

بررسی آسیب پذیری شهرها با رویکرد پدافند غیر عامل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS-مطالعه موردی تهران بزرگ

غلامرضا زارعی*^۱ سجاد اباذرلو^۲

۱- هیأت علمی؛ دانشجوی دکتری دانشگاه جامع امام حسین (ع)

۲- پژوهشگر ارشد؛ دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پژوهشکده مدیریت بحران

واژگان کلیدی	چکیده
آسیب پذیری تهاجم هوایی پدافند غیر عامل IHWP AHP	امروزه در شهرها به جهت این که سلسله مراتب شبکه های ارتباطی رعایت نشده، عرض راه ها کم و از مراکز خدماتی و درمانی دور بوده بنابراین آسیب پذیری شهرها بالا می باشد. از این رو دفاع غیر عامل به عنوان یکی از مؤثرترین روش های مقابله با تهدیدات شناخته می شود. تهران، بزرگترین شهر ایران که قطب اقتصاد، جمعیت، فرهنگ و نیز منشاء بزرگ ترین فعالیت های اجتماعی، مذهبی، سیاسی و ملی و دارای یک نظام متمرکز است. تحقیق حاضر در زمره تحقیقات کاربردی می باشد. در این مسیر از روش های اسنادی (کتابخانه ای)، پرسش نامه (کمی)، جهت گردآوری اطلاعات استفاده شده است. روش تحقیق پایان نامه حاضر توصیفی - تحلیلی و جهت تجزیه و تحلیل آسیب پذیری نیز از منطق IHWP در نرم افزار GIS استفاده شده و جهت استخراج تهدید انسان ساخت پایه شهر تهران نیز از روش AHP استفاده گردید. در این پژوهش با استفاده از ۱۶ شاخص، آسیب پذیری شهر، مدلسازی گردید که تهدید پایه شهر تهران، تهاجم هوایی شد. نتایج پژوهش نشان می دهد که ۲۹٫۸۳ درصد قطعات شهر در برابر تهاجم هوایی از آسیب پذیری خیلی پایین، ۲۴٫۵۴ درصد پایین، ۴۲٫۸۶ درصد متوسط، ۱۵٫۹۶ درصد بالا و ۸٫۹۷ درصد قطعات از آسیب پذیری خیلی بالا برخوردار هستند.

معرض بیشترین خطرات و تهدیدات انسانی و طبیعی قرار دارند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۶).

در طول تاریخ، بشر همواره صحنه های جنگ و برخوردهای نظامی را تجربه کرده و کمتر سرزمینی از این آفت مصون مانده است، با پیشرفت علمی و فنی در صنعت نظامی و گسترش صحنه نبرد به سرتاسر کشورهای درگیر، تمام مراکز جمعیتی در معرض آثار ناشی از جنگ قرار گرفته اند. تاکنون هیچ گونه مقررات بین المللی و مصوبات جهانی نتوانسته از گسترش دامنه جنگ به شهرها و مراکز سکونت گاهی و غیرنظامی جلوگیری کند (فرزام شاد و عراقی زاده، ۱۳۹۱: ۱۶).

۱- بیان مسئله

شهرها و کلان شهرها با توجه به حجم بالای سرمایه گذاری و استقرار بسیاری از تأسیسات و مراکز ثقل و از همه مهم تر جمعیت زیادی که در اطراف آنها ساکن هستند، در صورت بروز تهدیدات انسان ساخت دچار صدمات مالی و جانی قابل توجهی می شوند. در کلان شهرها، صدمات جنگی شامل ترکیبی از ویرانه های کالبدی و اختلال در عملکرد عناصر شهری است. انهدام سازه ها و ساختمان ها، شبکه راه ها و دسترسی ها، تأسیسات اساسی مخازن آب، نیروگاه ها خطوط ارتباطی تلفن، برق، آب، گاز و ... از آن جمله هستند. در این میان، کلان شهرها به عنوان پرتراکم ترین نقاط سکونتگاهی، در

درمانی و بیمارستان های عمومی، شرکت های بزرگ اقتصادی و غیره در تهران بزرگ نشان دهنده اهمیت بالای این منطقه از دیدگاه شهری و کشوری است. تهران بزرگ یکی از مناطقی است که هر سال خیل عظیمی از مهاجران را از سراسر کشور جهت کار و سکونت به سمت خود جذب می کند. این موارد به نوبه خود ضرورت توجه به مسایل پدافند غیرعامل را در محدوده تهران بزرگ نشان می دهد چرا که خسارت وارده به این منطقه در صورت بروز جنگ می تواند تبعات بسیار زیادی برای مدیریت شهری و حتی کشوری داشته باشد و زیان های اقتصادی و اجتماعی بی شماری را به شهروندان و مسئولین تحمیل کند. مجموعه این عوامل دلیل انتخاب این منطقه به عنوان محدوده مطالعاتی می باشد.

تجربیات دوران دفاع مقدس، از جمله موشکباران تهران در سال ۱۳۶۷، مدیریت دفاعی شهر تهران را متزلزل نمود که به دنبال آن مدیریت دفاعی کشور با مشکل مواجه گردید. با این که تهران در طول دفاع مقدس آسیب پذیری و با به عبارت بهتر، بی دفاع بودن خود را نشان داد، اما هنوز هم به سیاق قبل به سیر رشد انحطاط گونه خود ادامه می دهد (اباذرلو، ۱۳۹۲: ۵)

۳- سوالات تحقیق

- در تحقیق پیش رو دو سؤال اصلی مطرح می گردد:
- ۱- کدام تهدیدات انسان ساخت عمدی متوجه تهران بزرگ می شود؟
 - ۲- میزان آسیب پذیری تهران بزرگ در برابر تهدید پایه انسان ساخت به چه میزان است؟

۴- روش تحقیق

روش تحقیق حاضر، تحلیلی - ارزیابانه با دید پیمایشی (تکنیک دلفی) است. از نظر ماهیت، نظر به اینکه تحقیق حاضر تنها در پی توصیف صرف نیست و اموری چون شناخت و تحلیل، ارزیابی و تدوین اصول در کنار یکدیگر، مد نظر می باشند، لذا در زمره پژوهش های تحلیلی ارزیابانه قرار می گیرد. جهت تهدیدشناسی و استخراج تهدیدات مرتبط با شهر، از روش *AHP* که به اختصار *Analytic Hierarchy Process* نامیده می شود، استفاده گردید. جهت تحلیل آسیب پذیری شهر نیز از مدل تحلیل سلسله مراتبی *Inversion Hierarchical Weight Process* که به اختصار *IHWP* نامیده می شود، (حبیبی، ۱۳۸۵) استفاده شده است.

دفاع غیرعامل به عنوان بستر توسعه پایدار و یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش های دفاع در برابر تهدیدات محسوب و عرصه های مختلف فضاها های شهری را شامل می شود. این نوع دفاع پنج هدف محوری شامل: افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب پذیری، تداوم فعالیت های ضروری، ارتقاء پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات نظامی را دنبال می نماید (غضنفری، ۱۳۹۲: ۳).

تهران، بزرگترین شهر ایران است که با اختلاف بسیار بالا، قطب اقتصاد، جمعیت، فرهنگ و نیز منشاء بزرگترین فعالیت های اجتماعی، مذهبی، سیاسی و ملی است. این شهر با وسعت حدود ۷۳۰ کیلومتر مربع جمعیت ثابتی حدود ۸،۸ میلیون و جمعیت شناوری بین ۹ الی ۱۱ میلیون نفر را در سال ۹۰ در خود جای داده است (مومنی، ۱۳۸۴: ۴۱). تهران یک نظام متمرکز است که همه تصمیمات در آن گرفته می شود. تخصیص منابع در تهران داده می شود، همه شبکه های ارتباطی به تهران ختم می شود، همه نگاه ها در سطح کشور به تهران است که این نشان دهنده اهمیت تهران بزرگ به عنوان نمونه موردی است.

تجربیات دوران دفاع مقدس، از جمله موشکباران تهران در سال ۱۳۶۷، مدیریت دفاعی شهر تهران را متزلزل نمود که به دنبال آن مدیریت دفاعی کشور، متزلزل گردید. با این که تهران در طول دفاع مقدس آسیب پذیری و با به عبارت بهتر، بی دفاع بودن خود را نشان داد، اما هنوز هم به سیاق قبل به سیر رشد انحطاط گونه خود ادامه می دهد (اباذرلو، ۱۳۹۲: ۵).

۲- اهمیت و ضرورت تحقیق

آمایش تهران بزرگ با توجه به اهمیت شهر تهران به عنوان مرکز فرماندهی و کنترل اکثر سامانه های دفاعی، امنیتی، سیاسی و اقتصادی کشور و با توجه به سطح تهدیدات خارجی و داخلی جمهوری اسلامی ایران در دنیا به عنوان هسته اصلی مقاومت اسلامی در جهان، به کارگیری الزامات پدافند غیرعامل در این پهنه از کشور با وسعت و عمق کافی، کاملاً ضروری است. الزامات آمایش با رویکرد پدافند غیرعامل تنها ضامن نجات این پهنه متراکم از پتانسیل های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، سیاسی، نظامی و غیره می باشد که باید برای آن برنامه ریزی صورت گیرد که اهمیت تحقیق را کاملاً عیان می سازد. وجود کاربری های مهمی نظیر وزارتخانه ها، سفارتخانه ها، مؤسسات آموزش عالی، مراکز

۵- پیشینه تحقیق

اباذرلو و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله ای با عنوان " ارزیابی آسیب پذیری شهرها در برابر موشکباران (مطالعه موردی: شهر سبزوار) " با استفاده از روش *AHWP* شاخص های دسترسی، تراکم، کاربری و... میزان آسیب پذیری شهر سبزوار در شرایط جنگ را مشخص نمود و نتایج تحقیق نشان می دهد که جنوب شهر که دارای محدوده هایی با تراکم ساختمانی بالا و فاصله زیاد تا مراکز امداد و فاصله کم از کاربری های دارای الویت تهاجم می باشد، از امتیاز آسیب پذیری بیشتری برخوردار است به گونه ای که ۵۸٫۹ درصد شهر سبزوار از آسیب پذیری زیادی در برابر موشکباران برخوردار است (اباذرلو، ۱۳۹۴: ۵۹).

اسکندری و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله " تحلیل خسارت شریان های حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی بر اثر حملات هدفمند " در سال ۱۳۹۳ بعد معرفی شریان های آب و برق با استفاده از دو مدل تئوری گراف و مدل لئوتیتف ۲۴۰ سناریو برای ارزیابی آسیب پذیری و ریسک این شریان ها احصاء شده که در بین سناریوهای تک متغیره سناریو انفجار در تصفیه خانه و در بین سناریوهای ترکیبی انفجار دو تصفیه خانه و که پست برق بیشترین احتمال وقوع را دارد (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۹).

اباذرلو (۱۳۹۲) در پایان نامه کارشناسی ارشد به مدل سازی آسیب پذیری شهر با رویکرد دفاع غیرعامل که منطقه ۶ شهر تهران به عنوان نمونه موردی بوده پرداخته است در این تحقیق با بهره گیری از معیارهایی چون تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، درجه محصوریت، دسترسی به مراکز درمانی و پناهگاه ها و غیره با استفاده از روش فازی ممدانی به این نتیجه رسیده که هر چه میزان تراکم ها بالا باشد و درجه محصوریت بیشتر باشد و وضعیت دسترسی ها مناسب نباشد بر میزان آسیب پذیری افزوده می شود (اباذرلو، ۱۳۹۲: ۲۱).

عزیزی و برنافر (۱۳۹۱) در مقاله " ارزیابی آسیب پذیری شهری ناشی از حملات هوایی: ناحیه یک از منطقه ۱۱ شهر تهران " حملات هوایی به شهر را به عنوان یک استراتژی مرسوم در جنگ های اخیر شناخته و تدوین راهکارهایی جهت کاهش آسیب پذیری با استفاده از اصول پدافند غیرعامل را توصیه می کنند. در این تحقیق ۹۲٫۴ درصد بلوک های محدوده مورد مطالعه با استفاده از *AHP* آسیب پذیری متوسط به بالا دارند (عزیزی و برنافر، ۱۳۹۱: ۱۲۷).

عبدالحمید مهدی نژاد نوری و علی اکبر ستاره (۱۳۹۰) مقاله ای با عنوان مدل سازی آسیب پذیری محیط های شهری در برابر تهدیدات با استفاده از *AHP* و *GIS* (مطالعه موردی منطقه ۶ تهران) با رویکرد پدافند غیرعامل، با استفاده از روش دلفی فهرستی از عناصر آسیب پذیر تهیه و با روش تحلیل سلسله مراتبی ارزش گذاری نموده و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه پهنه بندی آسیب پذیری تهیه نموده اند (مهدی نژاد نوری و ستاره، ۱۳۹۰: ۶۸).

اسماعیل شیعه و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله ای تحت عنوان بررسی آسیب پذیری شهر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس و *GIS* - مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران با استفاده از شاخص هایی چون شتاب پیشینه منطقه، تراکم ساختمانی و جمعیتی، کاربری زمین و غیره آسیب پذیری منطقه شش در مقابل زلزله را مشخص کرده است. نتایج مقاله نشان می دهد که محدوده هایی که دارای تراکم های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین، فاصله زیاد تا مراکز امدادی نسبت به سایر قطعه ها و درجه محصوریت بیشتری بوده اند، امتیاز آسیب پذیری بالایی آورده اند. همچنین با حرکت از سمت شمال منطقه به طرف جنوب، به میزان آسیب پذیری بافت افزوده می شود. (شیعه و همکاران، ۲۰۱۰: ۳).

میلازو و ماچیو (۲۰۱۳) و در مطالعه ای تحت عنوان " ارزیابی ریسک حملات تروریستی به تأسیسات شیمیایی و سیستم های حمل و نقل در مناطق شهری " در ایتالیا انجام شده است، که بیشتر سیستم های حمل و نقل مواد خطرناک را مد نظر دارد (Millazzo and Maschio, 2013: 37).

راشد و ویکس (۲۰۱۱) برای مشخص کردن میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله شاخص هایی مانند حداقل عملکرد پل ها، خدمات فوریت پزشکی، بیمارستان ها، بزرگراه ها، حداکثر هزینه بازسازی ساختمان ها و غیره و با روش *AHP* و نرم افزار *GIS* مدل سازی کرده است. (Rashed and Weeks, 2011: 547).

مینامی و دیگران (۲۰۰۸) داده هایی مانند نام و شماره ساختمان و جنس و تعداد طبقات آن، حیاط ساختمان و جنس و ارتفاع آن و فاصله ساختمان ها تا خیابان و همچنین اطلاعات معابر مانند نام، طول و عرض خیابان و نیز عرض پیاده رو در شهر کوبه ژاپن را جمع آوری کرده در محیط *GIS* تجزیه و تحلیل کرده اند (Minami et al, 2008).

۶- مبانی نظری تحقیق

آسیب‌پذیری شهرها به شکل، فرم، ساختار و شبکه ارتباطی و عوامل مرتبط با آن مانند شکل قطعات، پراکندگی کاربری‌ها و شکل هندسی راه‌ها مربوط است. و در صورت وقوع تهدیدات آسیب‌ها شامل کالبد قطعات و کاربری‌ها و جریان رفت و آمد در شبکه ارتباطی را شامل می‌شود. با مطالعه کاربری‌ها می‌توان ناسازگاری کاربری‌ها و اهمیت کاربری‌ها و با مطالعه شبکه ارتباطی می‌توان قسمت‌های آسیب‌پذیر در زمان تخلیه را مشخص نمود. (Miriam & Shulman, ۱۸:۲۰۰۸)

در جنگ‌های اخیر، بخش زیادی از تهدیدات متوجه شهر و تأسیسات و تجهیزات موجود در آن بوده است. بر اساس دکترین نظامی آمریکا و اغلب کشورهای دنیا توجه ویژه‌ای به بحث جنگ در نواحی شهری گردیده و نیروها به این منظور تربیت می‌شوند. نواحی و مناطق شهری مراکز قدرت تلقی شده و به‌خصوص در آموزش‌های ارتش آمریکا، نواحی شهری از عمده‌ترین و معمول‌ترین مناطق درگیری در جنگ‌های آینده‌ی آن‌ها پیش‌بینی می‌شود. پیشروی‌های اخیر در پاناما، سومالی، کوزوو و بوسنی همانند حضور در افغانستان، نمونه‌های بارزی از وجود و چگونگی درگیری‌ها در مناطق شهری هستند (Stephen, 2007).

همواره از نقطه‌نظر فرماندهان جنگی، شهرها مراکز ثقل و منابع قدرت ملی قلمداد شده و می‌شوند. شهرها مناطقی هستند که به‌عنوان مراکز جمعیتی، قطب‌های حمل‌ونقل و ارتباطات، نقاط کلیدی توسعه، صنعت، اقتصاد و سامانه‌های اطلاعاتی، محل استقرار مراکز دولتی و مخازن ثروت نقش ایفا می‌کنند (موحدی نیا، ۱۳۸۶: ۶۰).

چنانچه در جنگ ظالمانه عربستان علیه سوریه و گروه تکفیری داعش علیه سوریه و جنگ لیبی شهرها و تأسیسات درون آن‌ها مورد تهاجم قرار گرفته‌اند.

گذشته از این‌که شهرها از نظر فیزیکی هدف‌های ثابت و بزرگی هستند که حتی از فاصله دور به آسانی می‌توان آن‌ها را هدف قرارداد، عوامل دیگری نیز به‌عنوان انگیزه در انتخاب شهرها به‌عنوان هدف نظامی نقش دارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند

از (بوالحسنی، ۱۳۸۴: ۵۱):

(الف) شهرها محل تجمع نیروی انسانی بوده و بیشتر مراکز تصمیم‌گیری سیاسی، اداری و نظامی در شهرها مستقر هستند.

(ب) شهرها با برخورداری از امکانات و خدمات رفاهی و

معیشتی، نقش پشتیبانی بسیار مؤثری در هدایت و اداره جنگ‌ها دارند.

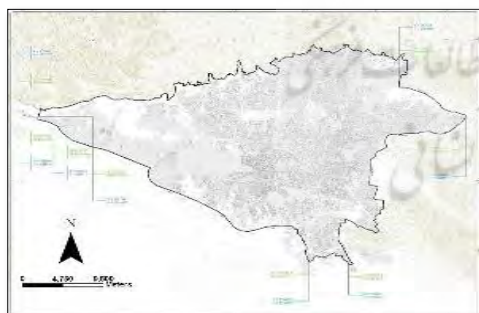
(ج) بخش قابل توجهی از سرمایه‌های مادی و فرهنگی کشورها در شهرها قرار دارند. تخریب و یا دستیابی به این سرمایه‌ها، انگیزه‌های مادی را در نیروی مهاجم تقویت می‌کند.

(د) شهرها به‌دلیل برخورداری از بدنه دفاعی، همیشه به‌عنوان الگوی پایداری و یا تسلط بر منطقه تفسیر می‌شوند. به‌همین دلیل تسلط بر شهرها، شاخصی برای توجیه جایگاه نظامی و اقتدار عملیاتی به‌شمار می‌رود.

(ه) شهرها به‌عنوان حلقه‌ی ارتباطی و کانون انسجام منطقه‌ای و پس‌کرانه‌های روستایی خود هستند، بدین ترتیب شهرها اغلب هدف اصلی تهدیدات و درگیری نظامی بوده و پیوسته باید فشارهای ناشی از جنگ را تحمل نمایند.

۷- موقعیت منطقه

در این تحقیق به‌منظور تدقیق بررسی‌ها، شهر تهران به‌عنوان نمونه موردی انتخاب گردیده است. شهر تهران، پایتخت و بزرگ‌ترین شهر ایران است که با اختلاف بسیار بالا، قطب اقتصاد، جمعیت، فرهنگ و نیز منشأ بزرگ‌ترین فعالیت‌های اجتماعی، مذهبی، سیاسی و ملی است. این شهر با وسعت حدود ۷۳۰ کیلومتر مربع، جمعیت ثابتی حدود ۸/۸ میلیون و جمعیت شناوری بین ۹ تا ۱۱ میلیون نفر را در خود جای داده است.



شکل ۱- موقعیت شهر تهران به‌عنوان نمونه موردی

۸- وضعیت موجود

شهر تهران در ۵۱ درجه و ۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است؛ و ارتفاع آن بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است (مهندسين مشاور توسعه بوم، طرح جامع تهران، ۱۳۸۶:۷۸). تهران بزرگ‌ترین شهر و پایتخت کشور ایران با جمعیت ۷،۷۰۵،۰۳۶ نفر و مساحت ۷۳۰ کیلومترمربع است که به همراه توابع خود (استان تهران)، جمعیتی برابر ۱۳،۲۷۳،۰۰۹ نفر و مساحتی برابر ۱۸،۸۱۴ کیلومترمربع دارد.

شهر تهران در حاشیه شمالی واحد زمین ساختی ایران مرکزی و در مرز پایکوه‌های جنوبی واحد مورفوتکتونیک البرز مرکزی واقع شده است. قرار گرفتن این شهر در مرز این دو واحد ساختمانی موجب شده که از هر دو به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیر پذیرد.

چشم‌گیرترین موضوع در تهران با توجه به جهت ناهم‌آوری جهت شمالی و جنوبی ناهم‌آوری‌ها می‌باشد. از سمت جنوب به شمال، ارتفاع زمین افزایش می‌یابد به طوری که اختلاف ارتفاع بین قسمت‌های پست حدود ۹۰۰ متر و قسمت‌های مرتفع تا ۱۸۰۰ متر دیده می‌شود.

شیب تهران نیز از شمال به جنوب در دامنه کوهستان شمیرانات ۱۰ درصد تا ۱۵ درصد از تجریش تا تپه‌های عباس‌آباد با شیب متوسط ۳ درصد تا ۵ درصد از عباس‌آباد تا خیابان انقلاب درصد و از مرکز شهر تهران تا کناره ۱ درصد است.

مشخصه اصلی زمین‌شناسی تهران قرار گرفتن آن بین توده عظیم رشته‌کوه البرز (متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی) و فلات ایران (متعلق به دوران چهارم زمین‌شناسی) است. مهم‌ترین نمود این مسئله وجود گسل‌های فعالی چون گسل مشاء، گسل شمال تهران و گسل ری است که موجب شده همواره زمین‌لرزه‌های خفیف و نامحسوسی در محل این گسل‌ها به وقوع بپیوندد (جایکا، ۱۳۸۰:۱۰۶).

وضعیت تردد در شبکه بزرگراهی، حاکی از تقاضای سفر بالا، در جهت شرقی - غربی است که در شمال خیابان انقلاب، به‌وسیله امتداد بزرگراه‌های بابایی، صدر، چمران، نیایش، همت و امتداد رسالت انجام می‌گیرد. از میان بزرگراه‌های شمالی -

جنوبی که در شمال خیابان انقلاب شکل گرفته‌اند، بزرگراه‌های امام علی (ع) و صیاد شیرازی، مدرس، چمران، یادگار امام و اشرفی اصفهانی عناصر اصلی پیونددهنده مناطق شمالی با مرکز شهر است. بزرگراه‌های شهید باقری، کردستان و شیخ فضل... اتصال منطق شمالی و جنوبی بزرگراه همت را برقرار می‌کنند.

استفاده از اراضی در محدوده شهر تهران به تفکیک کاربری‌های عمده، نشانگر فزونی کاربری زمین برای سکونت نسبت به سایر کاربری‌ها و قلت کاربری‌های خدماتی و فضای سبز در مقایسه با نیازهای شهری است. پس از کاربری مسکونی گستره وسیعی از شهر تحت کاربری شبکه معابر و دسترسی است

در شهر تهران تمرکز مراکز نظامی در شرق و پایگاه‌های نیروی انتظامی در سطح شهر می‌باشد. از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود، پادگان‌های نیروی زمینی ارتش در شمال شرق تهران (لويزان و اقدسیه)، پادگان‌ها و مراکز لجستیکی نیروی هوایی در جنوب شرق تهران (پیروزی و تهران‌نو)، پادگان‌ها و لشکرهای لجستیکی سپاه در جنوب شرق تهران (افسریه). از آنجاکه شرق تهران، تراکم جمعیتی بالاست و پادگان‌ها، هدف نیروهای متخاصم است، وجودشان در کنار این حجم ساختمان‌ها ریسک بالایی دارد. (سپاهی: ۱۳۸۸:۴۸)

در شهر تهران جمعاً ۱۵۰۰ تأسیسات خطرناک وجود دارد که بر اساس طبقه‌بندی آن‌ها در گروه خطرناک قرار می‌گیرند. که رعایت حریم مناسب از این تأسیسات در ساخت‌وسازها الزامی بوده و همچنین بین این تأسیسات نیز بایستی فاصله مطمئنه باشد تا در صورت خسارت دیدن یکی، دیگری آسیب نبیند و هم‌افزایی خطر به حداقل ممکن کاهش یابد که در این بین پمپ‌بنزین‌ها و پمپ‌گازها نیز می‌تواند در این دسته‌بندی قرار گیرد (جایکا، ۱۳۸۰:۱۲۲).

۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۹-۱- محاسبه تهدید اصلی شهر تهران

آگاهی از تهدیدات اصلی، پایه‌ی ملاحظات دفاع غیرعامل در آسیب‌شناسی و طراحی محیط‌های شهری است. هر چیز که در مقابل امنیت انسان قرار گرفته و امنیت و ثبات انسان را در خطر می‌اندازد به عنوان «تهدید» مطرح می‌گردد (جلالی،

بودند مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج در جدول شماره (۱) مشاهده می گردد.

طبقه بندی تهدیدات انسان ساخت متوجه تهران بزرگ با استفاده از روش AHP (تحلیل سلسله مراتبی) انجام گردید که در آن معیارهای احتمال وقوع تهدید، میزان اثرگذاری تهدید و سطح تهدید در ارتباط با تهدیدات غربال شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲۳:۱۳۹۱). آنچه موضوع پدافند غیرعامل می باشد، "مخاطرات انسان ساخت عمدی" مانند: تروریسم، خرابکاری، آتش زنی عمدی و ... می باشد.

تهدیدات محتمل شهر تهران بر اساس معیار تکرار در منابع، غربالگری اولیه گردید و پس از آن تهدیدات برآمده از غربالگری اولیه در قالب پرسش نامه ی مورد قضاوت جامعه نمونه که ۵۰ نفر از خبرگان حوزه شهرسازی و پدافند غیرعامل

جدول ۱- امتیاز نهایی تهدیدات بر اساس روش AHP

تهدیدات انسان ساخت	اثرگذاری تهدید (شدت خسارت) (۰,۵۱۲)	احتمال وقوع تهدید (۰,۲۵۱)	سطح تهدید (گسترده) اثرات تهدید (۰,۲۳۶)	امتیاز نهایی
تروریستی - بمب گذاری	۰,۶۲۷	۰,۰۹۴	۰,۲۸۰	۰,۰۳۹
تروریستی - نشر مواد سمی	۰,۳۳۲	۰,۳۶۶	۰,۳۰۲	۰,۰۲۰
تروریستی - حریق عمدی	۰,۵۴۷	۰,۱۰۹	۰,۳۴۵	۰,۰۲۰
تروریستی - حمله مسلحانه	۰,۶۵۱	۰,۱۲۷	۰,۲۲۳	۰,۰۲۹
خرابکاری - فیزیکی	۰,۳۵۹	۰,۱۲۴	۰,۵۱۷	۰,۰۹۰
خرابکاری - سایبری	۰,۲۳۲	۰,۱۸۴	۰,۵۸۴	۰,۰۵۵
امنیتی - آشوب و ناآرامی	۰,۶۳۷	۰,۱۰۵	۰,۲۵۸	۰,۱۳۷
تهاجم - زمینی	۰,۲۶۸	۰,۱۱۷	۰,۶۱۴	۰,۲۰۲
تهاجم - هوایی	۰,۵۳۷	۰,۳۶۴	۰,۰۹۹	۰,۴۰۸

با توجه به محاسبات انجام شده، تهدید تهاجم هوایی با ۰,۴۰۸ نسبت به سایر تهدیدات احتمال وقوع بالاتری دارد و به عنوان تهدید مینا برای محاسبات آسیب پذیری در نظر گرفته خواهد شد.

است. مدل IHWP ترکیبی از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که برای اولین دکتر کیومرث حبیبی در پایان نامه دکتری خود در دانشگاه تهران استفاده نموده است.

۹-۲- محاسبه آسیب پذیری شهر تهران در مقابل تهاجم هوایی

۹-۲-۱- مرحله اول: ارائه شاخص های انتخاب شده برای مشخص کردن پهنه های آسیب پذیر در برابر تهاجم هوایی
به منظور بررسی میزان آسیب پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر تهاجم هوایی، شانزده شاخص انتخاب شده است که عبارتند از:

تخمین قابلیت آسیب پذیری توسط ابهامات و عدم قطعیت ها احاطه شده چرا که محاسبه میزان آسیب پذیری در گذشته با استفاده از مدل بولین به معیارهای آسیب پذیری اجازه عضویت به صورت یک طیف پیوسته را نمی دهد. به همین از مدل Inversion Hierarchical Weight Process که به اختصار IHWP نامیده می شود، (حبیبی، ۱۳۸۵) استفاده شده

^۱Analytic Hierarchy Process

۱- عرض راه‌ها: اهمیت این شاخص در هنگام گریز،

پناه‌گیری، تخلیه و امداد رسانی مطرح می‌شود. زیرا حجم بیشتری از بازماندگان و مجروحان توسط گروه‌های امدادگری می‌توانند منتقل شوند. هرچه عرض معابر بیشتر باشد، امکان ایجاد ترافیک عبوری نیز کمتر خواهد شد (حییبی و همکاران، ۱۳۸۷:۲۹).

۲- تراکم جمعیتی: شاخصی که مشخص‌کننده بار

جمعیتی بر معابر می‌باشد و در نتیجه با بیشتر شدن تراکم جمعیتی، سرعت پناه‌گیری و خدمات‌رسانی و امداد پایین می‌آید و بالعکس. همچنین تعداد جمعیت در قطعات مختلف که با افزایش آن احتمال جان باختن افراد بیشتری وجود دارد.

۳- دسترسی به مراکز درمانی: دسترسی به مراکز

درمانی که از طریق شبکه‌های ارتباطی انجام می‌شود، موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد و نجات و خدمات‌رسانی می‌شود. به این ترتیب با دور شدن از مراکز درمانی احتمال آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود.

۴- میانگین مساحت قطعات: در قطعات ریزدانه

احتمال آسیب‌پذیری به علت خرد شدن فضای باز و کاسته شدن فضای مفید و امن برای گریز و پناه گرفتن در جنگ‌ها بیشتر به نظر می‌رسد؛ اما به‌طور کلی هر چه اندازه قطعات بزرگ‌تر باشد، اولاً تلفات انسانی کاهش می‌یابد و ثانیاً عملیات امداد رسانی و اسکان موقت با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد (فرزام شاد و عراقی زاده، ۱۳۹۱:۱۰۲).

۵- دسترسی به شبکه بزرگراهی: شبکه بزرگراه‌ها

برقراری ارتباط سریع بین مناطق عمده یک شهر را فراهم می‌سازد. تعدد مسیرهای دسترسی شهر، وجود چندین دسترسی شریانی اصلی مانند آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها در مناطق ورودی و خروجی شهرها بر کاهش میزان آسیب‌پذیری تأثیر به‌سزایی خواهد داشت (عشق‌آبادی، ۱۳۹۰:۴۶).

۶- فاصله از پل‌ها: پل‌ها، چه آنهایی که در مبادی

شهر هستند و چه آنهایی که به‌صورت زیرگذر یا روگذر بر روی خیابان‌ها یا رودخانه‌ها سوارند، از اهمیت بسزایی برخوردارند و از بین بردن آن‌ها یعنی بستن هرگونه قدرت مانور یا عملکرد انتقالی نظامی. گاهی قطع یا وصل یک راه از خود هدف، اهمیت بیشتری دارد. پل‌ها از آسیب‌پذیرترین و حساس‌ترین قسمت‌های شبکه‌های ارتباطی می‌باشند (اباذرلو، ۱۳۹۲:۱۷۸).

۷- دسترسی به فضاهای باز و سبز: فضاهای سبز و

باز شهری می‌تواند به‌عنوان فضاهایی امن جهت گریز، پناه‌گیری، امداد رسانی، اسکان موقت و جمع‌آوری کمک‌ها در زمان بحران باشد. با طراحی هوشمندانه این فضاها نه تنها می‌توان تا حدود زیادی از آسیب‌پذیری محیط بحرانی و در زمان اولیه حمله دشمن به‌واسطه اصابت ترکش و یا قطعات پرتاب‌شده، برخوردار بود و یا فروریختن آوار بر روی افرادی که در این محیط‌ها حضور دارند جلوگیری نمود بلکه می‌توان با ایجاد فضاهایی زیبا و متباین به غنای فضاها نیز افزود به‌نحوی که این فضاها در مواقع عادی نیز به بهترین شکل ممکن از کارایی برخوردار باشند (فرزام شاد، مصطفی و عراقی زاده، مجتبی، ۱۳۹۱:۱۴۹).

۸- فاصله از محدوده‌های نظامی: این ساختمان‌ها در

مقیاس شهر و فراتر شامل پادگان‌ها، سربازخانه‌ها، قرارگاه‌ها، پایگاه‌ها، میادین تیر، آمادگاه‌ها، فرودگاه‌های غیرنظامی و مراکز ستادی نیروهای مسلح و نیز کلانتری‌ها و حوزه‌های انتظامی هستند (حسینی، ۱۳۸۹، ۹۵). پادگان‌ها و مناطق نظامی به‌دلیل تجمع نیروهای مؤثر نظامی و تجهیزات جنگی از اصلی‌ترین هدف‌های حمله به شهرها هستند (فرزام شاد، مصطفی و عراقی زاده، مجتبی، ۱۳۹۱:۱۴۹).

۹- دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی: نزدیکی

به ایستگاه‌های آتش‌نشانی به دلیل امکانات خدمات‌رسانی سریع‌تر این کاربری در موقع حوادث غیرمترقبه و مواقع بحرانی و حساس مانند آتش‌سوزی، جنگ، زمین‌لرزه و نظایر این‌ها امتیازی مهم جهت کاهش آسیب‌پذیری به‌حساب می‌آید.

۱۰- دسترسی به مراکز درمانی: دسترسی به مراکز

درمانی که از طریق شبکه‌های ارتباطی انجام می‌شود، موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد و نجات و خدمات‌رسانی می‌شود. به این ترتیب با دور شدن از مراکز درمانی احتمال آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود.

۱۱- دسترسی به مراکز مدیریت بحران: مراکز

مدیریت بحران از جمله مراکز هستند که در زمان بحران و همچنین قبل بروز بحران می‌توانند نقش مؤثری در کاهش آسیب‌پذیری داشته باشند. اسکان موقت خانواده‌ها به‌ویژه در بحران‌ها کوچک، استراحتگاه امداد گران، مکان ذخیره‌سازی اجناس اهدایی مردم و محل نگهداری سگ‌های زنده یاب از

کارکردهای دیگر این پایگاهها در شرایط بحرانی است (سازمان پیشگیری و مدیریت بحران تهران، ۱۳۸۵: ۷).

۱۲- دسترسی به خطوط مترو: از نظر شهرسازی معابر

و شبکه‌های ارتباطی از جمله متروی درون شهری از مهم‌ترین اجزای شهری محسوب می‌شوند زیرا باعث ارتباط فضاها و کاربری‌های شهری به یکدیگر می‌شوند. دسترسی به مترو باعث کاهش آسیب پذیری منطقه در زمان بروز مخاطره جنگ می‌شود و امداد رسانی و کمک‌های مردمی به سرعت در اختیار نیازمندان به کمک قرار گیرد و همچنین از متروها در مواقع جنگ می‌توان به عنوان پناهگاه نیز بهره جست و حتی در زمان جنگ جهانی دوم انگلستان از ایستگاه‌های مترو به عنوان اتاق جنگ و تشکیل جلسات مهم نیز استفاده می‌نمود (غضنفری، ۱۳۹۲: ۸۴).

۱۳- فاصله از گسل‌ها: اهمیت این پارامتر از آن جهت

است که حرکت زمین در اطراف گسل‌ها در بسیاری موارد با زمین لرزه همراه است؛ بنابراین گسل از جمله عوامل تأثیرگذار در تناسب مکان‌های مورد نظر برای احداث مراکز حیاتی و حساس می‌باشند.

۱۴- فاصله از مراکز توزیع سوخت: پمپ‌بنزین‌ها و

مراکز سوخت‌رسانی از کاربری‌های خطرناک محسوب می‌شوند که در صورت بروز حمله، احتمال انفجار آن‌ها وجود دارد. در صورت انفجار پمپ‌بنزین مساحتی به شعاع ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر در خطر ناشی از این انفجار خواهد بود؛ بنابراین مراکز حیاتی، حساس و مهم باید خارج از شعاع یادشده مستقر شوند. محوطه پمپ‌بنزین باید به عنوان یک سیستم جداگانه در نظر گرفته شود و کابل تأمین‌کننده برق آن نباید توأمأ دارای فاز و نول باشد (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی تهران، ۱۳۷۹).

۱۵- فاصله از تأسیسات خطرناک: منظور از

تأسیسات خطرناک تأسیساتی هستند که قابل اشتعال، قابل انفجار، قابل نشر و سمی باشند. با توجه به نوع فعالیت صنایع،

میزان خطرناک بودن آن‌ها و شعاع تأثیرگذاری آن‌ها در شرایط بحرانی، لازم است حریمی برای این‌گونه صنایع در نظر گرفت.

۹-۲-۲- مرحله دوم: ارائه راهبرد تحلیل سلسله

مراتبی معکوس (IHWP)

۹-۲-۲-۱- تعیین اهمیت و رتبه داده‌ها

پس از شناسایی لایه‌های مورد بررسی براساس میزان اهمیت هر عامل در آسیب‌پذیری یک مکان بر اثر تهاجم هوایی، شاخص‌های انتخاب شده براساس نظرات کارشناسی رتبه‌بندی می‌شوند. سپس معکوس رتبه هر لایه به عنوان وزن آن لایه در مدل IHWP در نظر گرفته می‌شود. در مدل دلفی با توجه به نظرات کارشناسی افراد متخصص، ۱۶ شاخص ذکر شده در کلاس‌های مختلف با درجات مختلف اهمیت آن رتبه بندی می‌شوند. بر این اساس با اهمیت‌ترین شاخص از نظر اهمیت آسیب‌پذیری در مقابل تهاجم هوایی عدد ۱۶ و کم اهمیت‌ترین شاخص عدد ۰ را به خود اختصاص می‌دهد.

۹-۲-۲-۲- تعیین مبانی نظری و فروض وزن دهی

در این مرحله برای ۱۶ شاخص تحقیق فرضیه‌هایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در شاخص فاصله از اماکن نظامی هر چه فاصله از این مراکز بیشتر باشد درجه آسیب‌پذیری بخاطر جذاب بودن این مراکز از دید دشمن، کمتر خواهد بود و یا دسترسی به مراکز درمانی نقش مهمی در کاهش پی‌آمدهای منفی حوادث طبیعی و مصنوعی دارند. از عمده‌ترین عملکردهای آن در هنگام بروز تهاجم، کم شدن تعداد قربانیان به خاطر دسترسی به مراکز امدادی می‌باشد. از این رو دسترسی و دوری و نزدیکی به مراکز درمانی در هنگام بحرانهای شهری، درجه آسیب‌پذیری آن را کم یا زیاد می‌نماید.

جدول شماره ۲- شاخص‌های طبقه بندی شده جهت تعیین آسیب پذیری شهر تهران در برابر تهاجم هوایی

شاخص	رتبه	معکوس رتبه	فروض وزن دهی
فاصله از محدوده های نظامی	۱	۱۶	هرچه فاصله بیشتر= آسیب پذیری کمتر
فاصله از تأسیسات خطرناک	۲	۱۵	هرچه فاصله بیشتر= آسیب پذیری کمتر
فاصله از کاربری صنعتی	۳	۱۴	هرچه فاصله بیشتر= آسیب پذیری کمتر
فاصله از غسل	۴	۱۳	هرچه فاصله بیشتر= آسیب پذیری کمتر
عرض راه	۵	۱۲	هرچه عرض راه بیشتر= آسیب پذیری کمتر
تراکم جمعیتی	۶	۱۰	هرچه تراکم کمتر= آسیب پذیری کمتر
فاصله از مراکز سوخت رسانی	۷	۱۱	هرچه فاصله بیشتر= آسیب پذیری کمتر
دسترسی به راه های شریانی درجه یک	۸	۹	هرچه دسترسی بیشتر= آسیب پذیری کمتر
دسترسی به مترو	۹	۸	هرچه دسترسی بیشتر= آسیب پذیری کمتر
فاصله از پل	۱۰	۷	هرچه فاصله بیشتر= آسیب پذیری کمتر
دسترسی به مراکز آتش نشانی	۱۱	۶	هرچه دسترسی بیشتر= آسیب پذیری کمتر
دسترسی به مراکز مدیریت بحران	۱۲	۵	هرچه دسترسی بیشتر= آسیب پذیری کمتر
دسترسی به مراکز درمانی	۱۳	۴	هرچه دسترسی بیشتر= آسیب پذیری کمتر
دسترسی به فضاهای باز و سبز	۱۴	۳	هرچه دسترسی بیشتر= آسیب پذیری کمتر
میانگین مساحت قطعات	۱۵	۲	هرچه میانگین مساحت بیشتر= آسیب پذیری کمتر
فاصله از بافت فرسوده	۱۶	۱	هرچه فاصله بیشتر= آسیب پذیری کمتر

در جدول شماره (۳) جداول شاخص‌های انتخاب شده همراه با طبقه بندی هر شاخص و امتیاز آن‌ها آورده شده است. اعداد داخل پرانتز شاخص‌ها امتیاز به دست آمده از مدل دلفی (D) و اعداد داخل پرانتز طبقه بندی هر شاخص "رقم اختصاص داده شده برای طبقه بندیهای مختلف هر شاخص" (i) می باشد. در نهایت امتیاز مربوط به هر طبقه از شاخصها محاسبه شده است.

۹-۲-۳- محاسبه امتیاز لایه‌های انتخاب شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)

$$(1) X = \frac{D}{N}$$

X= امتیاز اولیه هر شاخص

D= امتیاز به دست آمده از مدل دلفی

N= تعداد کلاسهای هر شاخص

$$j = D - (N - i)X \quad (2)$$

امتیاز به دست آمده برای طبقه بندیهای مختلف هر شاخص

رقم اختصاص داده شده برای طبقه بندیهای مختلف i= هر شاخص

جدول ۳- شاخص های شانزدهگانه، طبقه بندی آن ها و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش IHWP

شاخص	طبقه بندی	امتیاز	شاخص	طبقه بندی	امتیاز	شاخص	طبقه بندی	امتیاز	
خطرات (۱۵)	فاصله از تأسیسات	کمتر از ۳۰۰ (۵)	۱۵,۰۰	کمتر از ۵۰ متر (۵)	۷,۰۰	عرض راه (۱۲)	کمتر از ۳۰ متر (۱)	۲,۴۰	
		بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ (۴)	۱۲,۰۰	بین ۵۰ تا ۱۰۰ (۴)	۵,۶۰			بین ۳۰ تا ۴۰ (۲)	۴,۸۰
		بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ (۳)	۹,۰۰	بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ (۳)	۴,۲۰			بین ۴۰ تا ۵۳ (۳)	۷,۲۰
		بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ (۲)	۶,۰۰	بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ (۲)	۲,۸۰			بین ۵۳ تا ۷۲ (۴)	۹,۶۰
		بالای ۱۰۰۰ (۱)	۳,۰۰	بالای ۳۰۰ متر (۱)	۱,۴۰			بالای ۷۲ متر (۵)	۱۲,۰۰
سوخت (۱۱)	فاصله از مراکز	کمتر از ۵۰ (۴)	۱۱,۰۰	کمتر از ۲۰۰ متر (۱)	۱,۲۰	فاصله از گسل (۱۳)	کمتر از ۲۰۰ متر (۵)	۱۳,۰۰	
		بین ۵۰ تا ۱۰۰ (۳)	۸,۲۵	بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ (۲)	۲,۴۰			بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ (۴)	۱۰,۴۰
		بین ۱۰۰ تا ۲۱۰ (۲)	۵,۵۰	بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ (۳)	۳,۶۰			بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ (۳)	۷,۸۰
		بالای ۲۱۰ (۱)	۲,۷۵	بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ (۴)	۴,۸۰			بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ (۲)	۵,۲۰
				بالای ۱۰۰۰ (۵)	۶,۰۰			بالای ۱۰۰۰ (۱)	۲,۶۰
درجه یک (۹)	دسترسی به راه های شریانی	کمتر از ۲۰ (۱)	۱,۸۰	کمتر از ۲۰۰ (۵)	۱۶,۰۰	تراکم جمعیت (۱۰)	کمتر از ۱۰۰ (۱)	۱,۴۳	
		۲۰ تا ۵۰ (۲)	۳,۶۰	۲۰۰ تا ۴۰۰ (۴)	۱۲,۸۰			۱۰۰ تا ۲۰۰ (۲)	۲,۸۶
		۵۰ تا ۱۰۰ (۳)	۵,۴۰	۴۰۰ تا ۶۰۰ (۳)	۹,۶۰			۲۰۰ تا ۳۰۰ (۳)	۴,۲۹
		۱۰۰ تا ۱۵۰ (۴)	۷,۲۰	۶۰۰ تا ۸۰۰ (۲)	۶,۴۰			۳۰۰ تا ۴۰۰ (۴)	۵,۷۱
		بالای ۱۵۰ (۵)	۹	بالای ۸۰۰ (۱)	۳,۲۰			۴۰۰ تا ۵۰۰ (۵)	۷,۱۴
بهران (۵)	دسترسی به مراکز مدیریت	کمتر از ۳۰۰ (۱)	۱,۰۰	کمتر از ۳۰۰ (۷)	۱۴,۰۰	فاصله از کاربری های صنعتی (۱۴)	کمتر از ۳۰۰ (۷)	۱۴,۰۰	
		بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ (۲)	۲,۰۰	بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ (۶)	۱۲,۰۰			بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ (۵)	۱۰,۰۰
		بین ۶۰۰ تا ۹۰۰ (۳)	۳,۰۰	بین ۶۰۰ تا ۹۰۰ (۵)	۱۰,۰۰			بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ (۴)	۸,۰۰
		بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ (۴)	۴,۰۰	بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ (۴)	۸,۰۰			بین ۷۰۰ تا ۹۰۰ (۳)	۶,۰۰
		بالای ۱۲۰۰ (۵)	۵,۰۰	بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ (۳)	۶,۰۰			بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ (۲)	۴,۰۰
میانگین مساحت قطعات (۲)	دسترسی به فضای سبز و باز	کمتر از ۴۰۰ (۱)	۰,۵۰	کمتر از ۲۰۰ متر (۴)	۱,۰۰	دسترسی به مترو (۸)	کمتر از ۲۰۰ متر (۱)	۱,۳۳	
		۴۰۰ تا ۷۰۰ (۲)	۱,۰۰	۲۰۰ تا ۳۰۰ (۳)	۰,۷۵			۲۰۰ تا ۴۰۰ (۲)	۲,۶۷
		۷۰۰ تا ۱۰۰۰ (۳)	۱,۵۰	کمتر از ۳۰۰ (۳)	۰,۵۰			۴۰۰ تا ۶۰۰ (۳)	۴,۰۰
		۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ (۴)	۲,۰۰	۵۰۰ تا ۷۰۰ (۲)	۰,۵۰			۶۰۰ تا ۸۰۰ (۴)	۵,۳۳
		بالای ۱۳۰۰ (۵)	۲,۵۰	بالای ۷۰۰ (۱)	۰,۲۵			۸۰۰ تا ۱۰۰۰ (۵)	۶,۶۷
		۳,۰۰				بالای ۱۰۰۰ (۶)	۸,۰۰		

۹-۳- تلفیق نقشه‌ها

با استفاده از ابزار Raster Calculator ستون‌های امتیازات مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده با یکدیگر جمع می‌شود. به این ترتیب مجموع ۱۶ ستون مربوط به ۱۶ لایه اطلاعاتی در مورد هر یک از قطعات امتیاز هر واحد ساختمانی را از نظر آسیب‌پذیری و یا پایداری نسبت به سایر واحدها مشخص می‌کند. لازم به ذکر است که عملیات جبری داده‌ها در یک مرحله صورت می‌گیرد.

۹-۳-۱- تهیه نقشه آسیب‌پذیری نهایی محدوده

مورد مطالعه

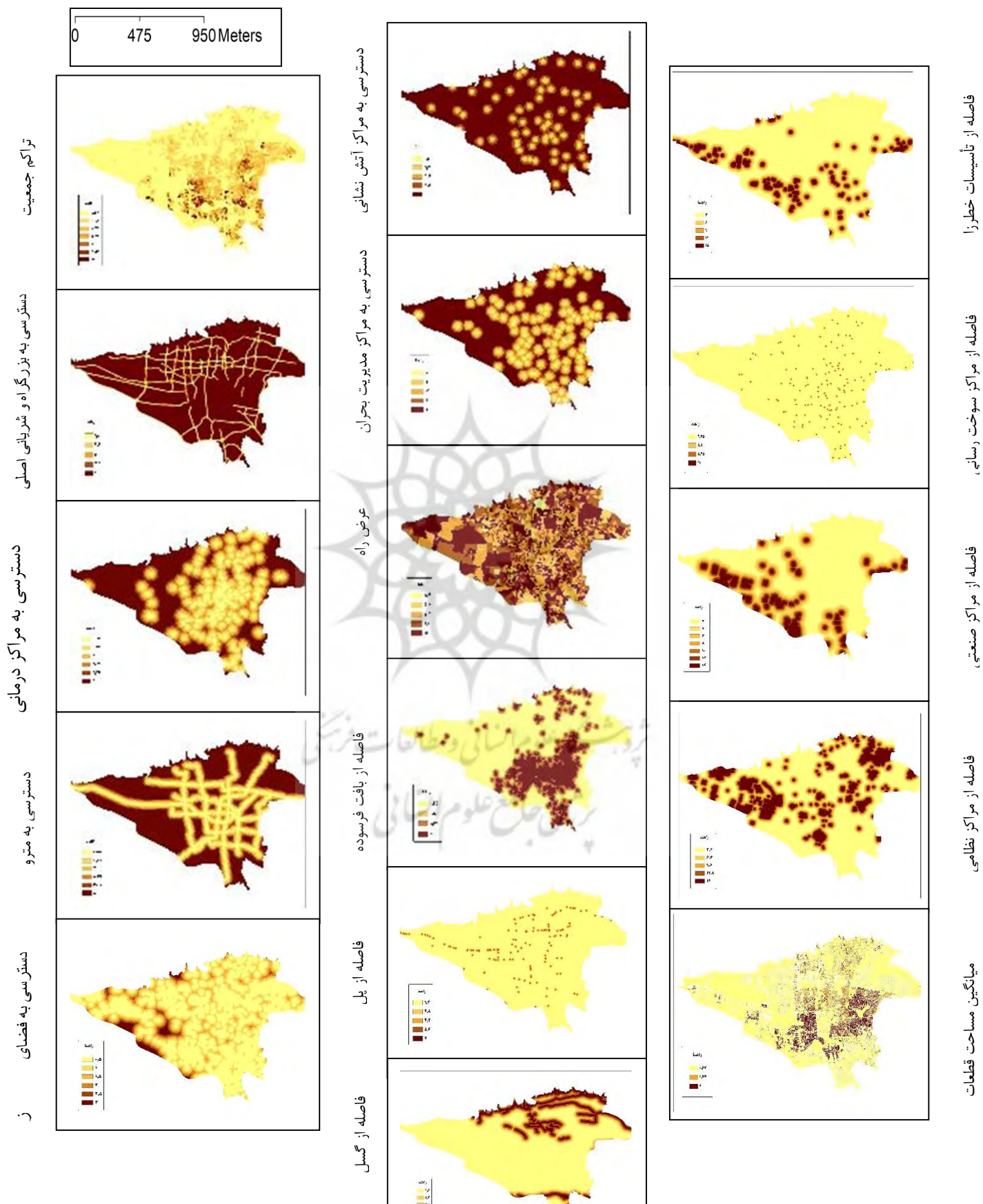
در این مرحله نقشه نهایی با کلاس‌بندی داده‌ها در ۵ طبقه متمایز شامل (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) از نظر آسیب‌پذیری در مقابل تهاجم هوایی فراهم می‌گردد. به عبارت دیگر امتیازهای مربوط به هر قطعه ساختمانی از ۱۶ شاخص و کلاس‌های طبقه‌بندی آن‌ها جمع و نقشه آسیب-پذیری محدوده در مقابل تهاجم هوایی تولید شده است.

نقشه آسیب‌پذیری منطقه در مقابل تهاجم هوایی به ۵ بخش "خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد" تقسیم شده که میزان آسیب‌پذیری در هر قطعه زمین محدوده نمایش داده شده است. کل پیکسل‌های نقشه رستری محدوده در محیط GIS ۲۶۳۷۱۷ پیکسل وزن‌دار شده بوده است.

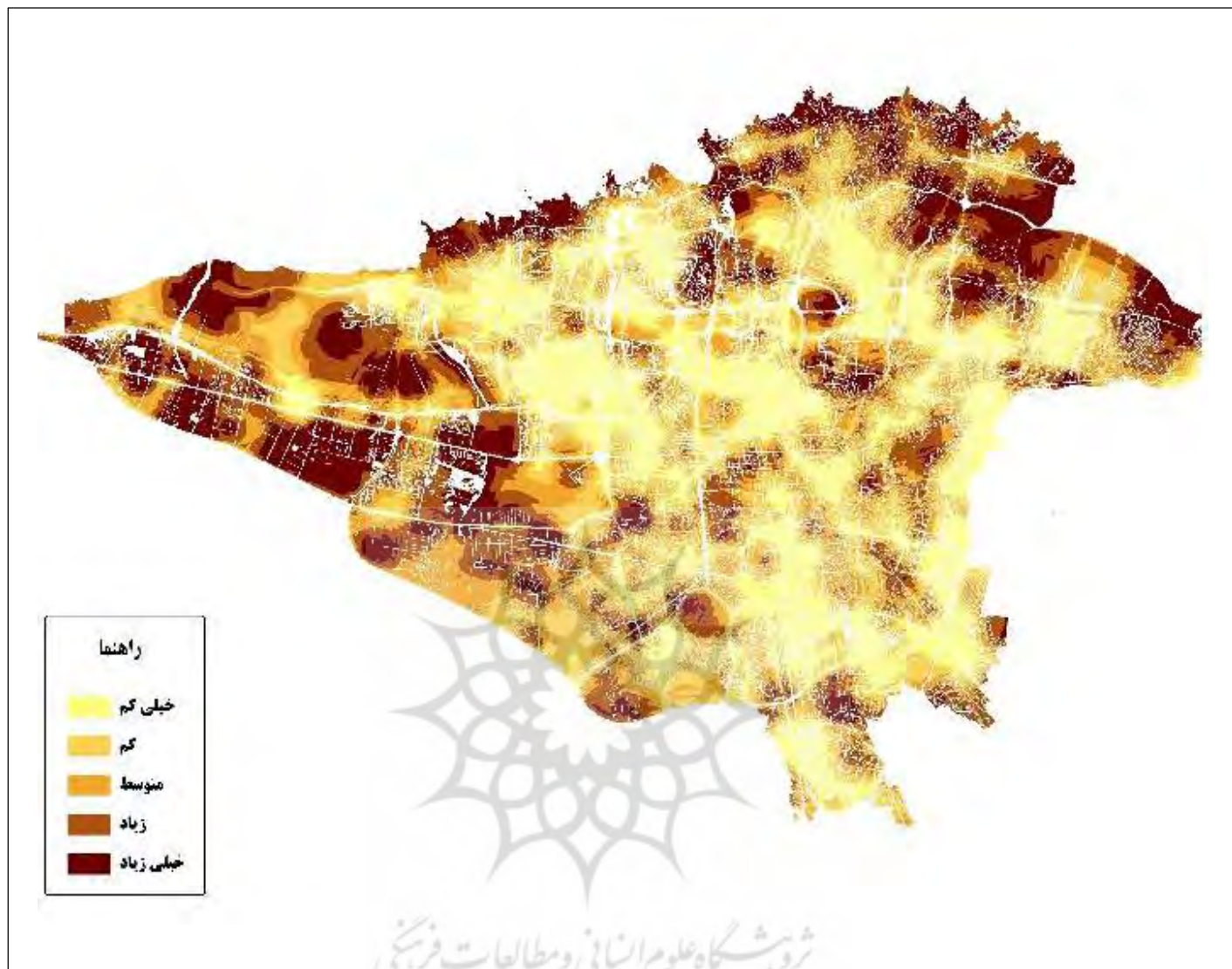
در نقشه رستری آسیب‌پذیری شهر تهران در مجموع ۲۶۳۷۱۷ قطعه زمین تفکیک شده شامل ساختمان‌ها و فضاهای خالی وجود داشته که از این تعداد ۷۸۶۵۶ قطعه معادل ۲۹،۸۳ درصد پیکسل‌ها امتیاز خیلی کم، ۶۴۷۱۷ پیکسل معادل ۲۴،۵۴ درصد امتیاز کم، ۵۴۶۰۲ پیکسل معادل ۲۰،۷۰ درصد امتیاز متوسط، ۴۲۰۸۶ پیکسل معادل ۱۵،۹۶ پیکسل امتیاز زیاد و ۲۳۶۶۰ پیکسل معادل ۸،۹۷ درصد امتیاز خیلی زیاد از نظر آسیب‌پذیری گرفته‌اند. جدول شماره (۴) میزان آسیب‌پذیری قطعات زمین در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۴- میزان آسیب‌پذیری قطعات و درصد آن در شهر تهران

درصد	تعداد پیکسل‌ها	آسیب‌پذیری
۲۹،۸۳	۷۸۶۵۶	خیلی کم
۲۴،۵۴	۶۴۷۱۳	کم
۲۰،۷۰	۵۴۶۰۲	متوسط
۱۵،۹۶	۴۲۰۸۶	زیاد
۸،۹۷	۲۳۶۶۰	خیلی زیاد
۱۰۰،۰۰	۲۶۳۷۱۷	جمع



شکل ۳- مراحل مدل سازی میزان آسیب پذیری شهر تهران در برابر تهاجم هوایی



شکل ۴- میزان آسیب‌پذیری تهران بزرگ در برابر تهاجم هوایی

همانطور که مشاهده می‌شود شمال غرب و شمال شرق از آسیب بیشتری برخوردار است. و از شمال به جنوب از آسیب کاسته می‌شود. بدیهی است که قطعه‌هایی که دارای تراکم‌های جمعیتی بالا، فاصله زیاد تا مراکز درمانی و خطوط مترو، عرض راه کمتر و ... بیشتری بوده‌اند، امتیاز آسیب‌پذیری بالایی داشته است.

۱۰- نتیجه‌گیری و راهکارهای پیشنهادی

برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری شهر تهران، شانزده شاخص فاصله از مراکز نظامی، مراکز صنعتی، گسل‌ها، مراکز سوخت رسانی و ... انتخاب شده و قطعه‌های ساختمانی آسیب‌پذیر در مقابل تهاجم هوایی مشخص شده است. نتیجه این کار،

نقشه آسیب‌پذیری شهر تهران در مقابل تهاجم هوایی است. که آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در شمال غرب و شمال شرق تهران نسبت به سایر نقاط آن بیشتر بوده است. به طور کلی از مطالعه حاضر نتایج زیر حاصل شده است:

با توجه به نقشه آسیب‌پذیری شهر تهران، محدوده‌هایی که خیابان‌های آن عرض کافی داشته و از نظر دسترسی به مراکز امدادی در وضعیت بهتری قرار داشته و فاصله و حرایم رعایت شده، از نظر آسیب‌پذیری در وضعیت بهتری قرار دارند. به عبارت دیگر این محدوده‌ها با توجه به تقسیم‌بندی نقشه آسیب‌پذیری به ۵ قسمت، رتبه "خیلی کم" و یا "کم" گرفته‌اند. این محدوده‌ها، مرکز و جنوب شرق محدوده بیشتر است.

به‌طور کلی ساختمان‌های موجود در مرکز، مرکز شمالی، مرکز جنوبی و جنوب شرق شهر نسبت به بقیه محدوده مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری کمتری هستند. با حرکت از سمت شمال به جنوب منطقه، از میزان آسیب‌پذیری کاسته می‌شود. علت این امر این است که مرکز شمال منطقه نسبت به جنوب آن داری معابر با عرض کافی، ساختمانهای مقاوم و با قدمت کم می‌باشد.

وجود کاربری‌های با مساحت زیاد، تراکم جمعیتی و ساختمانی کم و درجه محصوریت کمتر در بدنه بزرگراه‌ها باعث امتیاز پایین از نظر آسیب‌پذیری و نتیجه وضعیت بهتر آن‌ها شده است. این بزرگراه‌ها نقش حیاتی را به‌عنوان شریان حیاتی در مواقع بعد از وقوع تهدید بازی خواهند کرد و آسیب‌پذیری کمتر آن‌ها در این امر کمک زیادی در امر امداد رسانی بازی خواهند کرد.

۱۰-۱- راهکارها و پیشنهادات

۱. افزایش تراکم‌های جمعیتی و ساختمانی در بدنه معابر کم عرض جلوگیری شود
۲. انتقال کاربری درمانی به کناره‌های معابر اصلی
۳. بهتر کردن کیفیت ساختمان‌های مرمتی و نوسازی ساختمان‌های مخروبه به‌خصوص در بافت فرسوده منطقه ۱۸ شهر تهران
۴. افزایش مقاومت سازه‌های ساختمان‌ها به‌خصوص در منطقه ۱۲ شهر تهران

۵. طرح تجمیع قطعات و بیشتر کردن مساحت ساختمان‌های ساخته شده برای کاهش تراکم ساختمانی به‌خصوص در منطقه ۱۰ شهر تهران
۶. رعایت اصول همجواری بین کاربری‌ها به‌خصوص در منطقه ۲۱ شهر تهران الزامی می‌باشد.
۷. فضاها و کاربری‌های عمومی مانند پارکینگ‌ها، فضاهای باز و... در اطراف اماکن سکونتی باید با رعایت اصل چند عملکردی بودن فضا و بر اساس مساحت موجود با قابلیت تأمین فضاهای مورد نیاز جهت فراهم کردن اسکان موقت و ارائه امکانات امداد رسانی، طراحی و مکان‌یابی گردند.
۸. توسعه و نوسازی بافت‌های فرسوده موجود به‌خصوص مناطق ۱۴ و ۱۸
۹. نظارت بر افزایش تراکم جمعیتی به‌شکل مطلوب به‌خصوص در منطقه ۱۰ و ۱۴ شهر تهران.
۱۰. توسعه کاربری‌های درمانی و مراکز آتش‌نشانی به‌خصوص در منطقه ۱۲ شهر تهران
۱۱. حذف پل‌های حافظ، کریمخان و انقلاب - حافظ و استفاده از زیرگذر به جای آن‌ها
۱۲. در حریم ۳۰۵ متری کاربری‌های حیاتی از افزایش تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی جلوگیری شود. البته طراحی هوشمندانه این اقدام، شناسایی آسان و هدف قرار گرفتن آن‌را مشکل خواهد کرد.
۱۳. رعایت اصل پراکنده‌سازی و توجه به خدمات پیش‌بینی شده در تقسیمات کالبدی منطقه و شهر است.

۱۱- منابع

- آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (JICA) و مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ، (۱۳۸۰)، گزارش نهایی پروژه ریزپهنه بندی زلزله تهران بزرگ، شهرداری تهران
- اباذرلو، سجاد، (۱۳۹۲)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، "ارزیابی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد پدافند غیرعامل با منطق فازی"، استاد راهنما: کیومرث حبیبی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، تهران
- اباذرلو، سجاد، (۱۳۹۴)، ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر موشکباران (مطالعه موردی شهر سبزوار)، مجله علوم و فناوری پیشرفته دفاعی (محرمانه)، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
- اسکندری، محمد، امیدوار، بابک، توکلی ثانی، محمد صادق (۱۳۹۳)، تحلیل خسارت شریان‌های حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی بر اثر حملات هدفمند مطالعه موردی شبکه آب و برق در یک منطقه شهری، دوفصلنامه مدیریت بحران، ویژه‌نامه هفته پدافند غیرعامل، صص ۱۹-۳۰
- بوالحسنی، عبدالله، (۱۳۸۴)، نشریه شماره ۴ پدافند غیرعامل- معماری و طراحی شهری در ایران. تهران: معاونت پدافند غیرعامل قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص).
- جلالی فراهانی، غلامرضا (۱۳۹۱)، مقدمه‌ای بر روش و مدل برآورد تهدیدات در پدافند غیرعامل، مؤسسه چاپ و انتشارات جامع امام حسین(ع)، تهران.
- حبیبی، کیومرث (۱۳۸۵)، ارزیابی سیاست‌های توسعه کالبدی، بهسازی و نوسازی بافت‌های کهن شهری با استفاده از GIS، پایان‌نامه برای دریافت درجه دکتری در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران
- حبیبی، کیومرث و همکاران (۱۳۸۷). "تعیین عوامل ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC" هنرهای زیبا، شماره ۳۳، صص ۲۷-۳۶
- حسینی، سید علی. شهرکی، سعید زنگنه. حسینی، سید محمد. قنبری نسب، علی (۱۳۹۰)، بررسی عناصر آسیب‌پذیر و ملاحظات پدافند غیرعامل در حریم کلانشهر تهران، اولین همایش علمی-پژوهشی شهرسازی و معماری با رویکرد پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
- سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی تهران، (۱۳۷۹)
- سازمان پیشگیری و مدیریت بحران تهران (۱۳۸۵)
- سهامی، حبیب ا...، ۱۳۸۸؛ آمایش مکانیابی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
- شیعه، اسماعیل و حبیبی، کیومرث و ترابی، کمال، (۲۰۱۰)، بررسی آسیب‌پذیری شهر با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس و GIS- مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، تهران.

عزیزی، محمد مهدی، برنافر، مهدی (۱۳۹۱)، ارزیابی آسیب پذیری شهری ناشی از حملات هوایی: ناحیه یک از منطقه ۱۱ شهر تهران، مجله علوم و فناوری های پدافند غیرعامل، سال سوم، شماره ۲، دانشگاه جامع امام حسین، تهران.

عشق آبادی، فرشید (۱۳۹۰)، تحلیل نظام برنامه ریزی شهری از منظر پدافند غیرعامل، اولین همایش علمی - پژوهشی شهرسازی و معماری با رویکرد پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

غضنفری، مصطفی (۱۳۹۲)، آسیب شناسی ایستگاه های مترو در برابر تهدیدات انسان ساخت و ارایه راهکارهای کاهش آسیب پذیری (مطالعه موردی: ایستگاه ولیعصر)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

فرزاد شام، مصطفی، عراقی زاده مجتبی (۱۳۹۱)، مبانی برنامه ریزی و طراحی شهر امن از منظر پدافند غیرعامل، انتشارات علم آفرین

مهدی نژاد نوری، ستاره، علی اکبر (۱۳۹۰)، مدل سازی آسیب پذیری محیط های شهری در بابر 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 مالک اشتر، تهران

موحدی نیا، جعفر (۱۳۸۶)، اصول و مبانی پدافند غیر عامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

مؤمنی، مصطفی (۱۳۸۴)، جایگاه دفاع نظامی و غیرنظامی در آمایش سرزمین، همایش آمایش و دفاع نظامی، دانشگاه امام حسین، تهران

Millazzo, Maria Francesca, Maschio, Giuseppe (2013) Resilience of Cities to Terrorist and other Threats, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Risk Evaluation of Terrorist Attacks against Chemical Facilities and Transport Systems in Urban Areas, ISSN: 1874-6519, , Pages: 37-53

Minami, Masaaki et al. (2008) Street Network Planning For Disaster Prevention Against Street Blockade, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, October, 2008, Page 1750-1756

Miriam, Holly – Shulman, Lea (2008), Estimating Evaluation Vulnerability Of Urban Transportation Systems Using GIS, A thesis submitted to the Department of Geography In conformity with the requirements for the degree of Master of Arts, Queen's University Kingston, Ontario, Canada.

Rashed, K and Weeks, J. (2011) "Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas", International Journal of Geographic Information Science Vol. 17, no. 6: 547-576.

Stephen D. Wolthusen (2007). Analysis and Statistical Properties of Critical Infrastructure Interdependency Multiflow Models Nils K. Svendsen, United States Military Academy, West Point, NY 20-22