

ارائه‌ی مدل ارزیابی جامع آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری به تفکیک لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی شهر با رویکرد پدافند غیرعامل

آرزو علیخانی*: پژوهشگر دانشگاه صنعتی مالک اشتر، alikhani.arezu@gmail.com

اکرم برزگر: پژوهشگر دانشگاه صنعتی مالک اشتر

حانیه نوراللهی: پژوهشگر دانشگاه صنعتی مالک اشتر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

چکیده

ارزیابی و کاهش آسیب‌پذیری شهرها یکی از مهم‌ترین الزامات طرح‌های پدافند غیرعامل است. با نگاه به شهر به مثابه‌ی سیستمی از عناصر و اجزای به هم وابسته، لازمه‌ی ارزیابی آسیب‌پذیری شهری، بررسی همه‌جانبه‌ی اجزای شهری و روابط بین آن‌هاست. پژوهش حاضر با رویکردی کاربردی سعی در ارائه‌ی مدلی برای ارزیابی آسیب‌پذیری شهر به صورت جامع در برنامه‌ریزی شهری دارد که بتواند در رابطه با هر شهر مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور پس از تبیین و تفکیک عناصر تشکیل‌دهنده‌ی شهر و اجزای مرتبط با هر یک از این عناصر، در قالب هشت معیار اصلی و زیر معیارهای مربوط به هر یک، میزان آسیب‌پذیری شهر ناشی از نبود هر یک در نمونه‌ی فرضی مورد بررسی قرار گرفت و سپس با استفاده از روش AHP و بهره‌گیری از نظر بیش از شصت کارشناس متخصص در حوزه‌ی شهرسازی، مدیریت شهری و پدافند غیرعامل، لایه‌ها چه به صورت درون سیستمی و چه به صورت برون سیستمی نسبت به یکدیگر وزن دهی شد، سپس وزن هر یک از عناصر در لایه‌ی مربوط در سیستم مکانی اعمال شد. در مرحله‌ی بعد شعاع آسیب‌پذیری هر یک از لایه‌ها مشخص شد و به منزله‌ی ضریب در لایه‌ها در نظر گرفته شد. در نهایت با کمک نرم‌افزار GIS و همپوشانی لایه‌ها در نمونه‌ی فرضی، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری برای هر یک از معیارهای اصلی تولید شده است و در مرحله‌ی بعد با همپوشانی نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به هر یک از معیارها نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در نمونه‌ی فرضی مشخص شده است که در پنج طیف آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، رویکردهای ارزیابی آسیب‌پذیری، معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری، شعاع آسیب‌پذیری

Developing a New Model for Vulnerability Assessment of city zones with passive defense approach

Arezoo Alikhani^{1*}, Akram Barzegar², Hanieh Nurollahi³

Abstract

Vulnerability assessment and vulnerability reduction in cities is one of the requirements of civil defense plans. Considering cities as a complex system consisting of related elements, we can assume that vulnerability assessment of cities needs a holistic analysis of all the elements and their connections. In this research, it has been tried to produce an applicable model for urban vulnerability assessment to use in urban planning in any city. To reach the goal, first, the consisting elements of cities and their different components in eight main criteria and related sub-criteria were determined. Then, the amount of urban vulnerability that occurs in the case of lacking any of the criteria in the hypothetical case study was measured. By using the AHP model and opinions of more than 60 experts in the field of urban planning, urban management, and civil defense; criteria, whether inside or outside the system, had been weighed in relationship with each other. The measurement (weight) of any elements presents in the geographical system. Then, the vulnerability radius of any elements is defined to be used as the score of layers and more importantly to zoning the city based on these layers. Finally, by using GIS software and overlaying layers in the case study, urban vulnerability zoning is produced for main layers and then by overlaying these maps, the final map of urban vulnerability zoning is generated in five groups.

Keywords: Vulnerability, urban planning, passive defense

1. Researcher, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran; Email: alikhani.arezu@gmail.com
2. Researcher, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran
3. Researcher, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

۳۳

شماره شانزدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۸

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



ارائه‌ی مدل ارزیابی جامع آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری به تفکیک لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی شهر با رویکرد پدافند غیرعامل

در صورتی که نگاه همه‌جانبه در ارتباط با انواع مختلف تهدیدات چه تهدیدات انسانی و چه تهدیدات طبیعی ضروری است. علاوه بر این مطالعات صورت گرفته به بررسی برخی ابعاد آسیب‌پذیری شهری پرداخته‌اند و تاکنون مطالعه‌ی جامعی که بتواند تمامی لایه‌های شهری را شامل شود، صورت نگرفته است.

یکی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی امنیت شهری در مقاله‌ای با عنوان «امنیت شهری در شهرهای امریکا» با در نظر گرفتن تهدیدات میزان آسیب‌پذیری شهرهای امریکا در زمینه‌ی حملات تروریستی نظیر حملات اتمی، شیمیایی و حمله به تأسیسات شهری بررسی و مسئله‌ی اساسی تخلیه‌ی شهرها در هنگام بحران و اسکان ساکنان در پناهگاه‌های امن شناسایی شده است. در درجه‌ی دوم تأمین امنیت سکونتگاه‌های موقت و پشتیبانی از آن‌ها مورد اهمیت است [۱]. همچنین در تحقیق دیگری از آقای جرج باگلیارلو با عنوان «دورنمای امنیت شهری» به بررسی وضعیت مهم‌ترین شهرهای جهان از نظر حملات تروریستی پرداخته شده است. در قسمت نتیجه‌گیری این مقاله تأکید شده است که هیچ‌کس و هیچ ارگانی به تنهایی نمی‌تواند تمامی یک شهر را حفظ کند، بلکه باید قابلیت‌ها بر روی حفاظت از تأسیسات زیربنایی و حیاتی شهر متمرکز شوند. همچنین مراکز حساس باید به صورت پراکنده در سطح شهر مکان‌یابی شوند تا با مورد حمله قرار گرفتن قسمتی از آن کل سیستم دچار اختلال نگردد [۲].

علاوه بر این در مقاله‌ی «شهرهای پایدار و امنیت شهری» نقش اقتصاد شهری و فاکتورهای اقتصادی در آسیب‌پذیری شهری در برابر حملات تروریستی و حوادث طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است و به نقش حیاتی امنیت در شهرها اشاره دارد [۳]. علاوه بر این، برنارد و دیگران (۲۰۰۸) در پژوهش «برنامه‌ریزی و طراحی دفاع شهری در کشور سنگاپور» به بررسی و تحلیل میزان آسیب‌پذیری کاربری‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر بحران‌های داخلی و خارجی پرداخته‌اند و نشان دادند بهترین روش برای کاهش آسیب‌پذیری ایزوله کردن محیط‌های در معرض خطر است [۴]. همچنین کیان گانگوی و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با عنوان سیستم آسیب‌پذیری تأسیسات شهری در واکنش اضطراری با نگرش سیستمی به شهر به بررسی آسیب‌پذیری شهر پرداخته‌اند و نگاه سیستمی به زیرساخت‌ها در شهر را بهترین روش برای ارزیابی آسیب‌پذیری دانسته‌اند [۵]. رازیور و همکاران در مقاله‌ای با توجه به کمبود مباحث دفاع غیرعامل در اسناد توسعه‌ی شهری و نظام برنامه‌ریزی شهری در کشور، الگویی برای ورود مفاهیم دفاع غیرعامل به اسناد توسعه‌ی شهری و کاهش آسیب‌پذیری شهری حین بحران‌های نظامی و تروریستی را تبیین کرده و ابعاد کالبدی، شبکه‌ی زیرساختی و تسهیلات شهری، اقتصادی و خدماتی، اجتماعی و فرهنگی، مدیریت شهری و نظامی را معرفی می‌کنند؛ در ادامه اهداف آسیب‌پذیری شهری حین حملات نظامی و بحران‌های ناشی از آن بیان شده است [۶].

تحقیقات بسیاری با نگاه به سوانح طبیعی به بررسی آسیب‌پذیری شهر پرداخته‌اند. در مقاله‌ی برنامه‌ریزی همگام با مخاطرات طبیعی با تأکید بر ایران، متغیرهای طبیعی، کالبدی

بر اساس دیدگاه سیستمی، شهرها از پیچیده‌ترین سیستم‌هایی محسوب می‌شوند که از یک طرف متشکل از زیر سیستم‌ها یا ساختارهای بی‌شماری نظیر ساختارهای محیطی و جغرافیایی، اجتماعی و فرهنگی، سیاسی و اداری، اقتصادی و تولیدی، فضایی و کالبدی هستند که با یکدیگر در ارتباط‌اند و تأثیرات متفاوتی بر همدیگر دارند و از طرف دیگر، به‌منزله‌ی جزئی از یک سیستم بزرگ‌تر به‌شمار می‌روند که در چارچوب آن عمل می‌کنند. بر همین اساس، برای شناخت، پیش‌بینی، کنترل و نظارت بر امور مختلف شهرها باید تمام زیرسیستم‌های اثرگذار بر شهرها مورد مطالعه و تحلیل قرار گیرد تا سیستم شهری در نهایت به هدف اصلی خود که ایجاد تعادل در روابط درونی و بیرونی سیستم و حفظ هماهنگی بین ساختار و عملکرد است دست یابد.

با توجه به اینکه شهرها به علت جمعیت بالا، تراکم ساختمان‌ها و امکانات زیرساختی آسیب‌پذیری بیشتری در برابر فجایع دارند، اهمیت ارزیابی آسیب‌پذیری در شهر دارای نمود بیشتری است. با گسترش کالبد و اقتصاد جوامع شهری، به تدریج نیاز به کاهش مخاطرات، نه تنها به عاملی اطمینان‌بخش در کنترل ریسک مخاطرات تبدیل شده است، بلکه اقدامی مهم برای تهیه‌ی برنامه و پیگیری طرح‌های بازدارنده از بروز آسیب‌پذیری است. این موضوع چه در زمان وقوع جنگ و بحران و چه پس از آن تأثیرگذار خواهد بود. در نگرش سیستمی به شهر می‌توان چنین استنباط کرد که با توجه به ارتباط کلیه‌ی عناصر و اجزای سیستم و تأثیر آن‌ها بر یکدیگر، وقوع یک بحران بر کلیه‌ی این اجزا تأثیرگذار است و کارکرد هر یک از زیرسیستم‌های شهری را می‌تواند مختل یا متوقف کند. بروز اختلال در هر یک از زیرسیستم‌ها ادامه‌ی کارکرد سایر زیرسیستم‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. از این رو شناسایی اجزای شهر و تأثیر هر یک از اجزا بر آسیب‌پذیری شهر، در سطح طرح‌های جامع و بررسی آثار آن‌ها بر یکدیگر ضروری است.

با بررسی‌های صورت گرفته، تاکنون مطالعه‌ی جامعی که بتواند با تلفیق دیدگاه‌های شهرسازی، مدیریت بحران و پدافند غیرعامل به شناسایی لایه‌های سیستم شهری بپردازد و میزان تأثیر هر یک از لایه‌ها را در آسیب‌پذیری شهر بررسی کند، انجام نشده است و مطالعات به بررسی آسیب‌پذیری هر یک از اجزا به‌طور مجزا پرداخته‌اند. این مقاله به دنبال آن است تا به ارائه‌ی مدلی جامع از آسیب‌پذیری شهری و نحوه‌ی مطالعه‌ی آن بپردازد تا از این طریق بتوان به الگویی برای بررسی آسیب‌پذیری در شهرهای مختلف پرداخت. به‌منظور ملموس شدن یافته‌ها و نتایج این مدل در یک نمونه‌ی فرضی مورد آزمون قرار گرفته است.

پیشینه‌ی تحقیق

در سال‌های اخیر توجه به مسئله‌ی آسیب‌پذیری شهری مورد توجه محققان و صاحب‌نظران بسیاری قرار گرفته است. اغلب آسیب‌پذیری شهرها در برابر سوانح طبیعی مد نظر بوده است، لیکن موضوع امنیت شهرها و پدافند غیرعامل و میزان آسیب‌پذیری شهری در برابر تهدیدات انسانی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

بررسی سوابق موضوع نشانگر توجه به مسئله‌ی آسیب‌پذیری شهرها و اهمیت بررسی و ارزیابی آن در شهرهاست. بررسی آسیب‌پذیری زمانی معنادار خواهد بود که آسیب‌پذیری در برابر نوع تهدید مشخص شود. تحقیقات صورت گرفته تاکنون بیشتر سوانح طبیعی را مد نظر قرار داده‌اند و در محدود مطالعاتی که در زمینه‌ی تهدیدات انسان‌ساخت صورت گرفته است، بیشتر تهدیدات تروریستی یا هوایی مد نظر بوده است و با تغییر نوع تهدید آسیب‌پذیری نیز تغییر خواهد کرد. چنانچه شهر به صورت سیستم و موجودی زنده در نظر گرفته شود، آسیب‌پذیری ناشی از کارکرد یا اختلال در کارکرد هر یک از اجزای سیستم و تأثیر آن بر عملکرد سیستم مد نظر خواهد بود. با اتخاذ این رویکرد در رابطه با شهر، فارغ از نوع تهدید، آسیب‌پذیری شهر مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بنابراین در این پژوهش به ارائه‌ی مدلی برای بررسی آسیب‌پذیری شهرها پرداخته می‌شود که تهدید را فارغ از نوع عامل تهدید کننده هرگونه عملی می‌داند که موجب از کار افتادن یا اختلال در سیستم شود.

روش تحقیق و ابزارها

این پژوهش از نوع کاربردی و به روش کمی است که در آن اطلاعات مورد استفاده در نمونه‌ی مورد مطالعه‌ی فرضی در یک منطقه‌ی شهری فرضی و در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی پیاده‌سازی شده است. با در نظر گرفتن اهداف تحقیق ابتدا معیارهای مؤثر بر میزان آسیب‌پذیری شهرها در مواجهه با حملات نظامی از طریق مطالعه‌ی تحقیقات پیشین، روش‌های کتابخانه‌ای و مصاحبه از کارشناسان شناسایی شده‌اند و سپس با استفاده از روش تحلیل محتوای مقوله‌ای این معیارها دسته‌بندی شده و زیر معیارهای مربوط به هر یک مشخص شده‌اند. زیر معیارها به شاخص‌های قابل اندازه‌گیری تبدیل شده‌اند و در مرحله‌ی بعد با استفاده از روش AHP معیارهای مؤثر در نمونه‌ی موردی فرضی به لحاظ اهمیت رتبه‌بندی و وزن دهی شده‌اند. در این قسمت نظر کارشناسان مؤثر در حوزه‌ی هر یک از لایه‌های سیستم شهری اخذ شده است و در نهایت از طریق برآیند نظرات ۴۷ نفر از مسئولان شهری و خبرگان مرتبط با موضوع، لایه‌ها وزن دهی شده‌اند. اخذ نظر کارشناسان خبره و مسئولان شهری، قابلیت تعمیم رتبه‌بندی به سایر مناطق و شهرها را تا حد زیادی امکان‌پذیر می‌سازد. سپس متناسب با نوع و اهمیت مشخص شده برای هر معیار، داده‌های مورد نظر از طریق عملیات رقوم‌سازی و پیمایش با فرمت مناسب وارد محیط GIS شده‌اند. با در نظر گرفتن نگاه سیستمی بر شهر، از نرم‌افزار GIS با توانایی ذخیره، بازیابی و تحلیل داده‌های جغرافیایی استفاده شده است. لایه‌های مختلف از طریق نرم‌افزار همپوشانی شده و در نهایت نقشه‌ی آسیب‌پذیری محدوده‌ی مورد نظر اخذ شده است.

آسیب‌پذیری

شهرها به منزله‌ی یکی از نمودهای سکونتگاه‌های انسانی از دیرباز تاکنون در معرض آسیب‌های فراوان ناشی از سوانح قرار

– ساختمانی و اجتماعی – اقتصادی در میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهرها مؤثر شناخته شده است. در ویژگی‌های طبیعی به زمین‌لرزه، شرایط زمین‌شناسی و مرفولوژی ساختمانی، توپوگرافی و شیب اشاره شده است. در رابطه با متغیرهای کالبدی، کیفیت و کمیت شبکه‌ی معابر، توزیع کاربری‌ها، تراکم و نوع معماری و طرح ساختمان مد نظر بوده است و تراکم جمعیت، نحوه‌ی مدیریت بحران، سطح سواد و وضعیت مالی ساکنان، در ارتباط با متغیرهای اجتماعی و اقتصادی شناسایی شده است [۷].

تاکنون پژوهش‌های بسیاری به بررسی آسیب‌پذیری شهر یا بخشی از آن در برابر خطر زلزله پرداخته‌اند که هر یک به یک یا چند جنبه اشاره نموده و همه‌ی شاخص‌ها مد نظر قرار نگرفته است. امینیان و همکاران (۱۳۹۴) به محاسبه‌ی آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله با تأکید بر فاصله از تأسیسات شهری و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر پرداخته‌اند. در این پژوهش تأسیساتی نظیر مراکز درمانی، مراکز آتش‌نشانی، مراکز اسکان موقت، پمپ بنزین‌ها و پمپ گاز در نظر گرفته شده است [۸]. از جمله تحقیقات دیگر در رابطه با تأثیر زلزله، پژوهش عابدی (۱۳۸۵) در منطقه‌ی ۱ تهران است که به بررسی آسیب‌پذیری معابر در برابر زلزله پس از ریختن آوار پرداخته است [۹]. مجید شمس و همکاران یکی از محلات کرمانشاه را با بررسی شاخص‌هایی مانند نوع مصالح، قدمت بنا، تعداد طبقات، تراکم جمعیت و غیره به لحاظ آسیب‌پذیری ارزیابی کرده‌اند [۱۰]. در رابطه با شهر زنجان نیز، حبیبی و همکاران (۱۳۸۶) به تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت تاریخی شهر پرداخته‌اند [۱۱]. از دیگر تحقیقات می‌توان به پژوهش زنگ آبادی و همکاران در رابطه با تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله در شهر اصفهان اشاره نمود که شاخص‌های فضایی – کالبدی نظیر تراکم، مقاومت مصالح و دسترسی به مراکز امداد و نجات و شاخص‌های انسانی – اجتماعی نظیر امکانات در مواقع بحرانی، آموزش و آگاهی را مورد بررسی قرار داده است [۱۲]. بمانیان و همکاران نیز به منظور کاهش خطرپذیری شهر از بلایای طبیعی به ویژه زلزله از طریق برنامه‌ریزی کاربری زمین به سه معیار دسترسی، ترکیب سنی و جنسی جمعیت و تخریب پیش‌بینی نشده به منزله‌ی عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری اشاره نموده‌اند [۱۳]. در مقاله‌ی دیگری احمدی و همکاران به ارزیابی تاب‌آوری محیط شهری در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زمین‌لرزه پرداخته‌اند و شاخص‌های تراکم جمعیت، تراکم ساختمان‌ها، تعداد طبقات ساختمان‌ها، کاربری اراضی شهری، فاصله از گسل‌ها، فاصله از معابر ارتباطی، فاصله از برق فشار قوی، دسترسی به فضاهای باز، دسترسی به مراکز درمانی و دسترسی به مراکز امدادی را معرفی کرده‌اند [۱۴]. حیدری در مقاله‌ی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر خطر زلزله را ارزیابی کرده و شاخص‌های مصالح ساختمانی، قدمت ابنیه، کیفیت ابنیه، نظام تفکیک قطعات، تراکم ساختمانی، تعداد طبقات، تراکم جمعیت، سازگاری کاربری‌ها را معرفی کرده و ماتریس سازگاری کاربری بافت‌های قدیم زنجان را ترسیم کرده است [۱۵].

پس از بررسی هر دو رویکرد، به نظر می‌رسد که اکتفا به یکی از جوانب کمی یا کیفی و انتخاب یکی از رویکردها در ارزیابی آسیب‌پذیری‌ها نتیجه‌ی چندان دقیق‌تر را حاصل نمی‌کند، چنانکه روش کیفی را می‌توان کمی نمود. از طرفی در مورد روش دوم نیز نمی‌توان تأثیر سناریوی تهدید را در آسیب‌پذیری نادیده گرفت و با توجه به اینکه آسیب‌پذیری ذاتی دارایی و آسیبی که در اثر مورد هدف قرار گرفتن دارایی‌ها به شهر وارد می‌شود در میزان آسیب‌پذیری مؤثر است، نمی‌توان تنها یکی از روش‌های سناریومحور و یا دارایی‌محور را برگزید. بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که با در نظر داشتن سناریوی تهدید و ویژگی‌های ذاتی دارایی‌ها و آسیب‌پذیری‌هایی که شهر در اثر نبود آن دارایی متحمل می‌شود، آسیب‌پذیری‌های کیفی را با تدوین معیارهایی، می‌توان به آسیب‌پذیری کمی تبدیل نمود.

همان‌طور که بیان شد در این پژوهش معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری لایه‌های مختلف شهر، تدوین می‌شود. یک شهر علاوه بر تأمین کلیه‌ی نیازهای ساکنان خود باید در برابر انواع مخاطرات پایدار و از نظر عملکردی، محیطی سامان یافته و کارا باشد. با توجه به ارتباط متقابل و وابستگی عناصر و اجزای شهری، باید تمامی عوامل موجود در یک شهر در نظر گرفته شود. با اتخاذ رویکرد فوق باید بتوان به طریقی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری شهری را به شاخصه‌هایی قابل اندازه‌گیری تبدیل نمود.

معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری

به منظور شناخت آسیب‌پذیری‌های شهر فرضی کلیه‌ی عناصر موجود در شهر که در آسیب‌پذیری آن مؤثرند را با نگرش سیستمی آنالیز کرده و معیارهای آسیب‌پذیری استخراج شده است. در این راستا اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیستم شهری تجزیه و تحلیل شده و عناصری که به نحوی در آسیب‌پذیری شهر مؤثرند استخراج شده است. در این مرحله از روش تحلیل محتوا به منظور استخراج عوامل استفاده شده و معیارها و شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری شهری به صورت همه‌جانبه از اسناد و پژوهش‌ها استخراج شده است. مرور پیشینه‌ی پژوهش بیانگر نگاه‌های بخشی و موردی به موضوع آسیب‌پذیری شهری است در صورتی که با اتخاذ رویکرد جامع می‌توان فارغ از نوع تهدید آسیب‌پذیری ناشی از اختلال در سیستم شهری به هر دلیلی را اندازه‌گیری نموده و با شناسایی عوامل ایجادکننده‌ی آسیب‌پذیری پیشنهاداتی برای کاهش آن ارائه کرد. طبق مطالعات صورت گرفته و با جمع‌بندی مقوله‌های مؤثر در نهایت هشت معیار اصلی و زیرمعیارهای مربوطه به هر یک استخراج شده است. هر یک از این معیارها دارای زیرمعیارهای متعددی است. استفاده از زیرمعیارها کمک می‌کند تا بررسی عمیق‌تر شود و کارشناسانی که رتبه‌بندی را انجام می‌دهند خطای کمتری داشته باشند. معیارهای استخراج شده با استفاده از روش تحلیل محتوا شامل موارد زیر است:

داشته‌اند. سوانحی اعم از طبیعی و انسان‌ساخت، محیط‌های شهری را گاه تخریب و گاه به کلی ویران نموده است، لذا آدمی همواره در جستجوی دستیابی به راهکارهایی برای مقابله با پیامدهای سوانح در سکونتگاه‌های شهری بوده است. در این راستا شناسایی و تحلیل آسیب‌ها و رسیدن به معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری به منزله‌ی یکی از ابزارهای مهم مورد توجه قرار می‌گیرد. آسیب‌پذیری یک ابزار تحلیلی در مطالعات ایمنی شهری است و تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری پایه و اساسی جدید برای برنامه‌ریزی شهری فراهم می‌آورد [۱۶]. آسیب‌پذیری به مجموعه شرایط ناشی از فاکتورهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی گویند که در معرض ضرر و زیان بودن یک جامعه را افزایش می‌دهد [۱۷]. در تعریفی دیگر، به هر گونه ضعف در یک دارایی که این امکان را به یک تهدید می‌دهد تا توانایی آسیب و ایجاد خسارت به یک دارایی، شریان‌های حیاتی و یا زیرساخت‌ها را ایجاد نماید، گویند و به عبارتی از هر نقطه وضعی که می‌تواند به وسیله‌ی دشمن مورد بهره‌برداری قرار گیرد تا دارایی‌ها را مورد هدف قرار دهد و به آن‌ها خسارت وارد نموده یا آن‌ها را سرقت نماید [۱۸]. با در نظر گرفتن تعاریف فوق می‌توان گفت، به میزانی از احتمال صدمات و خسارات ناشی از اقدامات دشمن از صفر تا صد، آسیب‌پذیری گویند و بنابراین آسیب‌پذیری باید به صورت کمی بررسی شود تا بتوان کاهش یا افزایش را اندازه‌گیری نمود.

رویکردهای ارزیابی آسیب‌پذیری

ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از حملات دشمن را می‌توان از دو منظر مختلف مورد بررسی قرار داد. یکی از این رویکردها تقسیم‌بندی بر اساس کمی یا کیفی بودن آسیب‌پذیری است. گرچه تعیین کمی و کیفی آسیب‌های احتمالی وارده به دارایی‌ها به صورت کامل ممکن نیست، اما بررسی این پارامترها و اشراف بر مسائل احتمالی ناشی از حملات دشمن، این امکان را برای مدیران و مسئولان فراهم می‌نماید که تمهیدات لازم را برای برخورد مناسب در صورت وقوع بحران پیش‌بینی و با آموزش نیروی انسانی و افزایش درجه‌ی مقاومت دارایی، نسبت به کاهش زیان‌ها و برگشت سریع به وضع عادی اقدام نمایند.

رویکرد دیگری که می‌توان برای ارزیابی آسیب‌پذیری‌ها در نظر گرفت، تحلیل آسیب‌پذیری‌ها بر اساس دو روش سناریومحور و دارایی‌محور است. در این روش ابتدا سناریوها تعریف و پیامدهای ویژه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. سپس به شناسایی اقدامات امنیتی موجود برای حفظ دارایی‌های حیاتی و تخمین سطح تأثیر آن‌ها در کاهش آسیب‌پذیری هر کدام از دارایی‌ها در برابر تهدیدات یا دشمن پرداخته می‌شود و در نهایت آسیب‌پذیری‌های بالقوه‌ی هر دارایی حیاتی در رابطه با تهدیدات شناسایی شده و درجه‌ی آسیب‌پذیری آن تخمین زده می‌شود. هر دو روش در شروع کار مثل هم هستند. اما در جزئیات تجزیه و تحلیل سناریوهای تهدید و اقدامات پیشگیرانه‌ای که با توجه به سناریو در نظر گرفته می‌شود، اختلاف دارند. اما، در هر دو روش برای دارایی‌های شناخته شده پیامد و جاذبه‌ی هدف تعیین می‌شود [۱۹].

از آنجایی که شهر به منزله‌ی یک محیط کالبدی انسانی مطرح می‌شود، مهم‌ترین عنصر در بررسی آسیب‌پذیری‌های فیزیکی در شهر کالبد شهر و سازمان فضایی آن است. این معیار با زیر معیارهای قدمت و مقاومت بنا، نوع بافت، دانه‌بندی، تراکم و عرض معابر مورد بررسی قرار گرفته است. بدیهی است که هر چه مقاومت بنا بیشتر باشد و از مصالح با دوام‌تری ساخته شده باشد، آسیب‌پذیری کمتری خواهد داشت [۲۰، ۲۱]. در ارتباط با نوع بافت، آسیب‌پذیری در بافت پیوسته و منظم در اراضی هموار با راه‌هایی با درجه محصوریت کم یا متوسط و بلوک‌هایی با یک یا دو ردیف منظم ساختمانی کمتر است و امدادسانی در هنگام بحران بیشتر است. بافت شطرنجی راه‌ها نیز بر علت دسترسی آسان در امدادسانی مؤثر است. بافت ناپیوسته منظم و پلکانی در اراضی کوهپایه‌ای از نظر کارایی و آسیب‌پذیری در سطح متوسطی است و بافت پیوسته و نامنظم در نواحی هموار کارایی کمتری دارد. نحوه‌ی مجاورت قطعات تفکیکی با گذر، همجواری فضای باز و ساخته شده‌ی هر قطعه با گذر و میزان محصوریت بافت‌ها و نیز الگو و اندازه‌ی بلوک‌های شهری و الگوی ترکیب راه‌ها و بلوک‌های شهری از شاخص‌های بافت شهری در ارزیابی آسیب‌پذیری هستند [۲۲]. دانه‌بندی بافت نیز یکی از معیارهای مؤثر آسیب‌پذیری بافت‌های شهری است [۲۳]. شورای عالی شهرسازی و معماری ایران یکی از معیارهای شناسایی بافت‌های فرسوده را دارا بودن قطعات زیر ۱۵۰ مترمربع به میزان حداقل ۵۰٪ بافت دانسته است. از این رو دانه‌بندی بافت رابطه‌ای مستقیم با آسیب‌پذیری بافت دارد. یکی دیگر از معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری شهری، نفوذپذیری بافت بر اساس عرض معابر است. شورای عالی شهرسازی و معماری ایران یکی از معیارهای شناسایی بافت‌های فرسوده را دارا بودن معابر زیر ۶ متر به میزان حداقل ۵۰٪ بافت دانسته است. از این رو نفوذپذیری بافت رابطه‌ای مستقیم با آسیب‌پذیری دارد. تراکم کالبدی نیز یکی از شاخص‌های تبیین‌کننده‌ی کیفیت فضایی بافت‌های مسکونی است، که هر چه شدت آن بیشتر باشد، تأثیر منفی بیشتری بر سطح کیفی سکونت داشته و آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد.

معیار دسترسی

راه‌ها و شبکه‌ی حمل و نقل یکی از آسیب‌پذیرترین عناصر در برابر سوانح است. اهمیت شبکه‌ی راه‌ها در برقراری ارتباط میان عناصر مختلف شهر است که در صورت آسیب این ارتباط دچار اختلال و در نتیجه بر شدت بحران افزوده می‌شود [۲۴]. از این رو اهمیت شبکه‌ی راه‌ها هم به منزله‌ی عاملی که می‌تواند آسیب‌پذیری را کاهش و یا تشدید نماید دوچندان می‌شود، با توجه به انواع مختلف شبکه‌ی معابر که هر کدام حجم خاصی از تردد را پوشش می‌دهد و دارای سطحی از سرویس دهی شبکه‌ی معابر است [۲۵]. علاوه بر این، تردد توسط شبکه‌های مختلف صورت می‌گیرد از جمله شبکه‌های هوایی، ریلی و جاده‌ای که هر کدام بر آسیب‌پذیری شهر تأثیرات خاصی را می‌گذارند و دارای درجاتی از آسیب‌پذیری هستند [۲۶].

رفاه و امنیت هر ملت متکی بر دارایی‌ها و زیرساخت‌ها است که این زیرساخت‌ها برای هر کشوری آن قدر حیاتی و ضروری هستند که عدم صلاحیت یا نابودی آن‌ها تأثیر تضعیف‌کننده‌ای بر روی سلامت، ایمنی، اقتصاد و رفاه اجتماعی خواهد گذاشت و می‌تواند دولت‌ها را دچار بحران نماید. نقص در یکی از این زیرساخت‌ها ممکن است برای یک جامعه و اقتصاد آن، به اندازه‌ای مخرب باشد که پتانسیلی را برای فروپاشی چند زیرساخت و ایجاد عواقب پیش‌بینی‌نشده، دارا باشد. در زمینه‌ی شبکه‌ی زیرساختی آنچه مهم است، نقش مهم این شبکه‌ها بر زندگی شهروندان و حیات شهری و همچنین اثری است که نبود یا آسیب‌پذیر بودن این شبکه‌ها بر زندگی شهروندان می‌گذارد [۲۷]. بازگرداندن سیستم‌های آب‌رسانی به منزله‌ی یکی از شریان‌های حیاتی به حالت عادی با توجه به نقش اساسی آن‌ها در ادامه‌ی زندگی و حیات جوامع بشری بسیار حائز اهمیت است. کمبود آب در شرایط بحرانی سبب می‌شود که مردم به سوی آب‌های آلوده روی آورده و برای ادامه‌ی حیات هر گونه آبی را به مصرف برسانند. تأسیسات برقی موجود در شهرها شامل خطوط انتقال برق، نیروگاه‌ها، پست‌های برق و شبکه‌ی توزیع است. نیروگاه‌ها و خطوط انتقال برق از جمله اهدافی هستند که در ساعات اولیه‌ی جنگ مورد اصابت قرار می‌گیرند و با از کار افتادن بسیاری از دارایی‌ها که توسط برق تغذیه می‌شوند، دشمن به بسیاری از موارد مورد نظر خود می‌رسد. تأسیسات گازرسانی از جهات زیادی مشابه تأسیسات آب‌رسانی هستند با این تفاوت عمده که این تأسیسات آسیب‌پذیری بسیار بالاتری به سبب احتمال وقوع انفجار و اتفاقات بعد از آن برخوردار است. مشکلات و تهدیدات موجود در تأسیسات گازرسانی را می‌توان شامل مشکلات پیش‌آمده بر اثر قطع گاز و نشت گاز دانست. اهمیت بحث تأسیسات مخابراتی از منظر پدافند غیرعامل، در قطع شدن ارتباط و اطلاع‌رسانی و پیامدهای ناشی از آن در شرایط آسیب دیدن این تأسیسات است. اگرچه امروزه تنوع و گستردگی سیستم‌های ارتباطی با گسترش شبکه‌ی تلفن‌های ثابت و سیار و افزایش فرستنده‌های رادیویی و تلویزیونی بسیار بیش از گذشته‌ی نه چندان دور (دوره‌ی جنگ تحمیلی) است، اما با این وجود باید به این نکته نیز توجه نمود که قطع سیستم‌های ارتباطی همواره به معنی افزایش تلفات و خسارات مالی و انسانی است. همچنین قطع سیستم‌های مخابراتی در بسیاری از موارد، اطلاع‌رسانی، اعلام خطر و اعلام دستورات ایمنی و آموزش‌های ویژه را در مواقع بحران و جنگ دشوار می‌سازد [۲۸].

مخازن سوخت از دیگر زیرساخت‌هایی است که در مقابل حملات نظامی بسیار آسیب‌پذیرند. با توجه به اینکه در مکان‌یابی آن‌ها الزامات و ملاحظات دفاعی و امنیتی و زیست‌محیطی رعایت نشده و پیامدهای همجواری آن‌ها با دیگر اجزای شهری مورد بررسی قرار نگرفته است، از طرفی از اهداف شاخص حملات است، باید مورد توجه ویژه قرار گیرد [۲۹].

علاوه بر این در حملات نظامی مراکز تولید و نگهداری مواد منفجره از پرخطرترین مکان‌هایی هستند که در صورت انفجار شهر را با مشکلات بسیاری مواجه می‌کنند.

معيار مراکز مذهبی، فرهنگی

مراکز مذهبی و فرهنگی نقش اساسی در هویت هر جامعه دارند و در صورت از بین رفتن آن آسیب‌های روانی بر محدوده وارد خواهند نمود.

معيار مراکز سیاسی امنیتی و مدیریتی

مراکز نظامی و انتظامی از نقاطی هستند که در طی جنگ‌ها به دلیل فرم خاص و مساحت زیادی که دارند از تصاویر ماهواره‌ای قابل شناسایی و از طرفی با وجود افراد مؤثر نظامی و تجهیزات جنگی از اصلی‌ترین هدف‌های حملات به شمار می‌روند. شهرداری، فرمانداری و استانداری‌ها از مراکز تصمیم‌گیری در شهرها است که نقش مؤثری در مدیریت آن‌ها دارند. این مراکز در صورتی که هدف حملات نظامی دشمن قرار گیرند، شهر را دچار اختلالات فراوانی می‌کنند. بنابراین ارزیابی میزان آسیب‌پذیری این مراکز می‌تواند در این طرح مفید واقع گردد. سازمان‌های ثبت اسناد و احوال در صورت آسیب‌پذیری در مواقع بحران، پیامدهای مدیریتی و امنیتی و همچنین سیاسی را به شهر تحمیل می‌کنند. سازمان صدا و سیما در مواقع بحران نقش بسیار مهمی در ایجاد آرامش و تقویت روحیه‌ی ملی دارند، در صورتی که این مراکز منهدم شوند و یا مورد هدف نظامی قرار گیرند، تضعیف روحیه‌ی مردمی و شکست روانی را در پی دارند. علاوه بر نقش مدیریتی و امنیتی به لحاظ سیاسی در اذهان عمومی از دست رفتن این سازمان به معنای شکست حکومت سیاسی کشور تلقی می‌شود.

شعاع آسیب‌پذیری معیارها

آسیب‌پذیری شهر ناشی از وجود معیارهای شناخته شده در مرحله‌ی قبل به دو دسته آسیب‌پذیری فیزیکی و عملکردی قابل تقسیم است. در میزان آسیب‌پذیری فیزیکی به بررسی شعاع هر کدام از معیارها و زیرمعیارهای مشخص شده پس از انفجار پرداخته می‌شود. به این منظور فاصله‌ی پیرامون هرکدام از دارایی‌ها که بعد از انفجار با آسیب بسیار بالا تا بسیار پایین مواجه خواهند شد، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

به منظور تعیین شعاع مذکور باید از نمونه‌های مختلف بهره گرفت. از آنجا که در مطالعات داخلی تحقیق مشابهی انجام نشده است، بنابراین از متون و مطالعات مختلفی که در شهرهای مختلف جهان انجام شده، استفاده شده است. در تحقیقات مشابه در این زمینه، شعاع آسیب‌پذیری دارایی‌ها براساس وجود یا عدم وجود مواد منفجره در آن‌ها تعیین شده است. با توجه به این مطلب تمامی دارایی‌هایی که مواد منفجره در آن‌ها وجود ندارد و صرفاً ساختمان از لحاظ کالبدی مورد نظر است، با یک شعاع مشخص برای میزان آسیب‌پذیری مشخص می‌شوند و برای سایر دارایی‌ها که دارای مواد منفجره هستند، شعاع با توجه به نوع مواد منفجره‌ی موجود در آن‌ها تعیین شده است.

شعاع خرابی یک ساختمان پس از انفجار به عواملی همچون میزان یا مقدار مواد منفجره، فاصله میان ساختمان و مواد منفجره،

مراکز امداد و نجات

مراکز امداد و نجات همواره در مدیریت بحران نقش بسزایی داشته است که یکی از امتیازات معابر پس از بروز سانحه، نزدیکی به این مراکز است. مراکز عمده‌ی امداد و نجات شامل دو بخش مراکز آتش‌نشانی و مراکز درمانی است. وجود مراکز درمانی در کاهش آسیب‌های ثانویه نقش مهمی دارند و بنابراین هرچه فاصله‌ی معابر از این مراکز کمتر باشد، آن معابر دارای آسیب‌پذیری کمتری هستند [۳۰].

معيار ساختار اجتماعی

چهارمین معیار اصلی آسیب‌پذیری در یک شهر بررسی لایه‌های اجتماعی شهرهاست که به واسطه‌ی تجمع و تمرکز جمعیت، ارتباط مستقیمی بین این بخش و آسیب‌پذیری‌های شهر وجود دارد. یکی از تأثیرگذارترین زیرمعیارهای اجتماعی، در آسیب‌پذیری شهرها تراکم جمعیتی است. در سوانح اعم از طبیعی و غیرطبیعی، در همان ساعات اولیه‌ی بروز سانحه جمعیت مردمی از آسیب‌پذیرترین بخش‌ها است که آسیب‌پذیری شهر را بیشتر می‌کند. گروهی از جمعیت را که شامل زنان، کودکان و سالخورده‌گان هستند، جمعیت آسیب‌پذیرتر گویند. بدیهی است که با افزایش تراکم جمعیت آسیب‌پذیری نیز افزایش می‌یابد. [۳۱، ۳۲، ۳۳]. علاوه بر این، امنیت اجتماعی یکی از شاخص‌های مهم تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری شهری است که رابطه‌ای مستقیم با وقوع جرم و خشونت دارد [۳۴].

معيار ساختار اقتصادی

سیستم اقتصادی شهری شامل منابع تولید، توزیع، مصرف، سرمایه، اشتغال و درآمد است. با ارزیابی میزان آسیب‌پذیری این بخش اقتصادی می‌توان با ایجاد راهکارهایی از پیامدهای ناشی از حوادث پیش‌گیری نمود. ضمن اینکه هر چه تعداد واحدهای صنعتی در شهر بیشتر باشد آسیب‌پذیری اقتصادی بیشتر است. واحدهای سرمایه‌داری و بانک‌ها از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی هر جامعه هستند که باید مورد توجه قرار گیرند. انبارها و دیوها، مراکز تولید و توزیع مواد غذایی، زمین‌های کشاورزی و باغات از دیگر بخش‌هایی هستند که در ارزیابی آسیب‌پذیری اقتصادی منظور می‌گردند.

معيار مراکز خاص

صنایع شیمیایی و میکروبی، افراد شاغل در این صنایع و جمعیت‌های ساکن در اطراف این صنایع با توجه به اینکه در معرض خطرات احتمالی آن‌ها هستند، از آسیب‌پذیری بسیاری برخوردارند. اثرات و پیامدهای محیطی و اجتماعی حوادث شیمیایی در این صنایع موجب شده که این صنایع یکی از خطرناک‌ترین صنایع محسوب شوند. تعیین دقیق آسیب‌پذیری در صنایع شیمیایی و میکروبی کار بسیار دشواری است. آسیب‌های مستقیم و غیر مستقیم این حوادث بسیار سنگین است و باید در ارزیابی آسیب‌پذیری مورد توجه قرار گیرند. توجه به مراکز هسته‌ای و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری آن به دلیل نشت مواد رادیو اکتیو و نوکلیدها به محیط پیرامون و خطرات ناشی از آن ضروری است.

شاخص	معیار
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ترکیبی</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ارگانیک</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شظرنجی</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">زیر معیارهای موثر</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مقاومت بنا</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">قدمت بنا</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">نوع بافت</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">دانه بندی</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">عرض معبر</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">خط انتقال آب</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مخازن آب موجود</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شبکه توزیع آب موجود</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">چاه آب</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">جمع آوری فاضلاب</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">تصفیه خانه</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">سیستم توزیع آب</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">تراکم ساختمانی</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">فرودگاه</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">راه آهن</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ترمینال</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">قطار شهری</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">نیروگاه</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">پستهای برق</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">خطوط انتقال برق</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شبکه توزیع برق</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">سیستم کنترل و فرماندهی</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شربانی درجه یک</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شربانی درجه دو</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">جمع و پخش کننده</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ورودی های شهر</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">پل و تونل های معابر</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CGC</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">TBS</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز تولید و پالایشگاه ها</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شبکه توزیع گاز</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">خط انتقال گاز</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">آب</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">برق</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">گاز</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مخابرات</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز امداد و نجات</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز بهداشت و درمان</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ABTS</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">BTS</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز پست</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مخازن سوخت</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">تراکم جمعیتی</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">بیمارستان ها</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">درمانگاهها</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">زنان</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">کودکان</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">سالخوردگان</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">افراد بیکار</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شاغلین</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">زندانیان</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">بیسوادان</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مجرمان</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">حاشیه نشینان</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">بانک های مادر</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">صنایع مادر</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">انبار و دپوها</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز تولید مواد غذایی</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">زمین های کشاورزی و باغات</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">صنایع شیمیایی</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">صنایع هسته ای</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز تولید و نگهداری منفجره</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">صنایع میکروبی و بیولوژیک</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">موزه</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">کتابخانه</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مساجد جامع / مرقد معصومین</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">استانداری</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">فرمانداری</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">شهرداری</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">سازمان ثبت اسناد</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز نظامی</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مراکز انتظامی</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">صدا و سیما</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">مجتمع قضایی</div>

جدول ۱: استخراج معیارهای موثر بر آسیب پذیری شهرها

با توجه به اینکه دارایی‌های شهر به لحاظ عملکردی نیز شهر را دچار آسیب‌پذیری می‌کنند، آسیب‌پذیری عملکردی برای دارایی‌هایی در نظر گرفته شده است که خدمات‌رسانی آن‌ها بخشی از شهر را شامل می‌شود و دارای سطح‌بندی هستند که عبارتند از شبکه‌ی بهداشت و درمان و آتش‌نشانی. این شعاع‌ها به ترتیب برای درمانگاه، بیمارستان و آتش‌نشانی، ۷۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۷۰۰ متر است. با توجه به موردی بودن شعاع عملکردی سایر دارایی‌ها و متغیر بودن آن در شرایط مختلف و با در نظر گرفتن عمومیت این پژوهش شعاع عملکردی سایر دارایی‌ها به روش اندرکنش و ارزیابی میزان حساسیت دارایی‌ها محاسبه شده است.^۲

شرایط و ویژگی‌های ساختمان بستگی دارد. با این وجود با توجه به سابقه‌ی حوادث و وقایع رخ داده در سطح جهان و با در نظر گرفتن نتایج ناشی از انفجارها، به طور متوسط می‌توان شعاع ۲۵۰ متر را برای شعاع آسیب‌پذیری در اطراف ساختمان‌ها و دارایی‌های بدون مواد منفجره در نظر گرفت. آسیب‌های وارده در این شعاع می‌تواند شامل خرابی فیزیکی ساختمان، صدمه‌های بدنی مهلک و مرگ‌آور و در نهایت صدمه‌های سطحی ناشی از فرو ریختن شیشه‌ها باشد. با توجه به مطالب مذکور و با استفاده از نظرات کارشناسی و همچنین از طریق مشابه‌سازی شرایط، شعاع آسیب‌پذیری‌های فیزیکی هر کدام از دارایی‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: شعاع آسیب‌پذیری معیارهای مؤثر [منبع: نگارندگان]

عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری	زیرعوامل‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری	عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری	شعاع آسیب‌پذیری (فیزیکی متر)	زیرعوامل‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری	شعاع آسیب‌پذیری (فیزیکی متر)		
مراکز امداد و نجات	بانک‌های مادر	ساختار اقتصادی	۲۵۰	بیمارستان	۲۵۰		
	صنایع مادر		۲۵۰	درمانگاه	۲۵۰		
	انبارها و دیپوها		۲۵۰	آتش‌نشانی	۲۵۰		
	مراکز تولید مواد غذایی		۲۰۰	پمپ بنزین	۲۰۰		
	زمین‌های کشاورزی و باغات		۸۰۰	CNG	۸۰۰		
مخازن سوخت	موزه	مراکز فرهنگی	۲۵۰	مخازن سوخت کوچک	۲۰۰		
	دانشگاه		۰	مخازن سوخت بزرگ	۳۵۰		
	کتابخانه‌های اصلی		۲۵۰	سد	۳۰۰۰ در بستر رودخانه		
شبکه‌های زیرساختی	استانداری	مراکز سیاسی - امنیتی	۲۵۰	خط انتقال آب سد	۲۵۰		
	فرمانداری		۰	چاه آب	۰		
	شهرداری		۲۵۰	خط انتقال به تصفیه‌خانه	۲۵۰		
	ثبت اسناد		۳۰۰	تصفیه‌خانه	۳۰۰		
	مراکز نظامی		۲۵۰	مخازن آب موجود	۲۵۰		
	مراکز انتظامی		۲۵۰	ایستگاه‌های پمپاژ	۲۵۰		
	صدا و سیما		۲۵۰	شبکه‌ی توزیع آب موجود	۲۵۰		
	مجتمع قضایی		۲۵۰	سیستم کنترل و فرماندهی	۲۵۰		
	فرودگاه (مخازن سوخت فرودگاه)		۶۰۰	نیروگاه	۵۰۰		
	راه آهن (مخازن سوخت راه آهن)		۶۰۰	خطوط انتقال	۲۵۰		
شبکه‌ی دسترسی	ترمینال	شبکه‌ی دسترسی	۲۵۰	پست ۴۰۰	۲۵۰		
	مترو		۲۵۰	پست ۱۳۲	۲۵۰		
	شریانی درجه یک		۲۵۰	پست ۶۳	۲۵۰		
	شریانی درجه دو		۲۵۰	فیدرها	۲۵۰		
	جمع و پخش‌کننده		۲۵۰	CGC	۸۰۰		
	ورودی‌های شهر		۲۵۰	TBS	۵۰۰		
	پل‌ها و تونل‌های معابر		۲۵۰	شبکه‌ی تغذیه (توزیع)	۲۵۰		
	مخابرات		دیتا سنترها	شبکه‌ی دسترسی	۲۵۰	دیتا سنترها	۲۵۰
			مراکز مخابراتی		۲۵۰	مراکز مخابراتی	۲۵۰
			دکل‌های مخابراتی		۲۵۰	دکل‌های مخابراتی	۲۵۰
ABTS		۲۵۰	ABTS		۲۵۰		
BTS		۲۵۰	BTS		۲۵۰		



بررسی نمونه‌ی مطالعاتی فرضی

سؤال اصلی مطرح شده این بود که محدوده‌ی مورد نظر نسبت به کدام یک از معیارهای مشخص شده آسیب پذیرتر است و معیارها و زیرمعیارها چه درجه‌ای را به لحاظ آسیب پذیری نسبت به هم دارند. فرایند کار با مقایسه‌ی دودویی معیارهای اصلی نسبت به هم آغاز شد و سپس هر یک از زیرمعیارها در گروه‌ها مورد مقایسه قرار گرفتند. معیارها و زیر معیارها، با توجه به جدول زیر مورد مقایسه‌ی دودویی قرار گرفته و امتیاز دهی شده‌اند.

توجه به این امتیازات بیانگر آن است که محدوده‌ی مورد نظر به لحاظ کدام یک از معیارها و زیرمعیارها دارای آسیب پذیری بیشتر و یا به عبارتی آسیب پذیرتر است. نتایج حاصل از ماتریس‌های تشکیل شده به صورت میانگین آورده شده و سپس وزن نهایی هر یک از معیارها و زیرمعیارها به صورت نموداری مورد مقایسه قرار گرفته است. امتیازات مربوط به هر یک از معیارها و شاخص‌ها بر روی لایه‌ی مورد نظر در پایگاه داده GIS قابل پیاده‌سازی است.

در مرحله‌ی بعد، با استفاده از ابزار Raster Calculator ستون‌های امتیازات مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده با یکدیگر جمع می‌شوند؛ به این ترتیب مجموع ۵۴ ستون

معیارهای مؤثر در آسیب پذیری شهرها به یک میزان در آسیب پذیری شهر مؤثر نیستند و حتی در رابطه با شهرها و بسترهای متفاوت اهمیت هر یک از معیارها ممکن است افزایش یا کاهش یابد. بنابراین باید بتوان به طریقی این معیارها را در رابطه با هر شهر رتبه بندی نمود و اهمیت هر یک را مشخص کرد. در مورد پدیده‌ای نظیر شهر نیازمند دسترسی به نظرات افرادی است که از جنبه‌های مختلف با شهر آشنایی داشته و از اشراف کافی در این زمینه برخوردارند. یکی از روش‌هایی که می‌توان با استفاده از آن به دریافت نظرات متخصصان و صاحب نظران پرداخت فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است. این روش یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. بنابراین در این مرحله از این روش به منظور ارزیابی معیارها و زیرمعیارهای استخراج شده برای آسیب پذیری استفاده شد. نرم‌افزار Expert Choice به منزله‌ی ابزاری برای تحلیل و نتیجه‌گیری دقیق‌تر نظرات مسئولان و متخصصان شهر مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۳: وزن دهی به معیارها و زیر معیارها به روش AHP

معیار	وزن معیار	زیرمعیارهای مؤثر	وزن زیر معیار	شاخص	وزن شاخص	وزن نهایی		
ساختار کالبدی	۰،۱۰۷	مقاومت بنا	۰،۲۰	-	-	۰،۱۶		
		قدمت بنا	۰،۱۳	-	-	۰،۱۱		
		نوع بافت	۰،۱۶	شطرنجی	۰،۲۰	-	۰،۰۰۵	
				ارگانیک	۰،۵۰	-	۰،۱۳	
				ترکیبی	۰،۲۹	-	۰،۰۸	
		دانه بندی	۰،۱۵	-	-	۰،۱۲		
		عرض معبر	۰،۱۶	-	-	۰،۱۲		
		تراکم ساختمانی	۰،۱۸	-	-	۰،۱۴		
		شبکه‌ی دسترسی	۰،۱۴۴	فرودگاه	۰،۱۹	-	-	۰،۲۲
				راه آهن	۰،۱۲	-	-	۰،۱۷
ترمینال	۰،۰۸			-	-	۰،۰۰۸		
قطار شهری	۰،۰۸			-	-	۰،۰۰۹		
شربانی درجه یک	۰،۱۳			-	-	۰،۱۵		
شربانی درجه دو	۰،۰۹			-	-	۰،۱۱		
جمع و پخش کننده	۰،۰۹			-	-	۰،۱۰		
ورودی‌های شهر	۰،۱۴			-	-	۰،۱۶		
پل و تونل‌های معابر	۰،۰۷			-	-	۰،۰۰۸		
موزه	۰،۱۴			-	-	۰،۰۰۵		
مراکز فرهنگی	۰،۰۳۵	کتابخانه‌های اصلی	۰،۲۳	-	-	۰،۰۰۴		
		صنایع شیمیایی	۰،۲۵	-	-	۰،۱۲		
		صنایع میکروبی و بیولوژیک	۰،۳۴	-	-	۰،۱۶		
		صنایع هسته‌ای	۰،۱۹	-	-	۰،۰۰۹		
مراکز خاص	۰،۱۰۶	مراکز تولید و نگهداری منفجره	۰،۲۲	-	-	۰،۲۳		

ادامه جدول ۳: وزن دهی به معیارها و زیر معیارها به روش AHP

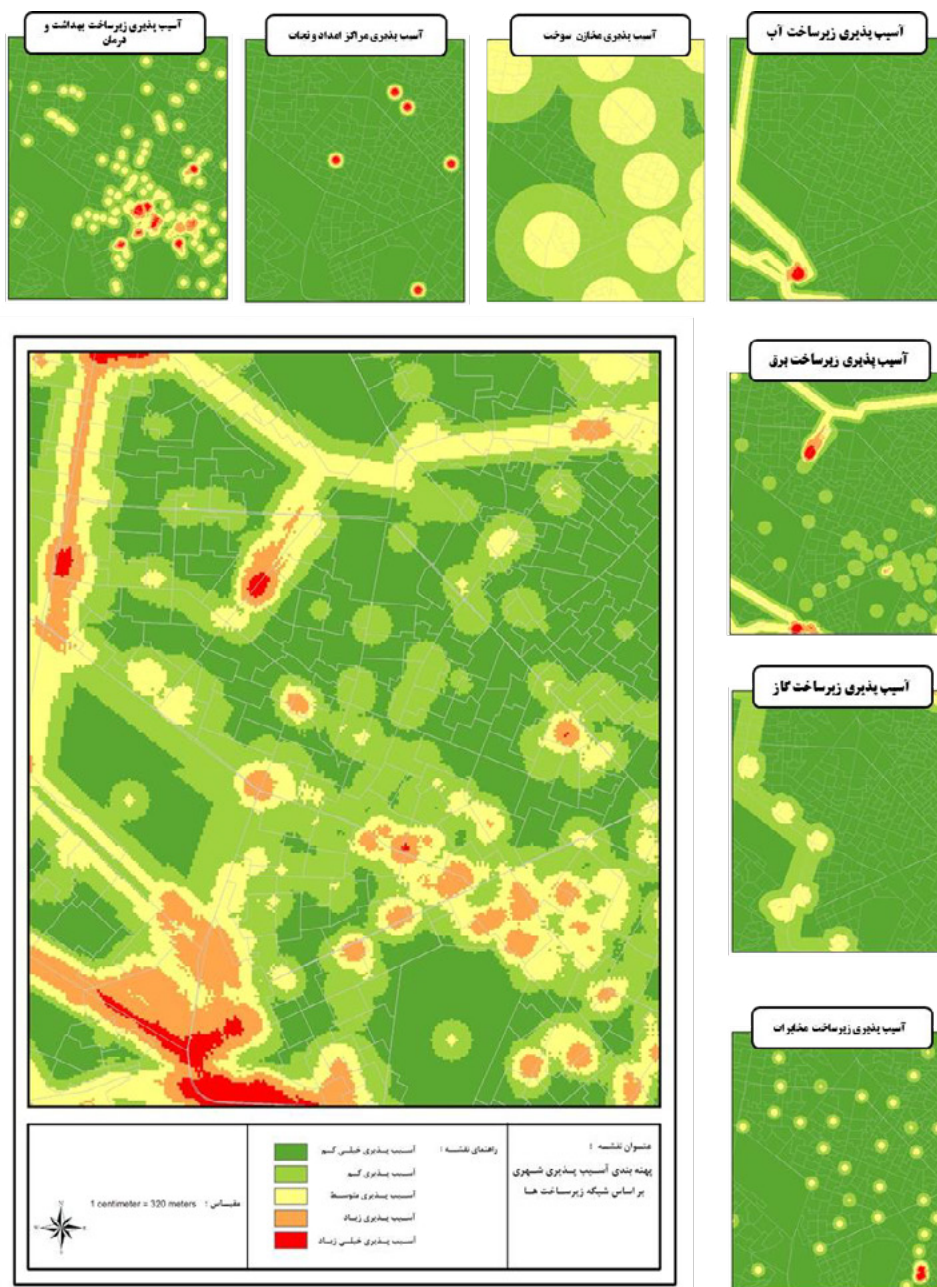
وزن معیار	وزن زیرمعیار	شاخص	وزن شاخص	وزن نهایی
	۰،۱۶	سد	۰،۱۹۵	۰،۰۲۹
		تصفیه خانه	۰،۱۶	۰،۰۲۴
		مخازن آب	۰،۱۹	۰،۰۲۸
		چاه آب	۰،۱۴	۰،۰۲۲
		توزیع آب	۰،۱۶	۰،۰۲۴
		خط انتقال آب	۰،۲۰	۰،۰۳۱
	۰،۱۷	نیروگاهها	۰،۲۵	۰،۰۳۲
		فیدرهای حساس	۰،۱۱	۰،۰۱۶
		توزیع برق	۰،۱۴	۰،۰۲۱
		پست برق	۰،۲۱	۰،۰۲۸
		خطوط انتقال برق	۰،۱۹	۰،۰۲۸
	۰،۱۵	سیستم کنترل و فرماندهی	۰،۱۳	۰،۰۱۹
		خط انتقال گاز	۰،۲۷	۰،۰۲۹
		توضیح گاز	۰،۱۲	۰،۰۱۳
		TBS	۰،۱۸	۰،۰۱۹
	۰،۱۲	CGS	۰،۲۳	۰،۰۲۵
		مراکز مخابرات	۰،۱۹	۰،۰۱۰
		ABTS	۰،۲۷	۰،۰۱۳
	۰،۱۳	BTS	۰،۲۲	۰،۰۱۲
		دیتاسنتر	۰،۳۵	۰،۰۲۲
	۰،۱۳	مراکز بهداشت و درمان (بیمارستانها و درمانگاهها)	۰،۲۲	۰،۰۲۲
		آتش نشانی	۰،۲۲	۰،۰۲۴
	۰،۱۶	مخازن سوخت	۰،۲۵	۰،۰۳۰
		مخازن سوخت	۰،۲۵	۰،۰۳۰
		پمپ بنزین	۰،۲۵	۰،۰۳۰
	۰،۱۶	CNG	۰،۲۵	۰،۰۳۰
۰،۱۴۴		تراکم جمعیتی	۰،۱۹	۰،۰۲۲
		زنان	۰،۰۹	۰،۰۰۹
		کودکان	۰،۰۹	۰،۰۱۰
		سالخوردگان	۰،۰۸	۰،۰۰۷
		افراد بیکار	۰،۱۱	۰،۰۱۱
		زندانیان	۰،۱۱	۰،۰۱۱
		بیسوادان	۰،۰۸	۰،۰۰۷
		مجرمان	۰،۱۲	۰،۰۱۳
۰،۱۲۳		بانکهای مادر	۰،۱۴	۰،۰۰۹
		صنایع مادر	۰،۰۳	۰،۰۱۸
		انبار و دیپوها	۰،۱۲	۰،۰۱۳
		مراکز تولید مواد غذایی	۰،۲۳	۰،۰۱۰
		زمینهای کشاورزی و باغات	۰،۱۱	۰،۰۰۷
۰،۰۹۹		استاندارداری	۰،۱۴	۰،۰۱۱
		فرمانداری	۰،۱۰	۰،۰۰۸
		شهرداری	۰،۱۵	۰،۰۱۲
		ثبت اسناد	۰،۰۹	۰،۰۰۷
		مراکز نظامی	۰،۰۹	۰،۰۰۷
		مراکز انتظامی	۰،۰۸	۰،۰۰۸
	۰،۱۹	۰،۰۱۵	۰،۰۱۵	
		صدا و سیما		

ارزش‌گذاری شده و سپس هشت نقشه‌ی نهایی حاصله با هم جمع شده و نقشه‌ی نهایی آسیب‌پذیری محدوده‌ی مورد نظر تهیه شده است.

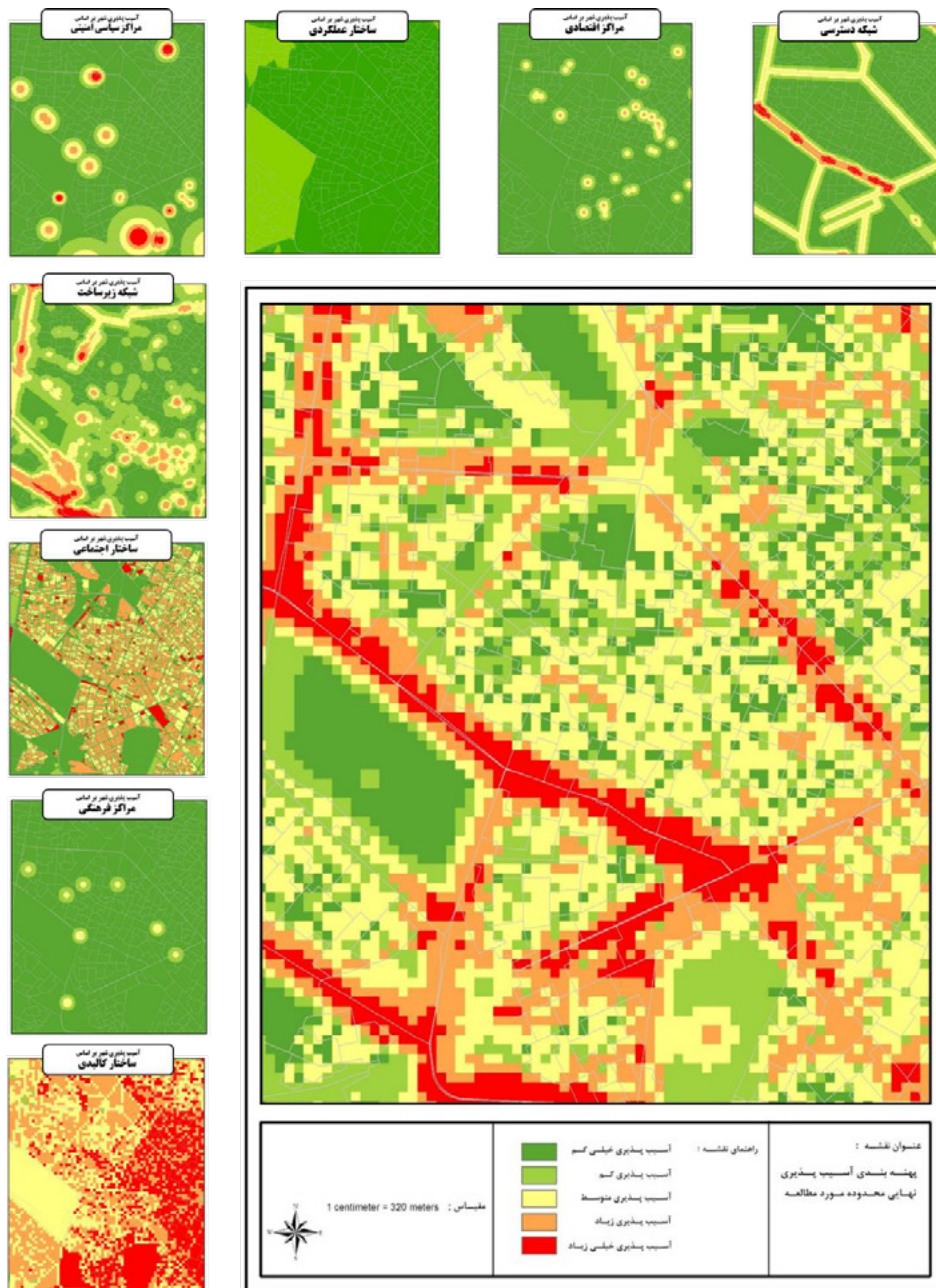
جمع‌بندی

در نهایت با اثرگذاری هر یک از معیارهای عنوان شده، نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری محدوده به دست آمده است که مشخص‌کننده‌ی هم‌افزایی‌های ناشی از آسیب‌پذیری معیارهای مختلف در محدوده است. این نقشه در پنج گروه خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم، میزان آسیب‌پذیری در سطح محدوده‌ی مورد بررسی را نمایش می‌دهد. بدیهی است با جابه‌جایی‌ها، آسیب‌پذیری ناشی از بودن یا نبودن دارایی مورد نظر تحت الشعاع قرار گرفته و نقشه‌ی آسیب‌پذیری تغییر خواهد نمود.

مربوط به ۵۴ لایه‌ی اطلاعاتی که در هشت دسته‌ی کلی قرار گرفته‌اند، با توجه به امتیاز داده شده، رتبه‌بندی شده و درصد تأثیر هر یک در نقشه‌ی نهایی آسیب‌پذیری محدوده مشخص می‌گردد. گفتنی است که عملیات جبری داده‌ها در دو مرحله‌ی مجزا صورت گرفته است. برای هر یک از معیارهای مورد نظر، نقشه‌ی آسیب‌پذیری به صورت مجزا تهیه شده و به منظور ترکیب لایه‌ها از روش Weighted Overlay (همپوشانی وزن‌دار) با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. به این معنی که در مرحله‌ی نخست زیرمعیارهای هر یک از معیارهای اصلی نسبت به هم ارزش‌گذاری شده‌اند و بدین ترتیب نقشه‌ی آسیب‌پذیری هر معیار اصلی به طور جداگانه استخراج شده است و در مرحله‌ی بعد هشت معیار اصلی با توجه به امتیازات کسب شده، نسبت به هم



تصویر ۱: آسیب‌پذیری زیرمعیارهای مربوط به معیار آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها (نمونه‌ی مطالعاتی فرضی)



تصویر ۲: پهنه بندی نهایی آسیب پذیری نمونه مطالعاتی فرضی

شهر سومین معیار با اهمیتی است که شهر را دچار آسیب پذیری می‌نماید و معیار کالبدی به منزله‌ی چهارمین معیار با اهمیت در ارزیابی آسیب پذیری‌های شهر مورد بررسی قرار گرفته است که در نقشه‌ی نهایی این معیار اثرگذاری متفاوتی در نقاط مختلف داشته است.

نتیجه‌گیری

آسیب پذیری به معنای شرایطی است که در معرض خطر بودن یک جامعه را افزایش دهد یا به عبارتی نقطه ضعف‌هایی است که منجر به افزایش تبعات پس از وقوع خطر خواهد شد. بررسی ادبیات موجود نشان داد، آسیب پذیری سیستم شهری نه تنها ناشی از آسیب پذیری اجزای سیستم است بلکه مجاورت دارایی‌ها در کنار یکدیگر نیز اثرات هم‌افزایی بر آسیب پذیری شهر دارد؛

در انتهای هر بخش که متعلق به یکی از معیارها است، نقشه‌ی نهایی معیارهای اصلی آورده شده است. برآیند این نقشه‌ها که در واقع از هم‌پوشانی آن‌ها و اعمال وزن‌های مربوطه حاصل شده است، نقشه‌ی نهایی پهنه بندی آسیب پذیری محدودی مورد نظر را نشان می‌دهد.

در بین معیارهای آسیب پذیری، شبکه‌ی زیرساخت‌های شهری مهم‌ترین معیاری است که در آسیب پذیری شهر نقش بسزایی ایفا می‌کند. تأثیری که این معیار بر نقشه‌ی نهایی آسیب پذیری محدودی مورد نظر دارد بسیار بیشتر از سایر معیارها است.

شبکه‌ی دسترسی‌ها دومین معیار با اهمیت در ارزیابی آسیب پذیری محدودی مورد بررسی است. شبکه‌ی اقتصادی

دوفصلنامه‌ی علمی و پژوهشی مدیریت بحران، پاییز و زمستان ۱۳۹۷.

۷. حسین زاده، سید رضا (۱۳۸۳). برنامه‌ریزی همگام با مخاطرات طبیعی با تأکید بر ایران. *مجله‌ی جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، شماره‌ی سوم.

۸. امینیان، امیراحمد؛ صیامی، قدیر؛ تقی‌نژاد، کاظم؛ زاهدی کال کی، ابراهیم (۱۳۹۴). تخمین آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با تأکید بر فاصله از تأسیسات شهری با روش منطق فازی. *دوفصلنامه‌ی علمی و پژوهشی مدیریت بحران*. شماره‌ی ۸، ۴۷ - ۵۴.

۹. عابدی، مهدی (۱۳۹۰). بررسی اثرات ناشی از تخریب ساختمان‌ها پس از وقوع زلزله در معابر شهری - نمونه موردی محله چیندر منطقه‌ی ۱. پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شهرسازی - برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

۱۰. شمس، مجید؛ جعفر معصوم‌پور، شهرام سعیدی؛ شهبازی، حسین (۱۳۹۰). بررسی مدیریت بحران در بافت‌های فرسوده شهر کرمانشاه مطالعه‌ی موردی محله فیض آباد. *مجله آمایش محیط*، دوره‌ی ۴، شماره‌ی ۱۳، ۴۱-۴۶.

۱۱. حبیبی، کیومرث و همکاران (۱۳۸۷). تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC. *هنرهای زیبا*، شماره‌ی ۳۳، صص ۲۷-۳۶.

۱۲. زندگی آبادی، علی؛ محمدی، جمال؛ صفایی، همایون؛ قائدرحمتی، صفر (۱۳۸۷). تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله، نمونه‌ی موردی: مسکن شهر اصفهان، *مجله علمی - پژوهشی جغرافیا و توسعه*، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان، دوره‌ی ۶، شماره‌ی پیاپی ۶۱، ۷۹-۶۱.

۱۳. بمانیان، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی؛ خالصی، محمدمهدی؛ بمانیان، رضا (۱۳۹۱). کاهش خطرپذیری شهر از بلایای طبیعی (زلزله) از طریق برنامه‌ریزی کاربری زمین. *دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران*، شماره‌ی دوم، ۵-۱۵.

۱۴. احمدی، عبدالمجید؛ فتحی، سعید؛ اکبری، ابراهیم (۱۳۹۷). ارزیابی تاب‌آوری محیط شهری در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زمین‌لرزه با استفاده از منطق فازی و GIS (مطالعه‌ی موردی: شهر ارومیه). *نشریه‌ی جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره‌ی ۲۷.

۱۵. حیدری، محمدجواد (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری از خطر زلزله (مطالعه‌ی موردی: بافت قدیم شهر زنجان). *نشریه‌ی مهندسی جغرافیایی زمین*، دوره‌ی دوم، شماره‌ی ۳، بهار و تابستان.

16. Chunliang XiuT, Lin Cheng, Wei Song, Wei Wu. (2011). Vulnerability of large city and its implication in urban planning: A perspective of intra-urban structure, *Chinese Geographical Science*, Volume 21, Issue 2, pp 204-210.

17. UN (United Nations) (2002). Report of the World Summit on Sustainable Development. UN, New York, NY.

18. Piers Blaikie, Terry Cannon, Ian Davis, and Ben Wisner (2004). At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters, Routledge, 2nd Edition

19. David A. Moorea, , Brad Fullera, Michael Hazzana, J. William Jonesb (2007). Development of a security vulnerability assessment process for the RAMCAP chemical sector. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 142, Issue 3, Pages 689-694.

۲۰. احدنژاد روشنی، محسن؛ روستایی، شهریور؛ کاملی فر، محمدجواد (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه‌ی معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۱ شهر تبریز. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر*، دوره ۲۴، شماره ۹۵.

۲۱. توکلی، حمیدرضا؛ اکبرپور، سوده (۱۳۸۹). ملاحظات بهسازی ساختمان‌ها

بنابراین این پژوهش با ارائه‌ی مدل جامع ارزیابی آسیب‌پذیری، امکان پهنه‌بندی شهر بر اساس میزان آسیب‌پذیری ناشی از نبود یا وجود دارایی‌های شهری را فراهم آورد به گونه‌ای که اثرات متقابل و هم‌افزا آسیب‌پذیری اجزا در این مدل قابل دست‌یابی است. به این منظور ابتدا اجزا و معیارهای مختلف سنجش آسیب‌پذیری شهر مورد واکاوی قرار گرفت. به‌طورکلی معیارها شامل ساختار کالبدی، دسترسی، زیرساخت، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، سیاسی- امنیتی- مدیریتی و مراکز خاص است و می‌توان آن‌ها را متناسب با مکان و زمان، بومی‌سازی نمود. آنچه مسلم است تمامی معیارها دارای ارزش واحدی نیست و به تبع پیامد هر یک از آن‌ها در شهر متفاوت است و از این رو در منظر مسئولان و متخصصان جایگاه متفاوتی دارند که بر اساس پرسش‌نامه‌های توزیع شده، زیرساخت‌ها به خصوص زیرساخت سوخت‌رسانی و برق از بیشترین اثرگذاری بر آسیب‌پذیری برخوردارند. علاوه بر این آسیب‌پذیری در دو دسته قابل بررسی است: نخست ناشی از پیامدهای فیزیکی و تخریب اجزا که با شعاع آسیب‌پذیری مطرح می‌شود و وابسته به میزان مواد خطرناک است و دسته‌ی دوم به واسطه‌ی عدم پوشش شعاع عملکردی مراکز امداد و نجات و بیمارستان‌ها و ... در سطح شهر مطرح است. در نمونه‌ی موردی فرضی با اعمال شعاع‌های آسیب‌پذیری و ضریب اهمیت هر یک، پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر مشخص شد که می‌تواند مبنایی برای پیشنهاداتی در محدوده‌ی فرضی باشد.

پی‌نوشت

1. Lifeline
2. Infrastructure
۳. در مقاله‌ی ارائه‌ی الگوی ارزیابی خطرپذیری (ریسک) براساس تلفیق رویکردهای عملکردی و آمایشی در زیرساخت‌های حیاتی که در سال ۱۳۹۴ در فصلنامه‌ی مدیریت بحران چاپ شده به روش‌های ارزیابی حساسیت دارایی‌ها به طور خاص پرداخته شده است.

منابع

1. Bugliarello, Georg (2005). Urban security in the United States: An overview. *Technology in Society*, Volume:25, Issue:4
2. Bugliarello, Georg (2003). Urban security in perspective, Article in *Technology in Society* 25(4):499-507
3. Lewis M. Branscomb (Jan.-Apr. 2006). Sustainable Cities: Safety and Security. *Technology in Society*, Vol. 28, issue 1-2
۴. تقوایی، مسعود؛ جوزی خمسلویی، علی (۱۳۹۰). بررسی آسیب‌پذیری کاربری‌های شهری در مسیرهای راهپیمایی با رویکرد پدافند غیرعامل. *فصلنامه‌ی آمایش محیط*، شماره‌ی ۱۶، ۲-۱۶.
5. Qian Gangvi et al. (2009). System Vulnerability of Urban Lifeline in Emergency Response. *Management and Service Science*, 2009. MASS '09. International Conference on Wuhan, Pages 1 - 4.
۶. رازیور، مهدی؛ عراقی زاده، مجتبی؛ علی‌الحسابی، مهران (۱۳۹۷). الگوی تبیین شاخص‌های دفاع غیرعامل در راستای کاهش آسیب‌پذیری شهری.

- در برابر اجزای پیش‌رونده. اولین کنفرانس پدافند غیرعامل و سازه‌های مقاوم.
۲۲. محمدی ده چشمه، مصطفی (۱۳۹۲). شکل خوب شهر از منظر ملاحظات پدافند غیرعامل. کنگره انجمن ژئوپلتیک ایران.
۲۳. کامران، حسن؛ امینی، داوود؛ حسینی امینی، حسین (۱۳۹۱). کاربرد پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی مسکن شهری. *مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*. سال چهارم، شماره‌ی پانزدهم.
۲۴. بهرام پور، مهدی؛ بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۱). تبیین الگوی جانمایی پایگاه‌های مدیریت بحران با استفاده از GIS-نمونه‌ی موردی شهر تهران منطقه‌ی ۳. *مجله‌ی مدیریت بحران*، شماره‌ی اول، ص ۵۱-۵۹.
۲۵. عزیز، محمد مهدی؛ اکبری، رضا (۱۳۸۷). ملاحظات شهرسازی آسیب‌پذیری شهرها از زلزله‌ی تهران، *نشریه‌ی هنرهای زیبا*. شماره ۴۰، تهران
۲۶. قلی زاده، سعید؛ نکویی، محمدعلی؛ فیضی، احسان (۱۳۹۴). کاربرد ارزیابی خطر پذیری امنیتی در سامانه ریلی و ایستگاه راه آهن. *دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران*، شماره‌ی هفتم، بهار و تابستان
۲۷. محمدپور، علی؛ ضرغامی، سعید (۱۳۹۳). الزامات مکان‌یابی تأسیسات شهری از دیدگاه پدافند غیرعامل. *مجله سپهر*، شماره‌ی ۹۰، ص ۸۹-۹۳.
۲۸. هاشمی فشارکی، جواد؛ شکیبامنش، امیر (۱۳۹۰). *طراحی شهری از منظر دفاع غیرعامل*. انتشارات بوستان حمید.
۲۹. نوراللهی، حانیه؛ برزگر، اکرم؛ عوض‌آبادیان، فرشید، سلیمانی، عاطفه؛ علیخانی، آرزو (۱۳۹۴). ارائه‌ی الگوی ارزیابی خطرپذیری ریسک براساس تلفیق رویکردهای عملکردی و آمایشی در زیرساخت‌های حیاتی. *فصلنامه مدیریت بحران*، شماره‌ی هفتم، تهران.
۳۰. ابراهیم زاده، عیسی؛ احدنژاد، محسن؛ ابراهیم زاده آسمین، حسین؛ شفیعی، یوسف (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی و ساماندهی فضایی مکانی خدمات بهداشتی و درمانی با استفاده از GIS-مورد: شهر زنجان. *مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، شماره ۷۳، ۳۹-۵۸.
31. Enarson, Elaine, and Betty Hearn Morrow, eds. (1998). *The gendered terrain of disaster*. Westport, CT: Praeger.
32. Peacock, Walter G., Betty Hearn Morrow, and Hugh Gladwin. (1997). *Hurricane Andrew: Ethnicity, Gender and the Sociology of Disaster*. London: Routledge
33. Tierney, Kathleen. (2006). Social Inequality, Hazards, and Disasters. In *On Risk and Disaster: Lessons from Hurricane Katrina*, edited by R. J. Daniels, D. F. Kettl, and H. Kunreuther. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
34. CLimate change and Urban Vulnerability in Africa (CLUVA), 2011.