان‌های شهری، دسترسی به مراکز پشتیبان و فضاهای امن، همجواری با کاربری‌های خطرآفرین و تراکم جمعیت
ضرغامی و همکاران	۱۳۹۵	کیفیت بنا، اندازه قطعه، سطح اشغال، قدمت ابنیه، تعداد طبقات، جنس مصالح، نوع سازه، تراکم جمعیتی و ساختمانی
قنبران و همکاران	۱۳۹۶	همجواری کاربری‌ها، ایمنی، بافت فرسوده، ریزدانگی، نفوذپذیری، ناپایداری، خدماتی پشتیبانی، دسترسی، ویژگی‌های اقلیمی و تراکم جمعیت.
شماعی و همکاران Trivedi and Singh	۱۳۹۴ ۲۰۱۷	شریان‌های حیاتی (شبکه انتقال آب، مخازن آب، شبکه توزیع برق، شبکه انتقال گاز، شبکه ارتباطی)، مراکز مدیریت بحران (بیمارستان‌ها، مراکز امدادرسانی، فرمانداری، شهرداری، مراکز انتظامی)، تجهیزات شهری (پایانه مسافربری، آتش‌نشانی)، مراکز پشتیبان (مراکز اقتصادی، مراکز آموزشی، انبارهای موادغذایی)
شاهیوندی Shakibamanesh	۱۳۹۶ ۲۰۱۷	تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، پراکندگی سازمان‌ها، پراکندگی مراکز انتظامی، فاصله از ساختمان‌های قدیمی، شبکه ارتباطی اصلی، مراکز آتش‌نشانی، فضای سبز، مراکز درمانی، توپوگرافی، مسیر رودخانه‌ها و سایر مراکز حیاتی
صدری‌کیا	۲۰۱۷	تعداد طبقات، کیفیت ابنیه و جنس مصالح، فاصله از گسل، نوع مصالح، جنس زمین
بزازان لطفی	۲۰۱۷	فاصله از گسل، کاربری اراضی
Chen et al Ebrahimian et al	۲۰۱۸ ۲۰۱۸	سطح زیربنا، فاصله از ایستگاه گاز، ارتفاع ساختمان، تعداد همسایگی ساختمان، تراکم ساختمانی، فاصله از تاسیسات برق، کیفیت ساختمان، فاصله از تأسیسات آبی، عمر ابنیه، سازه، سطح اشغال، عرض معبر و شدت حادثه

جدول ۱. شاخص‌ها و معیارهای آسیب‌پذیری شهری در برخی از مطالعات صورت گرفته

پژوهش‌های صورت گرفته (جدول۱) استخراج شده است.

۴,۲ مراکزحیاتی، حساس ومهم

الف) مراکز حیاتی:

مراکزی که دارای گستره فعالیت شهری است و وجود استمرار فعالیت آنها برای اداره شهر حیاتی است و آسیب یا تصرف آنها به وسیله دشمن، باعث اختلال کلی در اداره امور شهر می‌گردد. کامران و همکاران (۱۳۹۱) و حسینی امینی و همکاران (۱۳۸۹) معتقدند مراکز حیاتی مراکزی هستند که در صورت آسیب‌دیدگی کل یا قسمتی از آنها موجب بروز بحران، صدمات جدی و مخاطره‌آمیز در نظام سیاسی، هدایت، کنترل، فرماندهی، تولیدی و اقتصادی، پشتیبانی، ارتباطی و مواصلاتی، اجتماعی، دفاعی با سطح تاثیرگذاری سراسری می‌گردد. بطور مثال مراکز حیاتی شامل: فرمانداری، شهرداری، بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و درمانی، بازار، مخابرات، ساختمان نیروی انتظامی هستند. فرمانداری و شهرداری‌ها به دلیل عملکرد مدیریتی و فرماندهی قلب تپنده شهر در زمینه مدیریتی محسوب می‌شوند و در زمان بحران نیاز به حفظ و حراست دارند. بیمارستان‌ها به دلیل پوشش درمانی برای مردم به عنوان یکی از مراکز اصلی امدادرسانی به مردم و مجروحین تلقی می‌شود. بازار شهر، مرکز فعالیت‌های اقتصادی محسوب می‌گردد و آسیب‌دیدگی آن ممکن است موجب نقص در سیستم اقتصادی یک محله یا شهر گردد. مخابرات مرکز اصلی ارتباطی بین مردم بشمار می‌رود؛ از این رو ایجاد هر گونه خلل، موجب آسیب‌دیدگی این مراکز، سیستم ارتباط الکترونیکی و بسیاری مسائل دیگر می‌گردد. بناهای نیروی انتظامی با توجه به عملکرد امنیتی در سطح شهر، جزء مراکز حیاتی محسوب می‌گردد و بروز حادثه در این بناها، موجب اختلال امنیتی در شهر می‌گردد (امینی و همکاران، ۱۳۸۹).

ب) مراکز حساس:

مراکزی که دارای گستره فعالیت منطقه‌ای است و وجود و استمرار فعالیت آنها برای مناطقی از شهر ضروری است و آسیب یا تصرف آنها به وسیله دشمن باعث بروز اختلال در شهر می‌گردد (کامران و همکاران، ۱۳۹۱). مراکز حساس، پمپ‌بنزین شهری، شبکه‌های انتقال برق، پل‌ها، آب و گاز را شامل می‌شود. پمپ‌بنزین شهر به دلیل واقع شدن در داخل بافت مسکونی به عنوان یک انبار خاموش مهمات تلقی می‌شود.

ج) مراکز مهم:

مراکزی که دارای گستره فعالیت محلی است و وجود و استمرار فعالیت آنها برای بخشی از شهر دارای اهمیت است و آسیب یا تصرف آنها به وسیله دشمن باعث بروز اختلال در بخشی از شهر می‌گردد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

مراکز مهم شامل جایگاه CNG، پارک و بازار هستند. عملکرد جایگاه CNG می‌تواند تاثیر زیادی بر حمل و نقل درون شهری و برون شهری داشته باشد و بدین جهت جزو مراکز مهم طبقه‌بندی می‌شود. بازار نیز به عنوان مرکزی که فعالیت‌های اقتصادی در آن دخیل می‌شود و می‌تواند به صورت بازارهای هفتگی یا مناسبتی درآیند و از این جهت که جمعیت زیادی را شامل می‌شوند، از اهمیت زیادی برخوردار هستند.

۳. فرآیند پژوهش

۱,۳ هدف پژوهش

هدف این پژوهش ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های حیاتی و حساس منطقه پنج شهر تهران از نظر اصول بکارگیری پدافند غیرعامل، ارائه راهکارها و الزامات معماری جهت دستیابی به طرح‌واره‌ای استاندارد است که بتواند ایمنی ساختمان‌ها را در مواقع بحران تامین نماید.

۲,۳ سؤالات تحقیق

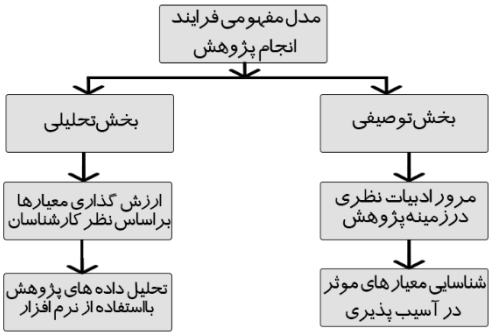
الف) اولویت دسته‌بندی ساختمان‌های حیاتی از نظر درجه آسیب‌پذیری، در منطقه موردمطالعه شهر کدام هستند؟

ب) الزامات و طرح‌واره‌های معمارانه در کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ایمنی در بناها چه مواردی هستند؟

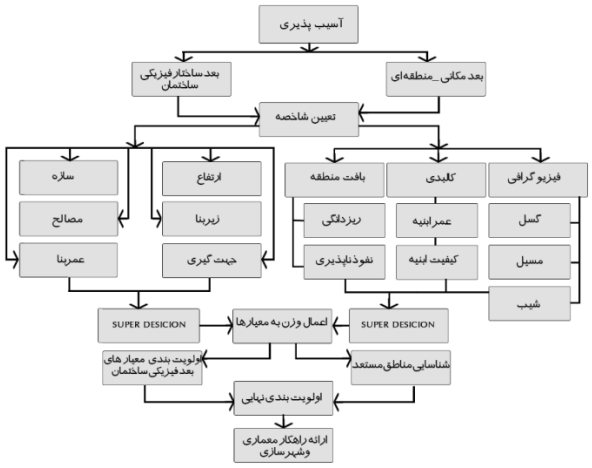
۳,۳ روش پژوهش

چارچوب نظری پژوهش حاضر به کمک روش پیمایشی و منابع کسب اطلاعات با ابزار مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی، نقشه‌های اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) منطقه پنج شهر تهران (داده‌های مربوط به معیارهای ارتفاع، کاربری‌های ساختمان در منطقه) بوده است. مصاحبه با کارشناسان و نظرسنجی از جامعه آماری متخصص (۲۰ نفر) با ابزار پرسش‌نامه صورت پذیرفته که در ارتباط با امتیازدهی معیارها بوده و از طرفی اطلاعات با مشاهدات میدانی کامل‌تر شده است. طبق مدل

مفهومی نمودار (۱)، شامل ۲ بخش توصیفی و تحلیلی است که در بخش توصیفی پس از مرور ادبیات نظری، معیارهای موثر در آسیب‌پذیری ساختمان شناسایی و دسته‌بندی شدند و در بخش تحلیلی، به ارزش‌گذاری معیارها و مولفه‌ها بر اساس نظر خبرگان (جهت افزایش پایایی نتایج تحقیق) در زمینه موردنظر با استفاده از نرم‌افزار *Super Decisions* پرداخته شد.



نمودار (۱): مدل مفهومی پژوهش. (ماخذ: نگارندگان)



نمودار (۲): مدل تحلیلی پژوهش. (ماخذ: نگارندگان)

بنابراین همان‌طورکه اشاره شد، نوع تحقیق کاربردی بوده و نیاز به اطلاعات دقیق در مورد ساختمان‌های شهر از جمله کاربری، تعداد ساکنین، تعداد طبقات، مساحت زمین، گسل‌های موجود، شیب زمین، اهمیت بناها از نظر سیاسی- اجتماعی- نظامی- امدادی- استراتژیک و سایر اطلاعات در منطقه بوده که این اطلاعات از طریق استعلام از سازمان‌های مربوطه تهیه شده است. جهت بررسی آسیب‌پذیری، منطقهٔ موردمطالعه در دو بعد مکانی- منطقه‌ای و ساختار فیزیکی ساختمان‌ها مورد کنکاش قرار گرفت. بعد مکانی- منطقه‌ای نیز در سه مولفهٔ فیزیوگرافی (گسل، مسیل، شیب)، کالبدی (عمر و کیفیت ابنیه) و بافت منطقه (ریزدانگی و نفوذناپذیری) بررسی گردید. سپس بعد از تهیهٔ هر یک از نقشه‌های مذکور، تمامی آن‌ها با توجه به ضریب اهمیت تعیین شده (بر اساس نظر خبرگان) برهم‌نهی شدند تا کم‌آسیب‌پذیرترین مکان‌ها جهت قرارگیری ساختمان‌های حیاتی پیشنهاد گردد (نمودار ۲).

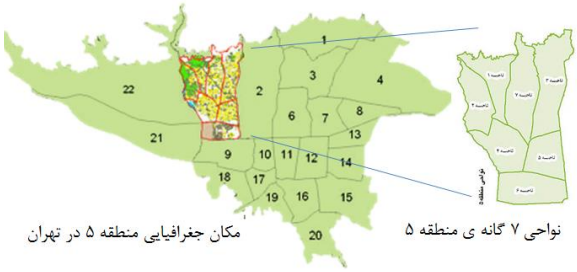
۴،۳ قلمروپژوهش

با توجه به اینکه کلان‌شهر تهران و حومه در معبر نوار زلزله‌خیز فعالی قرار گرفته است که دارای سوابق متعددی از زمین‌لرزه‌های مخرب در گذشته می‌باشد، باید پذیرفت که با در نظر گرفتن کیفیت ساختمان‌ها مخصوصاً در بافت‌های کهن و ارگانیک و نیز سایر مؤلفه‌ها از قبیل شبکه دسترسی و زیرساخت‌ها، وقوع یک زلزله بزرگ در تهران بسیار مصیبت‌بار خواهد بود (عادلی، ۱۳۸۵: ۱۸). به طور مثال، بزرگی زلزله ویرانگر بم (۲۰۰۳ میلادی) معادل ۶/۸ ریشتر بود که تلفات زیادی دربرداشت. اگر چنین زلزله‌ای در تهران رخ دهد، یقیناً تلفات جانی آن صدها هزار نفر بیشتر از آن خواهد بود. اکنون از آخرین زلزلهٔ تهران ۱۷۳ سال می‌گذرد و این در حالی است که دورهٔ بازگشت آن ۱۵۰ سال برآورد شده است؛ بنابراین ۲۳ سال از موعد زلزله در تهران گذشته است (احمدی‌دستجردی و بوچانی، ۱۳۸۲: ۱۳). شناسایی دقیق مسأله و بررسی جوانب مختلف آن در تهران ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. روند رو به رشد و فزاینده شهرنشینی و جمعیت شهری به عنوان عاملی برای خسارات زیاد به هنگام بروز بلایای طبیعی می‌باشد. گسترش شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌های شهری از یک طرف و عدم‌رعایت ابتدایی‌ترین نکات ایمنی در ساخت‌وسازهای شهری و بدون برنامه بودن رشد و توسعهٔ شهر از سوی دیگر، زمینهٔ ایجاد خسارات زیاد در زمان وقوع زلزله را فراهم می‌سازد (عبدالهی، ۱۳۸۲: ۱۱۱). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که شهر تهران در مقولهٔ فوق‌الذکر با بحران و مشکلات اساسی و عدیده‌ای روبرو است. بنابراین آسیب‌پذیری بالای این کلانشهر نیازمند انجام مطالعات کافی در این ارتباط است. محدوده موردمطالعه، شامل منطقهٔ ۵ تهران بوده و با وسعتی حدود ۵۲۸۷،۱ هکتار در محدوده شمال‌غربی تهران و جمعیتی بالغ بر ۶۴۲۶۱۶ نفر است. در ضمن این منطقه در حدود ۷

ناحیه، ۲۶ محله و ۲۵ هزار خانوار دارد. سایر خصوصیات نواحی منطقه موردمطالعه در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- خصوصیات نواحی منطقه مورد مطالعه

ناحیه	مساحت (هکتار)	جمعیت (نفر)	تراکم نسبی جمعیتی	تراکم ناخالص جمعیتی
ناحیه ۱	۶۱۴.۲	۵۲۱۸۹	۸۵۰۷	۸۵
ناحیه ۲	۱۰۹۲	۳۷۳۵۳	۳۴۱۲	۳۴
ناحیه ۳	۹۲۵.۵	۱۵۴۹۹۳	۱۶۷۱۲	۱۶۷
ناحیه ۴	۶۱۶.۵	۱۱۳۹۹۳	۱۸۵۱۷	۱۸۴
ناحیه ۵	۷۰۷.۲	۵۶۸۳۳	۸۱۱۹	۸۰
ناحیه ۶	۵۷۲.۹	۷۲۳۰۸	۱۲۶۰۸	۱۲۶
ناحیه ۷	۷۵۸.۹	۱۵۴۹۴۸	۲۰۴۱۳	۲۰۴
مجموع	۵۲۸۷.۲	۶۴۲۶۱۷	۸۸۲۸۸	۸۸۰



شکل ۱. موقعیت قرارگیری منطقهٔ ۵ در تهران

مکان جغرافیایی منطقهٔ ۵ در بخش شمال‌غربی شهر تهران است؛ جایی که لبه مخروط‌افکنه بزرگ آبرفتی در اثر فرایندهای رسوبی شمالی- جنوبی، محل گذر رودهایی است که از کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرند. ارتفاع توپوگرافی محدوده از ۱۱۰ متر تا ۱۱۲۰ متر بالای سطح دریا متغیر است و سطح زمین دارای شیب ملایمی از شمال به جنوب است. بزرگترین جنبش زمین‌لرزه‌ای که می‌تواند در این محدوده اتفاق بیفتد، ناشی از مدل گسل شمال تهران و شاخه‌های فرعی آن است که بر اساس سناریوی مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ (۱۳۸۰)، مقدار این جنبش در شمال شهر به ۴۰۰ گال و در جنوب شهر به ۲۰۰ گال می‌رسد. بر همین مبنا شدت واحد آن در بخش شمالی ۹ ریشتر و در بخش جنوبی شهر، ۷ واحد در مقیاس ریشتر است. علت انتخاب این منطقه به این دلیل است که بر خلاف سایر نقاط شهر تهران، این منطقه دارای تراکم نسبی جمعیتی کمتری بوده و با توجه به ویژگی کالبدی بناها، پتانسیل لازم را جهت احداث مراکز حیاتی داراست.

۴. بحث و تحلیل:

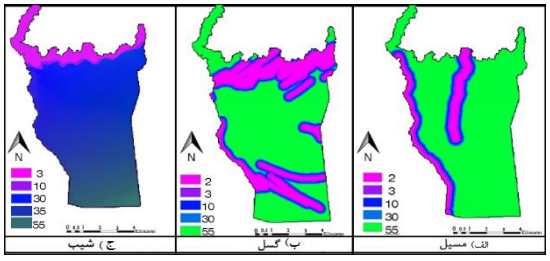
همان‌طور که در بخش روش پژوهش ذکر شد (نمودار ۲)، انتخاب مکان مناسب جهت کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های حیاتی، در دو مولفهٔ بعد مکانی- منطقه‌ای و بعد ساختار فیزیکی ساختمان موردبررسی قرار می‌گیرد.

۱,۴ بعد مکانی- منطقه‌ای:

در هنگام وقوع حوادث به‌دلیل آسیب‌پذیر بودن محل استقرار برخی از ساختمان‌ها، خود می‌توانند بحرانی در بطن بحران ایجاد نمایند، به همین دلیل قبل از طراحی ساختمان‌های حیاتی و مهم حداقل باید معیارهای بعد مکانی که مصونیت این ساختمان‌ها را تضمین می‌کند در نظر گرفته شود. در این پژوهش، از چهار خوشه با ده معیار و زیرمعیار (شامل سه معیار فیزیوگرافی، کالبدی و بافت منطقه)، برای کاهش آسیب‌پذیری از بعد مکانی-منطقه‌ای استفاده شده است (شکل ۵).

۱,۱,۴ فیزیوگرافی:

در مکان‌یابی هر نوع کاربری، عوامل و ویژگی‌های طبیعی زمین نقش مهم و مؤثری دارند؛ به گونه‌ای که مکان‌یابی و احداث کاربری‌های حساسی چون مراکز امدادرسانی، بدون توجه به ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناسی، علاوه بر ایجاد محدودیت، در خدمات‌رسانی نیز می‌تواند خطرات و خسارات جبران‌ناپذیری را به همراه داشته باشد. در این پژوهش (شیب زمین، فاصله از گسل و فاصله از مسیل)[1]در چارچوب معیارهای خوشهٔ مشخصات زمین‌شناسی در نظر گرفته شده‌اند. شکل ۲، فاصله از مسیل، فاصله از گسل و شیب را در محدودهٔ موردمطالعه نشان می‌دهد.



شکل (۲): (الف) فاصله از مسیل؛ (ب) فاصله از گسل و (ج) شیب

۲,۱,۴ ویژگی‌های کالبدی:

هنگام وقوع حوادث، خسارات جانی و مالی زیادی به

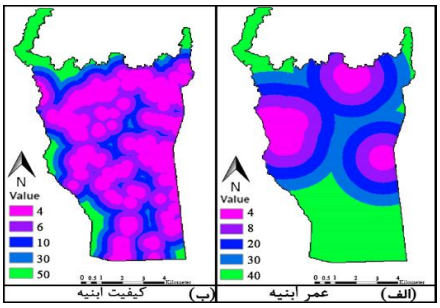
مناطقی دارای کیفیت ساختمانی پایین وارد می‌شود، از این رو از استقرار ساختمان‌های حیاتی در این مناطق، باید حتی‌الامکان جلوگیری نمود. در اینجا استثنائاتی برای برخی از ساختمان‌ها وجود دارد که نقش پشتیبان‌کننده دارند و در صورت بروز بحران، نقش خدمات‌رسانی و پشتیبان‌کننده را دارند (مانند مراکز امدادرسانی و ایستگاه‌های آتش‌نشانی). در این پژوهش، از معیارهای عمر ابنیه و کیفیت ابنیه در بعد مکانی منطقه استفاده شده است.

الف) عمر ابنیه:

از معیارهای مهم در علت اصلی آسیب‌ها، عمر ساختمان‌هاست. هر چه عمر ابنیه بیشتر باشد احتمال مقاومت ساختمان‌ها در برابر مخاطرات طبیعی کاهش می‌یابد. در این پژوهش، این شاخص به چهار زیرشاخصه قطعات با عمر ۱۰ تا ۲۰ سال، قطعات با عمر ۲۰ تا ۳۰ سال، قطعات با عمر بیشتر از ۳۰ سال و قطعات متروکه تقسیم‌بندی شده است (شکل ۳-الف).

ب) کیفیت ابنیه:

در اینجا منظور از کیفیت ابنیه، کیفیت سازه‌ای و فیزیکی ساختمان‌های منطقه هستند و هر چه ابنیه‌های مجاور کیفیت بالاتری داشته باشند، در مواقع بحران آسیب کمتری به ساختمان‌های مجاور و معابر وارد می‌کنند (عبداللهی، ۱۳۸۰؛ بحرینی، ۱۳۸۵) (شکل ۳-ب).



شکل (۳): (الف) عمر ابنیه و (ب) کیفیت ابنیه

۳،۱،۴ بافت منطقه:

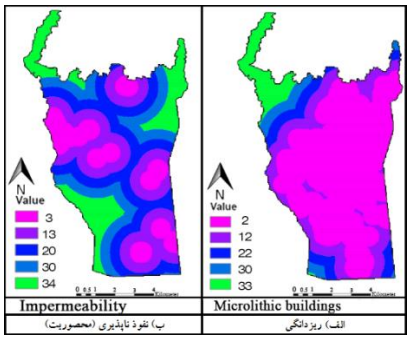
شکل، اندازه و چگونگی ترکیب کوچک‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده شهر، بافت شهری را مشخص می‌سازد. هر نوع بافت شهری در هنگام مخاطرات طبیعی، مقاومت خاصی از خود نشان می‌دهند. به عنوان مثال، بافت منظم مقاومت بیشتری در برابر زلزله نسبت به بافت نامنظم دارد. در پژوهش حاضر، لایه فاصله از بافت‌های فرسوده شهری، شامل زیرمعیارهای ریزدانگی[□□](شکل ۴-الف) و نفوذناپذیری[□□□] (شکل ۴-ب) می‌باشند (اطلاعات طرح تفصیلی مناطق شهر تهران و سازمان نوسازی شهر تهران، ۱۳۸۶) اعمال شدند.

الف) ریزدانگی

بلوک‌هایی‌که بیش از ٪۵۰ آنها مساحتی کمتر از ۲۰۰ مترمربع داشته باشند که معرف فشردگی بافت و کثرت قطعات (پلاک‌ها) کوچک با مساحت اندک است (قنبران و همکاران، ۱۳۹۶).

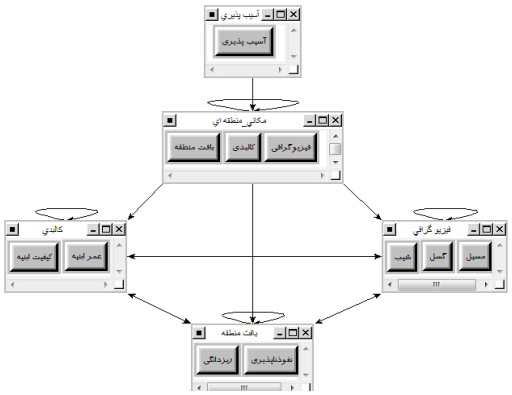
ب) نفوذناپذیری (محصوریت):

محصوریت عبارت است از نسبت ارتفاع ساختمان واقع در جداره معبر به عرض معبر که نشان‌دهنده میزان ریزش آوار ساختمان به معبر و احتمال انسداد آن می‌باشد. بدیهی است هر چه درجه محصوریت بیشتر باشد آسیب‌پذیری بیشتر خواهد بود. شکل (۴-ب)، درجه محصوریت شبکه معابر محدودهٔ موردمطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه مربوطه مشخص می‌شود که درجه محصوریت بالا، در معابر بسیار کم‌عرض بیشتر به چشم می‌خورد.

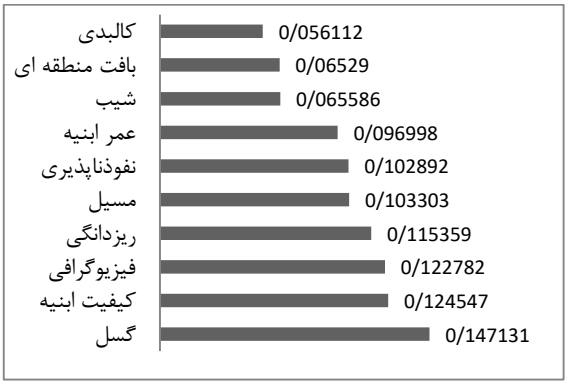


شکل (۴): (الف) ریزدانگی و (ب) نفوذناپذیری. (ماخذ: نگارندگان).

پس از تهیهٔ نقشه‌های اولیه مربوط به هر یک از زیرمولفه‌ها، لازم است میزان اهمیت هر مولفه و زیرمولفه تعیین شود تا برحسب اهمیت هر یک از آن‌ها همپوشانی صورت گیرد. بدین منظور از مقایسات زوجی معیارها (با ابزار پرسشنامه‌ای)، توسط کارشناسان و تحلیل شبکه‌ای (ANP)، توسط نرم‌افزار *SUPPER DECISIONS* صورت گرفته است (شکل ۵، ارتباط بین هر مولفه و زیرمولفه را نشان می‌دهد). وزن هر معیار پس از مقایسهٔ زوجی محاسبه شد که اهمیت هر مولفه و زیرمولفه در نمودار ۴ نشان داده شده است.

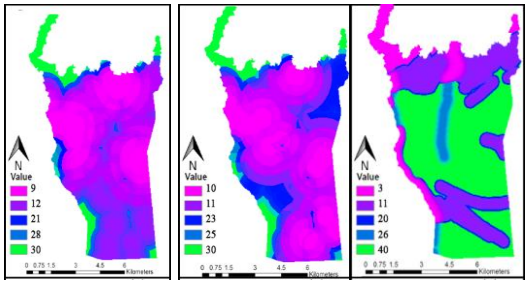


شکل (۵): طرح کلی مدل ANP مبتنی بر معیارهای بعد مکانی-منطقه‌ای. (ماخذ: نگارندگان).



نمودار (۴): وزن‌دهی به زیرشاخصه بعد مکانی- منطقه‌ای توسط Super Decisions. (ماخذ: نگارندگان).

سپس لایه‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی آماده‌سازی شده و ضرایب هر نقشه با ابزار Raster Calculator اعمال شدند. در نهایت، با هم‌پوشانی و برهم‌نهی لایه‌ها، مکان‌هایی که در منطقهٔ موردمطالعه، مستعد بیشترین آسیب‌پذیری هستند و در معرض مخاطرات طبیعی قرار دارند، توسط نرم‌افزار GIS بدست آمد. شکل ۶، نقشه حاصل از برهم‌نهی شاخص‌ها را با توجه به وزن‌های به دست‌آمده نشان می‌دهد.

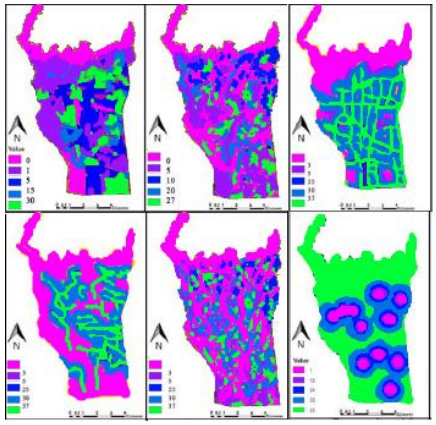


(الف) فیزیوگرافی (ب) کالبدی ج) بافت منطقه

شکل (۶): نقشه حاصل از برهم‌نهی شاخص‌ها. (ماخذ: نگارندگان)

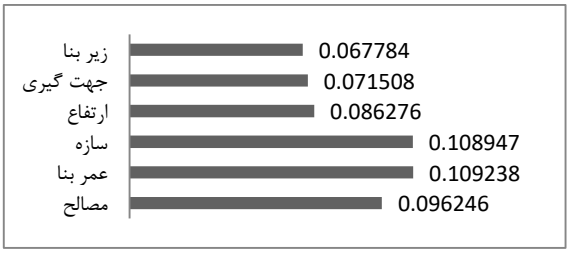
۲,۴ عد ساختار فیزیکی ساختمان

علاوه بر بعد مکانی-منطقه‌ای، بعد ساختار فیزیکی ساختمان نیز دارای اهمیت بوده که بدین منظور، این بعد نیز با معیارهایی شامل زیربنا، جهت‌گیری، ارتفاع، سازه (نوع سازه)، عمر بنا و مصالح موردبررسی قرار گرفته است. شکل ۷، زیرشاخصه‌های بعد ساختار فیزیکی را در محدودهٔ موردمطالعه نشان می‌دهد.



شکل (۷): زیرشاخصه‌های بعد ساختار فیزیکی شامل: زیربنا، جهت‌گیری، ارتفاع، نوع سازه، عمر بنا و مصالح (ماخذ: نگارندگان).

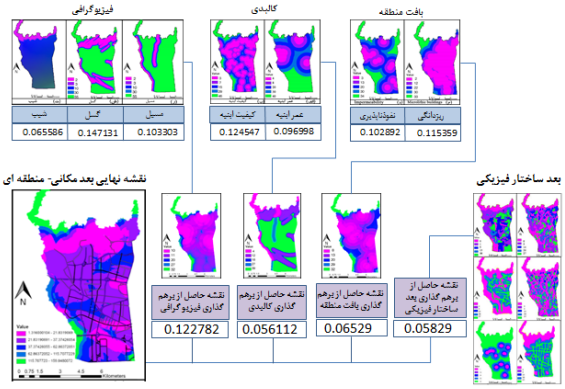
پس از تهیهٔ نقشه‌های شاخصه‌های بعد ساختار فیزیکی، وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای بعد ساختار فیزیکی ساختمان‌ها با مقایسات زوجی توسط کارشناسان و متخصصان موردارزیابی قرار گرفت. در نهایت، با تحلیل شبکه‌ای ANP و انجام محاسبات در نرم‌افزار Super Decisions، معیارها وزن‌دهی و اولویت‌بندی شدند که در نمودار ۳ نشان داده شده است. در این وزن‌دهی، سازه بیشترین اولویت، و زیربنا کمترین اولویت را در کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌ها داشته است.



نمودار (۳): وزن‌دهی به زیرشاخصه‌های معیار ساختار فیزیکی ساختمان‌ها. (مأخذ: نگارندگان).

۵. نتیجه‌گیری

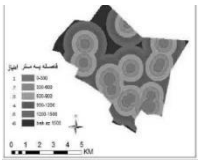
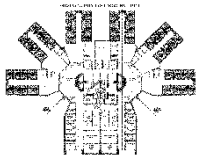
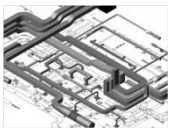
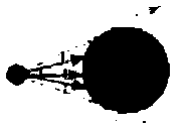
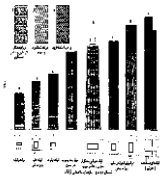
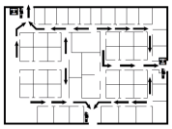
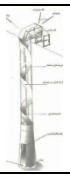
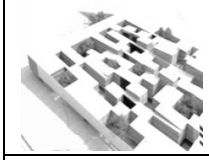
این پژوهش درگام اول جهت اولویت‌بندی کاهش آسیب‌پذیری در ساختمان‌های حیاتی، شرایط مکان‌یابی را در دو بعد مکانی-منطقه‌ای و بعد ساختار فیزیکی ساختمان بررسی نمود تا در طراحی معماری و شهرسازی مورداستفاده قرار گیرد. بدین منظور با توجه به وزن‌های به دست آمده، لایه‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی آماده‌سازی شده و ضرایب (وزن‌ها) هر نقشه با ابزار Raster Calculator اعمال شدند. در ادامه، با هم‌پوشانی و برهم‌نهی لایه‌ها، مساعدترین مکان‌هایی‌که هنگام حادثه با کمترین آسیب روبرو شده‌اند، برحسب اولویت به دست آمد (شکل ۹).



شکل (۹): وزن‌دهی و برهم‌نهی لایه‌ها. (ماخذ: نگارندگان).

در گام بعد نیز اصول و معیارهای لازم در راستای اعمال ژن دفاعی جهت طراحی معماری و شهرسازی ساختمان‌های حیاتی به‌شرح جدول ۳ ارائه شده که شامل موارد زیر است.

جدول (۳): اصول معماری و شهرسازی در طراحی ساختمان‌های حیاتی

معیار	نمونه الگوی تصویری
۱. مکان‌یابی اولین گام قبل از طراحی بر اساس پدافند غیرعامل مکان‌یابی است.	
۲. پراکندگی، مرمت‌پذیری طراحی ساختمان به گونه‌ای که در صورت آسیب رسیدن به یک قسمت از بنا به قسمت‌های دیگر آسیب وارد نشود.	
۳. استحکامات شامل طراحی سازه مقاوم در برابر زلزله، طوفان‌ها، ایجاد حایل‌های نگهبان در برابر نفوذ سیل به سازه و ساختمان.	
۴. تأسیسات ایجاد تأسیسات ویژه و قابل‌انعطاف در مقابل ضربه و حرارت.	
۵. فرم معماری بنا فرم ساختمان به گونه‌ای باشد که امواج ناشی از انفجار را جذب نکند (فرم‌های محدب).	
۶. معماری داخلی چگونگی استفاده از عناصر و جزئیات در طراحی داخلی بنا.	
۷. ارتفاع بنا رعایت فاصله بنا از ساختمان‌های بلندمرتبه مجاور به منظور پیشگیری از ریزش ساختمان بلند روی بناهای هم‌جوار در مواقع بحران.	
۸. تخلیه اضطراری در بحران تعبیه ورودی و خروجی‌های اضطراری در نقاط استراتژیک طرح به منظور جلوگیری از حبس شدن افراد در مواقع بحرانی.	
۹. شوت نجات طراحی شوت نجات در ساختمان‌های بلند به منظور افزایش ایمنی افراد در بحران	
۱۰. فضاهای چند عملکردی استفاده از فضاهای شهری و معماری منعطف و قابل‌استفاده در مواقع بحران و عادی.	
۱۱. طراحی محوطه طراحی به منظور جلوگیری از جمع شدن سیلاب‌ها و اسکان افراد در محوطه.	
۱۲. مبلمان شهری استفاده از مبلمان مناسب، محکم و قابل‌استفاده به عنوان پناهگاه فردی موقت.	

۶. منابع:

۱. احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۸۸). مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونهٔ موردی شهر زنجان. پایان‌نامهٔ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران.

۲. اصغریان جدی، احمد (۱۳۸۶). "الزامات معمارانه در دفاع غیرعامل پایدار"، مرکز نشر آثار علمی دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۳. اکبرزاده، نسرین (۱۳۷۶). گذر از نوجوانی به پیری، تهران: دانشگاه الزهرا.

۴. بحرینی، سیدحسین (۱۳۸۵). برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز نمونه شهرهای منجیل، لوشان، رودبار، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، تهران.

۵. پیمان، صفا و غضنفری‌نیا سجاد (۱۳۸۸). استحکامات و سازه‌های امن، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر.

۶. تقوایی، مسعود و جوزی خمسلویی، علی (۱۳۹۱). بررسی آسیب‌پذیری کاربری‌های شهری در مسیرهای راه‌پیمایی با رویکرد پدافند غیرعامل مطالعه موردی: کلان‌شهر اصفهان. آمایش محیط، ۵ (۱۶)، صص. ۱۲۵-۱۴۲.

۷. حسینی‌امینی، حسن، اسدی، صالح و برنافر، مهدی (۱۳۸۹). ارزیابی ساختار شهر لنگرود جهت برنامه‌ریزی پدافند غیرعامل، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۵ (۱۸)، صص. ۱۲۹-۱۴۹.

۸. داعی‌نژاد، فرامرز و همکاران (۱۳۸۵). اصول و رهنمودهای طراحی و تجهیز فضای باز مجتمع‌های مسکونی به منظور پدافند غیر عامل، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

۹. رمضان‌زاده لسبوئی، مهدی، عسگری، علی و بدری، سیدعلی (۱۳۹۳). زیرساخت‌ها و تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب منطقه‌ی مورد مطالعه: مناطق نمونه گردشگری چشمه کیله تنکابن و سردآبرود کلاردشت. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱ (۱)، صص. ۳۵-۵۲.

۱۰. حاجی ابراهیم زرگر، اکبر و مسگری هوشیار، سارا (۱۳۸۶). پدافند غیرعامل در معماری راهکارهای جهت کاهش خطرپذیری در برابر سوانح، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی، تهران.

۱۱. زهرایی، سیدمهدی و ارشاد، لیلی (۱۳۸۴). بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر قزوین، نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۳۹ (۳)، صص. ۲۸۷-۲۹۷.

۱۲. زیاری، کرامت‌اله (۱۳۸۶). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات دانشگاه یزد، یزد.

۱۳. سعیدی‌فرد، فرانک، رضویان، محمدتقی و قورچی، مرتضی (۱۳۹۷). تبیین بازتاب اقتصاد رانتی بر سازمان فضایی کلان‌شهرها (نمونه موردی: منطقه ۱ شهر تهران)، پژوهشهای دانش زمین، ۹ (۳۴)، صص. ۱۴۵-۱۶۴.

۱۴. شاعری، محمدحسین (۱۳۸۱). جامعه‌شناسی شهادت‌طلبی و انگیزه‌های شهیدان، نشر شاهد، تهران.

۱۵. طرح تفصیلی مناطق شهر تهران و سازمان نوسازی شهر تهران (۱۳۸۶). http://atlas.tehran.ir.

۱۶. عبدالهی، مجید (۱۳۸۰). مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران.

۱۷. کامران، حسن، مرادی، مرتضی، حسینی‌امینی، حسن و کنعانی‌مقدم، ثنا (۱۳۹۱). بررسی خطرپذیری ساختمان‌های حساس در شهر بروجرد با نگاه پدافند غیرعامل، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، ۴ (۲)، صص. ۱۰۷-۱۱۸.

۱۸. محمدی ده‌چشمه، مصطفی (۱۳۹۲). ایمنی و پدافند غیرعامل شهری، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۹. موحدی‌نیا، جعفر (۱۳۸۳). دفاع غیرعامل، دانشکده فرماندهی و ستاد سپاه، چاپ اول.

۲۰. مهدی‌نژاد نوری، محمد و ستاره، علی‌اکبر (۱۳۹۰). مدل‌سازی آسیب‌پذیری محیط‌های شهری در برابر تهدیدات با استفاده از AHP و GIS (نمونه موردی منطقه ۶ تهران)، اولین همایش علمی–پژوهشی شهرسازی و معماری با رویکرد پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر، تهران.

۲۱. نسیانی، بهرام (۱۳۸۹). مدیریت بحران زلزله در نواحی شهری در مرحله قبل از وقوع با استفاده از sdss (مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تبریز)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، سازمان مدیریت صنعتی نمایندگان آذربایجان‌شرقی.

۲۲. احمدی دستجردی، حمید و بوچانی، محمدحسین (۱۳۸۲). پیشینهٔ زلزله در ایران، ماهنامهٔ شهرداری‌ها، ویژه نامهٔ شمارهٔ ۱۲.

۲۳. امینی ورکی، سعید، مدیری، مهدی، شمسایی زفرقندی، فتح‌الله و قنبری نسب، علی (۱۳۹۳)، شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو. فصلنامه مدیریت بحران، ۳ (۴)، صص. ۵-۱۸.

۲۴. صدری‌افشار، غلامحسین (۱۳۷۳). فرهنگ فارسی امروز، نشر کلمه، تهران.

۲۵. دهخدا، علی‌اکبر (۱۳۵۲). لغت نامه، موسسه چاپ و انتشارات روزنه، تهران.

۲۶. محمدی، جمال و پریزادی، طاهر (۱۳۸۹). به‌کارگیری رهیافت تجدید حیات شهری در نواحی مرکزی - تاریخی

دچار افت شهری (نمونه موردی: ناحیه مرکزی - تاریخی شهر قزوین)، نشریه جغرافیا، ۸ (۲۷)، صص. ۱۵۹-۱۷۹.
۲۷. سناریو مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ (۱۳۸۰). ریزپهنه‌بندی شهر تهران (جایکا)، گروه مطالعاتی جایکای ژاپن.
۲۸. روستا، مجتبی، ابراهیم‌زاده، عیسی و ایستگلدی، مصطفی (۱۳۹۶). تحلیل تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله مطالعه موردی: بافت فرسودهٔ شهر مرزی زاهدان. فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۵ (۴۶)، صص. ۱-۱۷.
۲۹. عادلی، حجت‌الله (۱۳۸۵). چطور می‌توان تلفات و خسارات ناشی از زلزله را در شهرها کاهش داد، دهخدا، تهران.
۳۰. ساسان‌پور، فرزانه، شماعی، علی، افسر، مجید و سعیدپور، شراره (۱۳۹۶). بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) (مطالعه موردی: محله محتشم کاشان). مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۶ (۱۴)، صص. ۱۰۳-۱۲۲.
۳۱. ضرغامی، سعید، تیموری، اصغر، محمدیان مصمم، حسن و شماعی، علی (۱۳۹۵). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری محله‌های شهری در برابر زلزله موردپژوهی: (بخش مرکزی شهر زنجان)، پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۷ (۲۷)، صص. ۹۲-۷۷.
۳۲. صیامی، قدیر، لطیفی، غلامرضا، تقی‌نژاد، کاظم و زاهدی‌کلاکی، ابراهیم (۱۳۹۲). آسیب‌شناسی پدافندی ساختار شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP و GIS مطالعه موردی شهر گرگان. آمایش جغرافیایی فضا، ۳ (۱۰)، صص. ۲۳-۴۳.
۳۳. خدادادی، فاطمه، انتظاری، مژگان و ساسان‌پور، فرزانه (۱۳۹۹). تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش ELECTRE FUZZY (مطالعه موردی: کلان‌شهر کرج). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۰ (۵۶)، صص. ۹۳-۱۱۳.
۳۴. تقوی‌زواره، محمد، صارمی، حمیدرضا و رفیعیان، مجتبی (۱۳۹۹). سنجش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در برابر مخاطرات طبیعی با رویکرد تاب‌آوری کالبدی مطالعهٔ موردی: محله زرگنده تهران. مدیریت بحران، ۹ (۲)، صص. ۱۳۷-۱۲۷.
۳۵. صادقی، علیرضا، حیدری، محمد و آقایی، فاطمه (۱۳۹۸). ارزیابی آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری با رویکرد پدافند غیرعامل، موردپژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز، شهر ایمن، ۲ (۶)، صص. ۱-۱۲.
۳۶. شماعی، علی، مصطفی‌پور، لقمان و یوسفی فشکی، محسن (۱۳۹۴). تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محله‌های شهری با رویکرد پدافند غیرعامل در شهر پیرانشهر. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۲ (۳)، صص. ۱۰۵-۱۱۸.
۳۷. شاهیوندی، احمد (۱۳۹۶). سنجش میزان آسیب‌پذیری محلات شهری در تطابق با اصول پدافند غیرعامل مطالعه موردی: شهر شهرکرد. مدیریت بحران، ۶ (۱۱)، صص. ۶۲-۴۷.
۳۸. Abarquez, I., & Murshed, Z. (2004). *Field Practitioners' Handbook*. Bangkok: Asian Disaster Preparedness Center (ADPC).
۳۹. Adger, W. N., & Hodbod, J. (2014). Ecological and social resilience. In *Handbook of sustainable development*. Edward Elgar Publishing.
۴۰. Alexander, D. E. (2014). Social media in disaster risk reduction and crisis management. *Science and Engineering Ethics*, 20(3), 717-733.
۴۱. Bazazan Lotfi, S., & Rahimi, M. (2017). A Study on Vulnerability of Urban Neighborhoods to Earthquake (Case Study: Farahzad Neighborhood, Tehran). *Journal of civil Engineering and Materials Application*, 1(1), 1-7.
۴۲. Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge.
۴۳. Botero Fernandez, V. (2009). *Geo-information for measuring vulnerability to earthquake: a fitness for use approach*. PhD dissertation, Utrecht University, Netherland.
۴۴. Brabhaharan, P. (2015). "Planning for Sustainable for Communities resilient to Natural Hazard", IPEWA Conference, p. 7-۱۱.
۴۵. Burton, I. Kates , R. W and White, G. F (1999) The environment as hazard. Oxford University Press, NewYork.
۴۶. Chang, S. E. (2009). Infrastructure resilience to disasters. *The Bridge*, 39(4), 36-41.
۴۷. Chen, W., Zhai, G., Ren, C., Shi, Y., & Zhang, J. (2018). Urban resources selection and allocation for emergency shelters: in a multi-hazard environment. *International journal of environmental research and public health*, 15(6), 1261.
۴۸. Huang, C. N., Liou, J. J., & Chuang, Y. C. (2014). A method for exploring the interdependencies and importance of critical

infrastructures. *Knowledge-Based Systems*, 55, 66-74.

٤٩. Ebrahimian Ghajari, Y. E., Alesheikh, A. A., Modiri, M., Hosnavi, R., Abbasi, M., & Sharifi, A. (2018). Urban vulnerability under various blast loading scenarios: Analysis using GIS-based multi-criteria decision analysis techniques. *Cities*, 72, 102-114.

٥٠. Fischer, H. W., Scharnberger, C. K., & Geiger, C. J. (1996). Reducing seismic vulnerability in low to moderate risk areas. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 5(4), 5-18.

٥١. Houser, G., & Egenning, P. C. (1993). Risk analysis, First Edition Earthquake Engineering Research Institute. Oakland, USA.

٥٢. Laframboise, N. & Acevedo, S. (2014). Man versus Mother Nature. *Finance & Development*, 51(1), 44-47.

٥٣. Maslow, A. H. (1981). *Motivation and personality*. Prabhat Prakashan.

٥٤. Opie, K., March, A. Leonard, J. & Newnham, G. (2014). Indicators of Fire Vulnerability: Risk Factors in Victorian Settlements, CSIRO and University of Melbourne, Australian.

٥٥. Pelling, M. (2003). *The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience*. Earthscan.

٥٦. Sadrykia, M., Delavar, M. R., & Zare, M. (2017). A GIS-based fuzzy decision making model for seismic vulnerability assessment in areas with incomplete data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(4), 119.

٥٧. Schwab, J. C., & Topping, K. C. (2010). Hazard mitigation: An essential role for planners. *Hazard Mitigation: Integrating Best Practices into Planning, American Planning Association, Chicago*, 1-14.

٥٨. Seyedin, H., Ryan, J., & Keshtgar, M. (2011). Disaster management planning for health organizations in a developing country. *Journal of Urban Planning and Development*, 137(1), 77-81.

٥٩. Shakibamanesh, A. (2017). Public shelters: Towards secure urban planning and designing in terms of passive defense. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 11(3).

٦٠. Trivedi, A., & Singh, A. (2017). Prioritizing emergency shelter areas using hybrid multi-criteria decision approach: A case study. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 24(3-4), 133-145.

٦١. UN (1996). General Assembly, 5th Committee, Special Representatives, Envoys and Relate Positions. Report of the Secretary General, A/C.5/50/72m (20 Sep).

٦٢. Wisner, B., Gaillard, J. C., & Kelman, I. (Eds.). (2012). *Handbook of hazards and disaster risk reduction and management*. Routledge.

پی نوشت:

[] در منطقهٔ موردمطالعه دوگسل اصلی وجود دارد که یکی در قسمت شمالی و دیگری در قسمت جنوبی منطقه واقع شده است. ضمن آنکه فعال‌ترین رودخانه تهران یعنی رودخانه کن در ضلع شرقی و یک مسیل (شمال به جنوب) در منطقه قرار دارد.

[]Microlithic buildings

[i] بلوک‌هایی که بیش از ۵۰٪ معابر آن عرض کمتر از ۶ متر داشته باشند، معرف عدم دسترسی‌های مناسب و اندک بودن معابر با عرض کافی برای حرکت سواره است.

[]Site selection