Archive of SID

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

# بررسی آسیب‌پذیری شهرها با رویکرد پدافند غیرعامل با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس(IHWP) و GIS-مطالعه موردی تهران بزرگ

غلامرضا زارعی[1*] سجاد اباذرلو[2]
۱- هیأت علمی؛ دانشجوی دکتری دانشگاه جامع امام حسین (ع)
۲- پژوهشگر ارشد؛ دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پژوهشکده مدیریت بحران

**واژگان کلیدی**
آسیب‌پذیری
تهاجم هوایی
پدافند غیرعامل
*IHWP*
*AHP*

**چکیده**

امروزه در شهرها به جهت این‌که سلسله‌مراتب شبکه های ارتباطی رعایت نشده، عرض راه¬ها کم و از مراکز خدماتی و درمانی دور بوده بنابراین آسیب‌پذیری شهرها بالا می‌باشد. از این¬رو دفاع غیرعامل به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های 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 پایان‌نامه حاضر توصیفی – تحلیلی و جهت تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری 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. دراین پژوهش با استفاده از ۱۶ شاخص¬، آسیب‌پذیری شهر، مدلسازی گردید که تهدید پایه شهر تهران، تهاجم هوایی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد 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 آسیب‌پذیری خیلی بالا برخوردار هستند.

## ۱- بیان مسئله

شهرها و کلان‌شهرها با توجه به حجم بالای سرمایه‌گذاری و استقرار بسیاری از تأسیسات و مراکز ثقل و از همه مهم‌تر جمعیت زیادی که در اطراف آن‌ها ساکن هستند، در صورت بروز تهدیدات انسان‌ساخت دچار صدمات مالی و جانی قابل توجهی می‌شوند. در کلان‌شهرها، صدمات جنگی شامل ترکیبی از ویرانه‌های کالبدی و اختلال در عملکرد عناصر شهری است. انهدام سازه‌ها و ساختمان‌ها، شبکه راه‌ها و دسترسی‌ها، تأسیسات اساسی مخازن آب، نیروگاه‌ها خطوط ارتباطی تلفن، برق، آب، گاز و ... از آن جمله هستند. در این میان، کلان‌شهرها به‌عنوان پرتراکم‌ترین نقاط سکونتگاهی، در معرض بیشترین خطرات و تهدیدات انسانی و طبیعی قرار دارند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰:۴۶).

در طول تاریخ، بشر همواره صحنه‌های 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 هیچ‌گونه مقررات بین‌المللی 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).

www.SID.ir

Archive of SID



دفاع غیرعامل به‌عنوان بستر توسعه پایدار و یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در برابر تهدیدات محسوب و عرصه‌های مختلف فضاهای شهری را شامل می‌شود. این نوع دفاع پنج هدف محوری شامل: افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقاء پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات نظامی را دنبال می‌نماید (غضنفری،۱۳۹۲:۳).

تهران، بزرگترین شهر ایران است که با اختلاف بسیار بالا، قطب اقتصاد ، جمعیت، فرهنگ و نیز منشاء بزرگترین فعالیت‌های اجتماعی، مذهبی، سیاسی وملی 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 می‌شود. تخصیص منابع در تهران داده می‌شود، همه شبکه‌های ارتباطی به تهران ختم می‌شود، همه نگاه‌ها در سطح کشور به تهران است که این نشان‌دهنده اهمیت تهران بزرگ به‌عنوان نمونه موردی است.

تجربیات دوران دفاع مقدس، از جمله موشکباران تهران در سال ۱۳۶۷، مدیریت دفاعی شهر تهران را متزلزل نمود که به‌دنبال آن مدیریت دفاعی کشور، متزلزل گردید. با این‌که تهران در طول دفاع مقدس آسیب‌پذیری و یا به‌عبارت بهتر، بی‌دفاع بودن خود را نشان داد، اما هنوز هم به سیاق قبل به سیر رشد انحطاط گونه خود ادامه می‌دهد (اباذرلو،۱۳۹۲:۵).

## ۲- اهمیت و ضرورت تحقیق

آمایش تهران بزرگ با توجه به اهمیت شهر تهران به‌عنوان مرکز فرماندهی و کنترل اکثر سامانه‌های دفاعی، امنیتی، سیاسی و اقتصادی کشور و با توجه به سطح تهدیدات خارجی و داخلی جمهوری اسلامی ایران در دنیا به‌عنوان هسته اصلی مقاومت اسلامی درجهان ، به کارگیری الزامات پدافندغیرعامل 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 درمانی و بیمارستان های عمومی، شرکت‌های بزرگ اقتصادی و غیره در تهران بزرگ نشان‌دهنده 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 به‌سمت خود جذب می‌کند. این موارد به‌نوبهٔ خود ضرورت توجه به مسایل پدافند غیرعامل را در محدوده تهران بزرگ نشان می‌دهد 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 بی‌شماری را به شهروندان و مسئولین تحمیل کند. مجموعه این عوامل دلیل انتخاب این منطقه به عنوان محدوده مطالعاتی می‌باشد.

تجربیات دوران دفاع مقدس، از جمله موشکباران تهران در سال ۱۳۶۷، مدیریت دفاعی شهر تهران را متزلزل نمود که به‌دنبال آن مدیریت دفاعی کشور با مشکل مواجه گردید. با این‌که تهران در طول دفاع مقدس آسیب‌پذیری و یا به‌عبارت بهتر، بی‌دفاع بودن خود را نشان داد، اما هنوز هم به سیاق قبل به سیر رشد انحطاط گونه خود ادامه می‌دهد (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 می‌شود؟

۲- میزان آسیب‌پذیری 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 می‌باشند، لذا در زمره پژوهش‌های تحلیلی ارزیابانه قرار می‌گیرد. جهت تهدیدشناسی و استخراج تهدیدات مرتبط با شهر، از روش *AHP* که به اختصار *Analytic Hierarchy Process* نامیده می شود، استفاده گردید. جهت تحلیل آسیب‌پذیری شهر نیز از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی *Inversion Hierarchical Weight Process* که به اختصار *IHWP* نامیده می شود، (حبیبی،۱۳۸۵) استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



## ۵- پیشینه تحقیق

اباذرلو و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله ای با عنوان " ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر موشکباران(مطالعه موردی: شهر سبزوار)" با استفاده از روش *IHWP*، شاخص‌های دسترسی، تراکم، کاربری و... میزان آسیب‌پذیری شهر سبزوار در شرایط جنگ را مشخص نمود و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که جنوب شهر که دارای محدوده‌هایی با تراکم ساختمانی بالا و فاصله زیاد تا مراکز امداد و فاصله کم از کاربری‌های دارای الویت تهاجم می‌باشد، از امتیاز آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار است به‌گونه‌ای که ۵۸,۹ درصد شهر سبزوار از آسیب‌پذیری زیادی در برابر موشکباران برخوردار است (اباذرلو،۱۳۹۴:۵۹).

اسکندری و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله " تحلیل خسارت شریان‌های 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 لئونتیف ۲۴۰ سناریو برای ارزیابی آسیب‌پذیری و ریسک این شریان‌ها احصاء شده که در بین سناریوهای تک متغیره سناریو انفجار در تصفیه‌خانه 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 پایان‌نامه کارشناسی ارشد به مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد دفاع غیرعامل که منطقه ۶ شهر تهران به‌عنوان نمونه موردی بوده پرداخته است در این تحقیق با بهره‌گیری از معیارهایی چون تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، درجه محصوریت، دسترسی به مراکز درمانی و پناهگاه‌ها و غیره با استفاده از روش فازی ممدانی به این نتیجه رسیده که هر چه میزان تراکم‌ها بالا باشد و درجه محصوریت بیشتر باشد و وضعیت دسترسی‌ها مناسب نباشد بر میزان آسیب‌پذیری افزوده می‌شود (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 به‌عنوان یک استرتژی مرسوم در جنگ‌های اخیر شناخته و تدوین راهکارهایی جهت کاهش آسیب‌پذیری با استفاده از اصول پدافند غیرعامل را توصیه می‌کنند. در این تحقیق ۹۲,۴ درصد بلوک‌های محدوده مورد مطالعه با استفاده از *AHP* آسیب‌پذیری نمتوسط به بالا دارند (عزیزی و برنافر،۱۳۹۱:۱۲۷).

عبدالحمید مهدی نژاد نوری و علی‌اکبر ستاره (۱۳۹۰) مقاله‌ای با عنوان مدل‌سازی آسیب‌پذیری محیط‌های 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 آسیب‌پذیر تهیه و با روش تحلیل سلسله مراتبی ارزش‌گذاری نموده و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری تهیه نموده‌اند (مهدی نژاد نوری و ستاره،۱۳۹۰:۶۸)

اسماعیل شیعه و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی آسیب‌پذیری شهر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس و GIS- مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران با استفاده از شاخص‌هایی چون شتاب بیشینه منطقه، تراکم ساختمانی و جمعیتی، کاربری زمین و غیره آسیب‌پذیری منطقه شش در مقابل زلزله را مشخص کرده است. نتایج مقاله نشان می‌دهد که محدوده‌هایی که دارای تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین، فاصله زیاد تا مراکز امدادی نسبت به سایر قطعه‌ها و درجه محصوریت بیشتری بوده‌اند، امتیاز آسیب‌پذیری بالایی آورده‌اند. همچنین با حرکت از سمت شمال منطقه به طرف جنوب، به میزان آسیب‌پذیری بافت افزوده می‌شود. (شیعه و همکاران،۲۰۱۰:۳).

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

راشد و ویکس (۲۰۱۱) برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله شاخص‌هایی مانند حداقل عملکرد پل‌ها، خدمات فوریت پزشکی، بیمارستان‌ها، بزرگراه‌ها، حداکثر هزینه بازسازی ساختمان‌ها و غیره و با روش *AHP* و نرم‌افزار *GIS* مدل‌سازی کرده است. (Rashed and Weeks,2011:547)

مینامی و دیگران (۲۰۰۸) داده‌هایی مانند نام و شماره ساختمان و جنس و تعداد طبقات آن، حیاط ساختمان و جنس و ارتفاع آن و فاصله ساختمان‌ها تا خیابان و همچنین اطلاعات معابر مانند نام، طول و عرض خیابان و نیز عرض پیاده‌رو در شهر کوبه ژاپن را جمع‌آوری کرده در محیط *GIS* تجزیه‌وتحلیل کرده‌اند (Minami et al,2008).



www.SID.ir

Archive of SID



## 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 می-توان ناسازگاری کاربری‌ها و اهمیت کاربری‌ها و با مطالعه شبکه ارتباطی می¬توان قسمت¬های آسیب¬پذیر در زمان تخلیه را مشخص نمود .( Miriam & Shulman, ۲۰۰۸:۱۸)

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 می¬شوند. 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، نمونه-های بارزی از وجود و چگونگی درگیرها در مناطق شهری هستند (Stephen,2007).

همواره ازنقطه‌نظر 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 ازنظر 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.

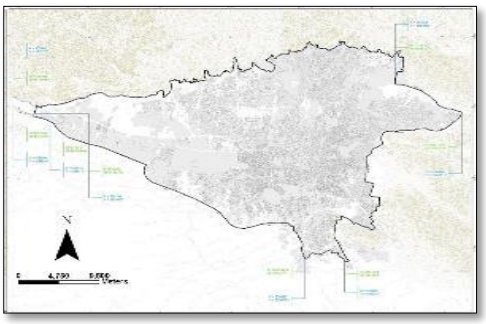
ج) بخش قابل‌توجهی از سرمایه‌های مادی و فرهنگی کشورها در شهرها قرار دارند. تخریب و یا دستیابی به این سرمایه‌ها، انگیزه‌های مادی را در نیروی مهاجم تقویت می‌کند.

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.

هـ) 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 فعالیت¬های اجتماعی، مذهبی، سیاسی و ملّی است. این شهر با وسعت حدود ۷۳۰ کیلومترمربع، 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**

www.SID.ir

Archive of SID



## 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 (مهندسین 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 مورفوتکتونیکی البرز مرکزی واقع‌شده 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 ناهمواری جهت شمالی و جنوبی ناهمواری‌ها می‌باشد. از سمت جنوب به شمال، ارتفاع زمین افزایش می‌یابد به‌طوری‌که 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 شکل‌گرفته‌اند، 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 فضل‌ا... 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 (لویزان 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). ازآنجاکه شرق تهران، تراکم جمعیتی بالاست و پادگان‌ها، هدف نیروهای متخاصم است، وجودشان در کنار این حجم ساختمان‌ها ریسک بالایی دارد. (سهامی: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 دراین بین پمپ‌بنزین‌ها و پمپ گازها 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،



www.SID.ir

Archive of SID



۲۳:۱۳۹۱). آنچه موضوع پدافند غیرعامل می‌باشد، "مخاطرات انسان‌ساخت عمدی" مانند: تروریسم، خرابکاری، آتش‌زنی عمدی و ... می‌باشد.

تهدیدات محتمل شهر تهران بر اساس معیار تکرار در منابع، غربالگری اولیه گردید و پس‌ازآن تهدیدات برآمده از غربالگری اولیه در قالب پرسش‌نامه‌ی مورد قضاوت جامعه نمونه که ۵۰ نفر از خبرگان حوزه شهرسازی و پدافند غیرعامل بودند مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج در جدول شماره (۱) مشاهده می گردد.

طبقه‌بندی تهدیدات انسان ساخت متوجه تهران بزرگ با استفاده از روش *AHP* (تحلیل سلسله‌مراتبی) 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.

**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 (گستردگی اثرات تهدید) (۰,۲۳۶) | امتیاز نهایی |
|---|---|---|---|---|
| تروریستی – بمب‌گذاری | 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 | ۰۲۶۸ | 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 به‌عنوان تهدید مبنا برای محاسبات آسیب‌پذیری در نظر گرفته خواهد شد.

## ۹-۲- محاسبه آسیب‌پذیری شهر تهران در مقابل تهاجم هوایی

تخمین قابلیت آسیب‌پذیری توسط ابهامات و عدم قطعیت‌ها احاطه شده چرا که محاسبه میزان آسیب‌پذیری در گذشته با استفاده از مدل بولین به معیارهای آسیب‌پذیری اجازه عضویت به صورت یک طیف پیوسته را نمی‌دهد. به همین از مدل *Inversion Hierarchical Weight Process* که به اختصار *IHWP* نامیده می‌شود، (حبیبی،۱۳۸۵) استفاده شده است. مدل *IHWP* ترکیبی از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*[1]) است که برای اولین دکتر کیومرث حبیبی در پایان‌نامه دکتری خود در دانشگاه تهران استفاده نموده است.

### ۹-۲-۱- مرحله اول: ارائه شاخص‌های انتخاب شده برای مشخص کردن پهنه‌های آسیب‌پذیر در برابر تهاجم هوایی

به‌منظور بررسی میزان آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر تهاجم هوایی، شانزده شاخص انتخاب شده است که عبارتند از:

[1] Analytic Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID



**۱-عرض راه‌ها:** اهمیت این شاخص در هنگام گریز، پناه‌گیری، تخلیه و امدادرسانی 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 (حبیبی و همکاران، ۲۹:۱۳۸۷).

**۲-تراکم جمعیتی:** شاخصی که مشخص‌کننده بار جمعیتی بر معابر می‌باشد و درنتیجه با بیشتر شدن تراکم جمعیتی، سرعت پناه‌گیری و خدمات‌رسانی وامداد 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. به‌این‌ترتیب 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 به‌طورکلی هر چه اندازه قطعات بزرگ‌تر باشد، اولاً تلفات انسانی کاهش می‌یابد و ثانیاً عملیات امدادرسانی و اسکان موقت با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد (فرزام شاد و عراقی زاده،۱۰۲:۱۳۹۱)

**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، ۴۶:۱۳۹۰).

**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،۱۷۸:۱۳۹۲).

**۷-دسترسی به فضاهای باز و سبز:** فضاهای سبز و باز شهری می‌تواند به‌عنوان فضاهایی امن جهت گریز، پناه گیری، امدادرسانی، اسکان موقت و جمع‌آوری کمک‌ها درزمان بحران باشد. با طراحی هوشمندانه این فضاها نه‌تنها می‌توان تا حدود زیادی از آسیب‌پذیری محیط بحرانی و در زمان اولیه حمله دشمن به‌واسطه اصابت ترکش و یا قطعات پرتاب‌شده، برخورد موج انفجار 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 به‌نحوی‌که این فضاها در مواقع عادی نیز به بهترین شکل ممکن از کارایی برخوردار باشند(فرزام شاد، مصطفی و عراقی زاده، مجتبی، ۱۴۹، ۱۳۹۱).

**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، ۱۴۹، ۱۳۹۱).

**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. به‌این‌ترتیب با دور شدن از مراکز درمانی احتمال آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود.

**۱۱-دسترسی به مراکز مدیریت بحران:** مراکز مدیریت بحران ازجمله مراکزی 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



www.SID.ir

Archive of SID



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

**۱۲-دسترسی به خطوط مترو:** ازنظر شهرسازی معابر و شبکه‌های ارتباطی ازجمله متروی درون‌شهری از مهم‌ترین اجزای شهری محسوب می‌شوند زیرا باعث ارتباط فضاها و کاربری‌های شهری به یکدیگر می‌شوند. دسترسی به مترو باعث کاهش آسیب‌پذیری منطقه در زمان بروز مخاطره جنگ می‌شود وامداد رسانی و کمک‌های مردمی به‌سرعت در اختیار نیازمندان به کمک قرار گیرد و همچنین از متروها در مواقع جنگ می‌توان به‌عنوان پناهگاه نیز بهره جست و حتی در زمان جنگ جهانی دوم انگلستان از ایستگاه‌های مترو به‌عنوان 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 زمین‌لرزه همراه است؛ بنابراین گسل ازجمله عوامل تأثیرگذار در تناسب مکان‌های موردنظر برای احداث مراکز حیاتی و حساس می‌باشند.

**۱۴-فاصله از مراکز توزیع سوخت:** پمپ‌بنزین‌ها و مراکز سوخت‌رسانی از کاربری¬های خطرناک محسوب می-شوند که در صورت بروز حمله، احتمال انفجار آن‌ها وجود دارد. در صورت انفجار پمپ‌بنزین مساحتی به شعاع ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر درخطر ناشی از این انفجار خواهد بود؛ بنابراین مراکز حیاتی، حساس و مهم باید خارج از شعاع یادشده مستقر شوند. محوطه پمپ‌بنزین باید به‌عنوان یک سیستم جداگانه در نظر گرفته شود و کابل تأمین‌کننده برق آن نباید توأماً 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 داده ها**

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 هرلایه به عنوان وزن آن لایه در مدل *IHWP* درنظر 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. به‌عنوان مثال در شاخص فاصله از اماکن نظامی هر چه فاصله از این مراکز بیشتر باشد درجه آسیب-پذیری 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 این‌رو دسترسی و دوری و نزدیکی به مراکز درمانی در هنگام بحرانهای شهری، درجه آسیب‌پذیری آن‌را کم یا زیاد می‌نماید.

www.SID.ir

Archive of SID



**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 گسل | 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 |

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

$$X = \frac{D}{N} \quad (۱)$$

X=امتیاز اولیه هرشاخص

D=امتیاز به‌دست آمده از مدل دلفی

N=تعداد کلاسهای هر شاخص

$$j = D - (N - i)X \quad (۲)$$

j= امتیاز به دست آمده برای طبقه بندیهای مختلف هرشاخص

i= رقم اختصاص داده شده برای طبقه بندیهای مختلف هرشاخص

درجدول شماره (۳) جداول شاخص‌های انتخاب شده همراه با طبقه‌بندی هر شاخص و امتیاز آن‌ها آورده شده است. اعداد داخل پرانتز شاخص‌ها امتیاز به‌دست آمده از مدل دلفی(D) و اعداد داخل پرانتز طبقه‌بندی هرشاخص"رقم اختصاص داده شده برای طبقه بندیهای مختلف هرشاخص" (i) می‌باشد. درنهایت امتیاز مربوط به هر طبقه از شاخصها محاسبه شده است.



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۳- شاخص‌های شانزدهگانه، طبقه بندی آن‌ها و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش IHWP**

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| فاصله از تأسیسات خطرناک(۱۵) | کمتر از ۳۰۰(۵) | ۱۵,۰۰ |
| | بین ۳۰۰ تا ۵۰۰(۴) | ۱۲,۰۰ |
| | بین ۵۰۰ تا ۷۰۰(۳) | ۹,۰۰ |
| | بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰(۲) | ۶,۰۰ |
| | بالای ۱۰۰۰ (۱) | ۳,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| فاصله از پل(۷) | کمتر از ۵۰متر(۵) | ۷,۰۰ |
| | بین ۵۰ تا ۱۰۰(۴) | ۵,۶۰ |
| | بین ۱۰۰ تا ۲۰۰(۳) | ۴,۲۰ |
| | بین ۲۰۰ تا ۳۰۰(۲) | ۲,۸۰ |
| | بالای ۳۰۰ متر(۱) | ۱,۴۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| عرض راه (۱۲) | کمتر از ۳۰متر(۱) | ۲,۴۰ |
| | بین ۳۰ تا ۴۰(۲) | ۴,۸۰ |
| | بین ۴۰ تا ۵۳(۳) | ۷,۲۰ |
| | بین ۵۳ تا ۷۲(۴) | ۹,۶۰ |
| | بالای ۷۲ متر(۵) | ۱۲,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی ارتفاع | امتیاز |
|---|---|---|
| فاصله از مراکز سوخت رسانی(۱۱) | کمتر از ۵۰(۴) | ۱۱,۰۰ |
| | بین ۵۰ تا ۱۰۰(۳) | ۸,۲۵ |
| | بین ۱۰۰ تا ۲۱۰(۲) | ۵,۵۰ |
| | بالای ۲۱۰ (۱) | ۲,۷۵ |

| شاخص | طبقه بندی ارتفاع | امتیاز |
|---|---|---|
| دسترسی به مراکز آتش نشانی(۶) | کمتر از ۲۰۰ متر(۱) | ۱,۲۰ |
| | بین ۲۰۰ تا ۴۰۰(۲) | ۲,۴۰ |
| | بین ۴۰۰ تا ۶۰۰(۳) | ۳,۶۰ |
| | بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰(۴) | ۴,۸۰ |
| | بالای ۱۰۰۰ (۵) | ۶,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی ارتفاع | امتیاز |
|---|---|---|
| فاصله از گسل(۱۳) | کمتر از ۲۰۰ متر(۵) | ۱۳,۰۰ |
| | بین ۲۰۰ تا ۵۰۰(۴) | ۱۰,۴۰ |
| | بین ۵۰۰ تا ۷۰۰(۳) | ۷,۸۰ |
| | بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰(۲) | ۵,۲۰ |
| | بالای ۱۰۰۰ (۱) | ۲,۶۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| دسترسی به راه های شریانی درجه یک(۹) | کمتر از ۲۰(۱) | ۱,۸۰ |
| | ۲۰ تا ۵۰(۲) | ۳,۶۰ |
| | ۵۰ تا ۱۰۰(۳) | ۵,۴۰ |
| | ۱۰۰ تا ۱۵۰(۴) | ۷,۲۰ |
| | بالای ۱۵۰(۵) | ۹ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| فاصله از محدوده های نظامی(۱۶) | کمتر از ۲۰۰(۵) | ۱۶,۰۰ |
| | ۲۰۰ تا ۴۰۰(۴) | ۱۲,۸۰ |
| | ۴۰۰ تا ۶۰۰(۳) | ۹,۶۰ |
| | ۶۰۰ تا ۸۰۰(۲) | ۶,۴۰ |
| | بالای ۸۰۰(۱) | ۳,۲۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| تراکم جمعیت(۱۰) | کمتر از ۱۰۰(۱) | ۱,۴۳ |
| | ۱۰۰ تا ۲۰۰(۲) | ۲,۸۶ |
| | ۲۰۰ تا ۳۰۰(۳) | ۴,۲۹ |
| | ۳۰۰ تا ۴۰۰(۴) | ۵,۷۱ |
| | ۴۰۰ تا ۵۰۰(۵) | ۷,۱۴ |
| | ۵۰۰ تا ۶۰۰(۶) | ۸,۵۷ |
| | بالای ۶۰۰(۷) | ۱۰,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| دسترسی به مراکز مدیریت بحران(۵) | کمتر از ۳۰۰(۱) | ۱,۰۰ |
| | بین ۳۰۰ تا ۶۰۰(۲) | ۲,۰۰ |
| | بین ۶۰۰ تا ۹۰۰(۳) | ۳,۰۰ |
| | بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰(۴) | ۴,۰۰ |
| | بالای۱۲۰۰(۵) | ۵,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| دسترسی به مراکز درمانی(۴) | کمتر از ۳۰۰(۷) | ۱۴,۰۰ |
| | بین ۳۰۰ تا ۶۰۰(۶) | ۱۲,۰۰ |
| | بین ۶۰۰ تا ۹۰۰(۵) | ۱۰,۰۰ |
| | بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰(۴) | ۸,۰۰ |
| | بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰(۳) | ۶,۰۰ |
| | بالای۱۵۰۰(۲) | ۴,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| فاصله از کاربری های صنعتی(۱۴) | کمتر از ۳۰۰(۷) | ۱۴,۰۰ |
| | بین ۳۰۰ تا ۵۰۰(۶) | ۱۲,۰۰ |
| | بین ۵۰۰ تا ۷۰۰(۵) | ۱۰,۰۰ |
| | بین ۷۰۰ تا ۹۰۰(۴) | ۸,۰۰ |
| | بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰(۳) | ۶,۰۰ |
| | بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰(۲) | ۴,۰۰ |
| | بالای ۱۵۰۰(۱) | ۲,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| بافت فرسوده(۱) | کمتر از ۲۰۰ متر(۴) | ۱,۰۰ |
| | ۲۰۰ تا ۵۰۰(۳) | ۰,۷۵ |
| | ۵۰۰ تا ۷۰۰(۲) | ۰,۵۰ |
| | بالای ۷۰۰(۱) | ۰,۲۵ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| دسترسی به متروه(۸) | کمتر از ۲۰۰ متر(۱) | ۱,۳۳ |
| | ۲۰۰ تا ۴۰۰(۲) | ۲,۶۷ |
| | ۴۰۰ تا ۶۰۰(۳) | ۴,۰۰ |
| | ۶۰۰ تا ۸۰۰(۴) | ۵,۳۳ |
| | ۸۰۰ تا ۱۰۰۰(۵) | ۶,۶۷ |
| | بالای ۱۰۰۰(۶) | ۸,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| دسترسی به فضای سبز و باز(۳) | کمتر از ۴۰۰ (۱) | ۰,۵۰ |
| | ۴۰۰ تا ۷۰۰(۲) | ۱,۰۰ |
| | ۷۰۰ تا ۱۰۰۰(۳) | ۱,۵ |
| | ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰(۴) | ۲,۰۰ |
| | ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰(۵) | ۲,۵۰ |
| | بالای ۱۵۰۰(۶) | ۳,۰۰ |

| شاخص | طبقه بندی | امتیاز |
|---|---|---|
| میانگین مساحت قطعات(۲) | کمتر از ۲۰۰ متر(۳) | ۲,۰۰ |
| | ۲۰۰ تا ۵۰۰(۲) | ۱,۳۳ |
| | بالای ۵۰۰(۱) | ۰,۶۷ |

www.SID.ir

Archive of SID



### 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 درهر قطعه زمین محدوده نمایش داده شده است. کل پیکسل های نقشه رستری محدوده در محیط GIS ۲۶۳۷۱۷ پیکسل وزن‌دار شده بوده است.

در نقشه رستری آسیب پذیری 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 ۲۴,۵۴درصد امتیازکم،۵۴۶۰۲ پیکسل معادل ۲۰,۷۰ درصد امتیاز متوسط، ۴۲۰۸۶ پیکسل معادل ۱۵,۹۶ پیکسل امتیاز زیاد و ۲۳۶۶۰ پیکسل معادل ۸,۹۷ درصدامتیاز خیلی زیاد از نظر آسیب‌پذیری گرفته‌اند. جدول شماره (۴) میزان آسیب‌پذیری قطعات زمین در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

**جدول۴- میزان آسیب‌پذیری قطعات و درصد آن در شهر تهران**

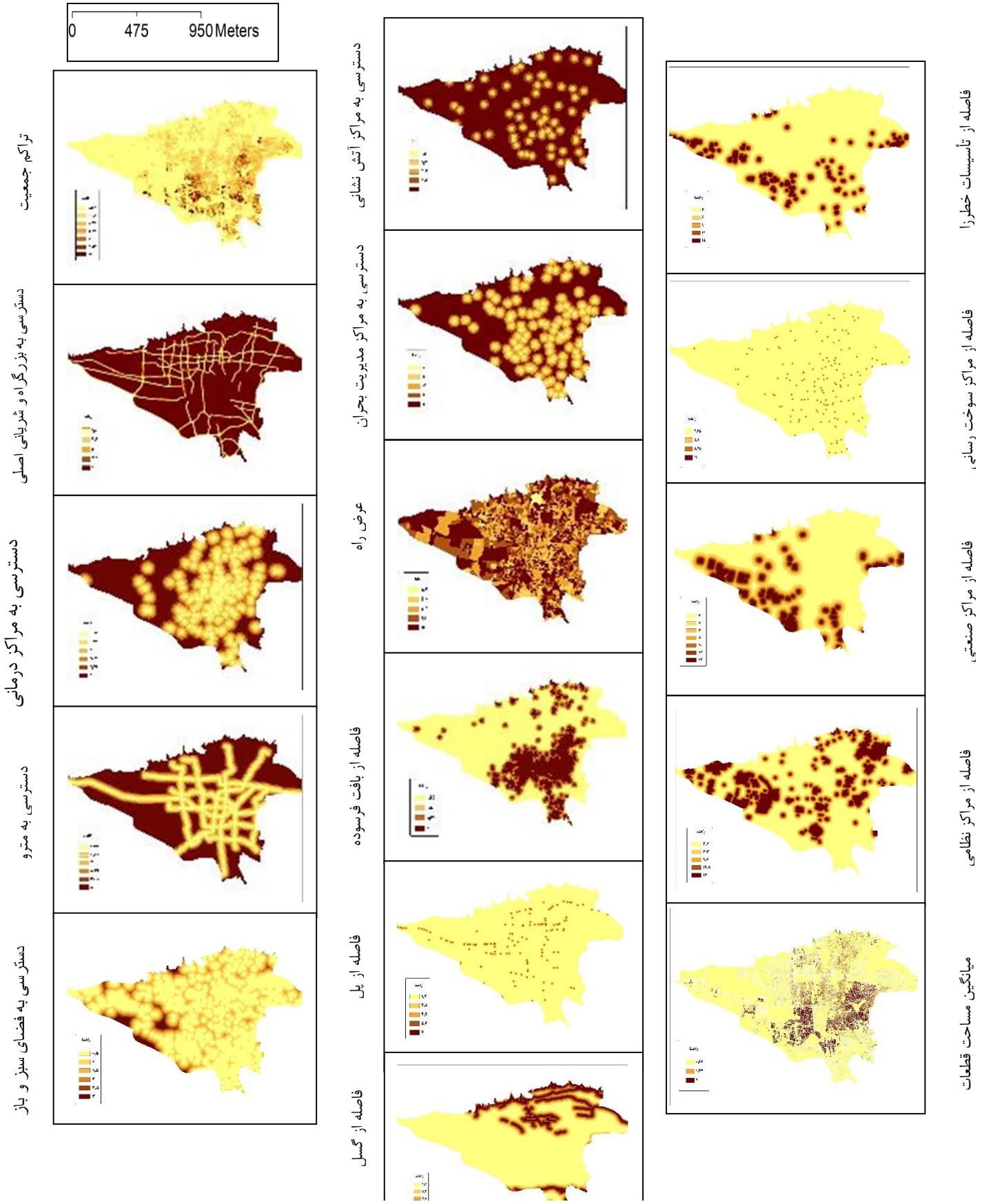
| درصد | تعداد پیکسل ها | آسیب‌پذیری |
|---|---|---|
| ۲۹.۸۳ | ۷۸۶۵۶ | خیلی کم |
| ۲۴.۵۴ | ۶۴۷۱۳ | کم |
| ۲۰.۷۰ | ۵۴۶۰۲ | متوسط |
| ۱۵.۹۶ | ۴۲۰۸۶ | زیاد |
| ۸.۹۷ | ۲۳۶۶۰ | خیلی زیاد |
| ۱۰۰.۰۰ | ۲۶۳۷۱۷ | جمع |



www.SID.ir

Archive of SID



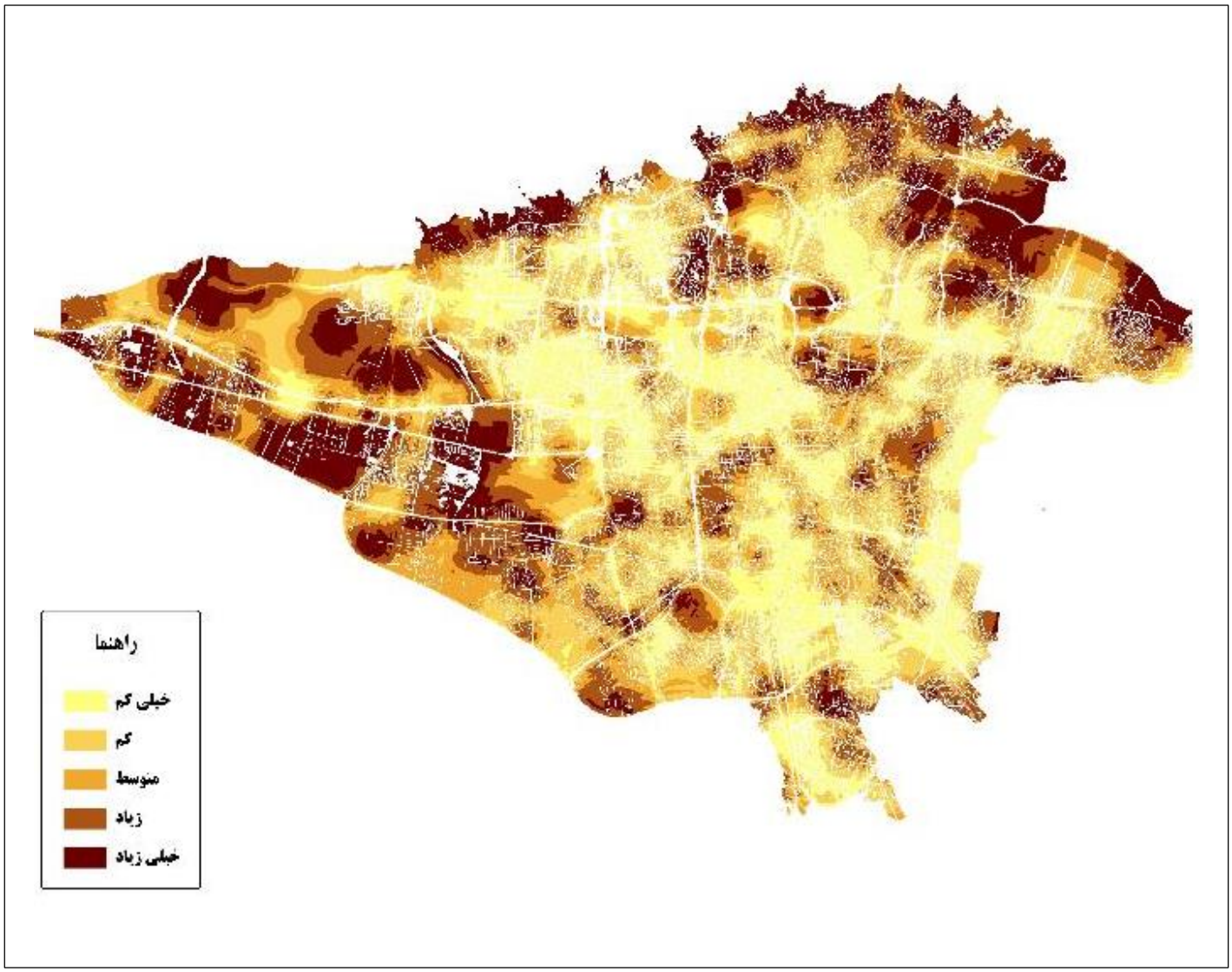



شکل ۳- مراحل مدل‌سازی میزان آسیب‌پذیری شهر تهران دربرابر تهاجم هوایی

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۴- میزان آسیب‌پذیری تهران بزرگ در برابر تهاجم هوایی**

نقشه آسیب‌پذیری شهر تهران در مقابل تهاجم هوایی است. که آسیب پذیری 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. به‌عبارت دیگر این محدوده‌ها با توجه به تقسیم‌بندی نقشه آسیب‌پذیری به ۵ قسمت، رتبه "خیلی کم" و یا "کم" گرفته‌اند. این محدوده-ها، مرکز و جنوب شرق محدوده بیشتر است.

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 آسیب-پذیردر مقابل تهاجم هوایی مشخص شده است. نتیجه این کار،



www.SID.ir

Archive of SID



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 بخصوص 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 موردنیاز جهت فراهم کردن اسکان موقت و ارائه امکانات امدادرسانی، 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 پیش بینی شده در تقسیمات کالبدی منطقه و شهر است.

به‌طورکلی 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 امدادرسانی بازی خواهند کرد.

### ۱۰-۱-راهکارها و پیشنهادات

۱. ازافزایش 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 سازه‌ای ساختمان‌ها به‌خصوص در منطقه ۱۲ شهر تهران

www.SID.ir

Archive of SID



## ۱۱- منابع


آژانس همکاری‌های بین المللی 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 شریان های حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی بر اثر حملات هدفمند مطالعه موردی شبکه آب و برق در یک منطقه شهری، دوفصلنامه مدیریت بحران، ویژه نامه هفته پدافند غیرعامل، صص ۱۹-۳۰

بوالحسنی، عبدالله، (۱۳۸۴)، نشریه شماره ۴ پدافند غیر عامل- معماری و طراحی شهری در ایران. تهران:معاونت پدافند غیرعامل قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص).

جلالی فراهانی، غلامرضا (۱۳۹۱)، مقدمه ای 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، پایان نامه برای دریافت درجه دکتری در رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تهران

حبیبی، کیومرث وهمکاران(۱۳۸۷). "تعیین عوامل ساختمانی موثر در آسیب پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC" هنرهای زیبا، شماره ۳۳،ص ۲۷-۳۶

حسینی، سید علی. شهرکی، سعید زنگنه. حسینی، سید محمد. قنبری نسب، علی (۱۳۹۰)، بررسی عناصر آسیب پذیر 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 ومکانیابی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

شیعه، اسماعیل و حبیبی، کیومرث و ترابی، کمال، (۲۰۱۰)، بررسی آسیب‌پذیری شهر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس و GIS- مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، تهران.




www.SID.ir

Archive of SID


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 وطراحی شهر امن از منظر پدافند غیرعامل،انتشارات علم آفرین

مهدی نژاد نوری، ستاره،علی اکبر (۱۳۹۰)، مدلسازی 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

www.SID.ir