Archive of SID

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

ارزیابی آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری با رویکرد پدافند غیرعامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز

علیرضا صادقی[۱]، محمد حیدری[۲*]؛فاطمه آقایی[۳]؛

۱- استادیار بخش شهرسازی دانشکدهٔ هنر و معماری دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنر و معماری دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۰۲ ؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۱۰

واژگان کلیدی

آسیب‌پذیری کالبدی
پدافند غیرعامل
سیستم اطلاعات جغرافیایی
تحلیل سلسله مراتبی فازی
میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی

چکیده

امروزه به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی شهری با هدف به‌حداقل رساندن خسارت‌های احتمالی ناشی از تهدیدهای انسان‌ساخت، جایگاه مهمی دارد. براین‌اساس در فرآیند مدیریت خطرپذیری، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری کالبدی شهری و شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر امری ضروری است. از اینرو هدف اصلی این پژوهش تعیین میزان اهمیت شاخص‌های موثر بر آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری، ارزیابی کلانشهر شیراز بر اساس این شاخص‌ها و شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر شیراز در شرایط وقوع تهدیدهای انسان‌ساخت احتمالی است. این پژوهش از نظر روش‌شناسی، توصیفی-تحلیلی و موردی است. به منظور شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر شیراز از مدل تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی و میانگین‌گیری وزن‌دار مرتب در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد و در این روند مقایسه زوجی معیارها، تعیین وزن معیارها و تهیه نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی انجام شد. شاخص‌ها و معیارهای استفاده شده در این تحقیق از مبانی نظری پژوهش بدست آمد و جهت تعیین میزان اهمیت هر یک از معیارها از شیوه مصاحبه با خبرگان (۱۵ کارشناس) و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (*FAHP*) استفاده شد. نقشه‌های مربوط به معیارهای سنجش آسیب‌پذیری با به‌کارگیری منطق فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی در سطح بلوک‌های شهری تهیه و سپس نقشه های فازی با استفاده تابع ترکیب خطی وزن‌دار با یکدیگر ترکیب و با استفاده از شیوه میانگین‌گیری وزن‌دار مرتب (*OWA*)، نقشه‌های نهایی آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در ۵ سطح خطرپذیری تهیه شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط خطرپذیری بالا (*Orness = 1*) ۲۷ درصد از بلوک‌های شهری کلانشهر شیراز شامل پهنه‌های وسیعی از مناطق ۸ و ۲ و بخش‌هایی از مناطق ۱، ۵، ۱۲ و ۴ در شرایط آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد و ۶۵ درصد از بلوک‌های شهری در شرایط آسیب‌پذیری متوسط قرار دارند.

۱- مقدمه

تاریخ زندگانی بشر همواره با عنصر جنگ همراه بوده است. این واقعیت به‌قدری ملموس و تأثیرگذار بوده که به‌عنوان یک پدیده اجتماعی پذیرفته‌شده است و در کنار متخصصان امور نظامی، برخی از جامعه‌شناسان نیز مطالعات خود را به جنگ و اثرات زیادی که بر حیات بشر می‌گذارد اختصاص داده‌اند. به منظور مقابله با شرایط تهدیدآمیز ناشی از وقوع جنگ‌های احتمالی، انسان‌ها از عامل دفاع در سطوح مختلف استفاده کرده‌اند (سند راهبردی سازمان پدافند غیرعامل کشور,

* تهران؛ میدان ولیعصر؛ بلوار کشاورز، خیابان کبکانیان، کوچه میرسرابی، پلاک ۱۲؛ شماره تماس: ۰۹۱۷۲۶۰۸۷۲۶
رایانامه: **mohammad.heydari@modares.ac.ir**

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳۸۸). در این زمینه و در کنار توسعه تجهیزات و سامانه‌های هوشمند و پیشرفته نظامی، پدافند غیرعامل و اصول آن موردتوجه ویژه قرارگرفته و زمینه جهت همکاری و مشارکت تمامی نهادها، نیروها، سازمان‌ها، صنایع و حتی مردم عادی جهت دفاع مشروع از کشور فراهم شده‌است (تقوایی و جوزی خسلویی، ۱۳۹۱). در مباحث مرتبط با پدافند غیرعامل و در زمینه آمادگی و مقابله با تهدیدهای احتمالی دشمنان و کاهش تلفات ناشی از آن، سنجش میزان خطرپذیری بافت-های شهری اهمیت ویژه‌ای دارد و سنجش میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری از گام‌های اولیه و اصلی فرآیند مدیریت خطرپذیری بافت‌های شهری است. چرا که امروزه 55 درصد از جمعیت جهان و بیش از ۷۴ درصد از جمعیت ایران در مناطق شهری زندگی می‌کنند و تخمین زده است که تا سال ۲۰۵۰ این مقدار در جهان به ۶۸ درصد و در ایران به بالاتر از ۸۰ درصد خواهد رسید (*United-Nations, 2018*) این مهم در حالی است که به نظر می‌رسد مراکز شهری متناسب با رشد جمعیت و افزایش سطوح فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بیش‌تر از گذشته آسیب‌پذیر شده‌اند. کشور ما نیز از قاعده مستثنی نبوده و وجود حجم قابل توجهی از بافت‌های شهری بالقوه آسیب‌پذیر (شامل بافت‌های فرسوده، سکونتگاهی غیررسمی و حاشیه‌ای، واجد ضعف‌های ساختاری و سازه‌ای عمده) با تراکم جمعیتی بالا گواه این مدعی است. از اینرو مساله ارزیابی آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری به عنوان یکی از موضوعات اصلی مورد توجه برنامه‌ریزان و مدیران شهری قرار گرفته است(*Desouza & Flanery, 2013; Ebrahimian Ghajari et al, 2017; Parnell, 2016;*). انجام دادن تحقیقات در مورد آسیب‌پذیری پهنه-های شهری در هنگام وقوع تهدیدهای انسانساخت احتمالی، به ویژه برای شهرهای اصلی و کلانشهرها که به نوعی قطب فعالیت‌های منطقه‌ای، ملی یا بین‌المللی هستند، بسیار حائز اهمیت است. نتایج چنین تحقیقاتی می‌تواند توسط برنامه-ریزان و تصمیم‌گیران شهری به منظور افزایش آمادگی و آینده‌نگری در مقابله با حوادث و تهدیدهای مخرب به کار گرفته شوند. همچنین سنجش میزان آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری به طور گسترده به عنوان یک راهبرد مؤثر برای افزایش انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری شهری و کاهش اثرات حوادث احتمالی مورد توجه قرار گرفته‌است (*Chmutina, Lizarralde, Dainty, & Bosher, 2016; Desouza & Flanery, 2013; Sharifi & Yamagata, 2016*).

با توجه به آنچه گفته شد ضرورت توجه به ارزیابی آسیب-پذیری بافت‌های شهری در ایران و انجام دادن تحقیقات علمی در این زمینه به خوبی احساس می‌شود چرا که کشور ما ایران، با توجه موقعیت جغرافیایی ویژه در منطقه خاورمیانه و تهدیدات مداوم خارجی و تجربه هشت سال جنگ تحمیلی همواره در معرض خطر هجوم دشمنان قرار دارد. از طرفی کلانشهر شیراز با داشتن تراکم جمعیتی بالا در برخی مناطق، برخورداری از حجم بالایی از بافت‌های شهری فرسوده (نزدیک به ۱۸۰۰ هکتار) و نزدیک به ۴۰ پهنه سکونتگاهی غیررسمی شناسایی شده در کنار نقش فراشهری و مرکزیت سیاسی خود در استان فارس و منطقه جنوب کشور نیازمند تدابیر دفاعی و پدافندی ویژه است. بر این اساس هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بلوک‌های شهری کلانشهر شیراز و پهنه‌بندی بافت‌های شهری آسیب‌پذیر در این کلانشهر است. بر این اساس سوال‌های اصلی این تحقیق عبارتند از: ۱) شاخص‌ها و معیارهای اساسی بررسی میزان آسیب‌پذیری کالبدی شهری کدام‌اند و میزان اهمیت هریک در مقایسه با دیگری چگونه است؟ ۲) در شرایط خطرپذیری متفاوت، کدام پهنه‌های شهری کلانشهر شیراز در مواجهه با حملات احتمالی مستعد آسیب هستند؟

۲- پیشینه تحقیق

در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری شهری با رویکرد پدافند غیرعامل تحقیقات مختلفی هم در بعد نظری و هم کاربردی انجام شده‌است. تحقیقات مرتبط با مفهوم آسیب پذیری شهری به دو نوع آسیب‌پذیری در برابر حوادث طبیعی و آسیب‌پذیری در برابر حوادث غیرطبیعی با عاملیت انسانی تقسیم بندی می‌شود که با توجه به هدف تحقیق حاضر و رویکرد پدافند غیرعامل نوع دوم این تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته است. در زمینه روش‌شناسی این تحقیقات، به طور کلی می‌توان به تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر *GIS* اشاره کرد که در موارد متعددی به کار گرفته شده است؛ به طور مثال می‌توان به تحقیق عزیزی و برنافر (۱۳۹۱) با عنوان ارزیابی آسیب پذیری شهری ناشی از حملات هوایی در محدوده مطالعاتی ناحیه یک از منطقه ۱۱ شهر تهران اشاره کرد. این تحقیق آسیب پذیری این محدوده را در هنگام

www.SID.ir

Archive of SID

حملات هوایی براساس روش تحلیل سلسله مراتبی[1] به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد ارزیابی قرارداده‌است و نتایج این پژوهش نشانگر آن است که در مجموع ۹۲/۴ درصد بلوک های ساختمانی واقع در محدوده، دارای آسیب پذیری متوسط به بالا بوده‌اند. همچنین شاهیوندی (۱۳۹۵) در مطالعه دیگری با عنوان سنجش میزان آسیب پذیری محلات شهری در تطابق با اصول پدافند غیرعامل در نمونه موردی شهر شهرکرد، با استفاده از تکنیک‌های *ANP*،*AHP* و همچنین استفاده از قابلیت‌های محاسباتی در محیط *GIS*، سطوح شهری شهرکرد را در شش طبقه آسیب‌پذیری خیلی زیاد تا خیلی کم پهنه‌بندی کرده است.

درنظرنگرفتن شرایط عدم قطعیت در ارزش‌گذاری معیارها از جمله مشکلاتی هست که در پژوهش‌های مذکور و تحقیقات مشابه مشاهده می‌شود. در جهت رفع این مشکل استفاده از اعداد فازی در مقایسه‌های زوجی و ارزش‌گذاری معیارها با عنوان تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی[2] مورد توجه قرار گرفته‌است. از اولین تلاش‌ها برای فازی کردن *AHP* می‌توان به روش ارائه شده توسط دو محقق هلندی در سال ۱۹۸۳ اشاره کرد که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی[3] بنا شده بود. اما تعداد محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش باعث شده است که چندان مورد استفاده قرار نگیرد. بنابراین روش‌های ساده‌تری جهت بکار بردن *AHP* به صورت فازی توسعه یافت که از آن جمله می توان به "روش باکلی[4]" اشاره کرد که این روش در سال ۱۹۸۵ ارائه گردیده است. در این روش از اعداد فازی ذوزنقه ای[5] استفاده می‌گردد و جهت محاسبهٔ اوزان نیز از میانگین هندسی استفاده می شود *(Buckley, 1985)*. در سال ۱۹۹۶ روش جدیدی را جهت بکارگیری *AHP* به صورت فازی تحت عنوان روش تحلیل توسعه ای[6] ارائه شد که اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد فازی مثلثی بودند *(Chang, 1996)*. از جمله تحقیقاتی که با استفاده از تکنیک *FAHP* به تحلیل آسیب‌پذیری پرداخته است می‌توان به تحقیق ابراهیمیان قاجاری و همکاران (۲۰۱۸) تحت عنوان تحلیل آسیب‌پذیری شهری در شرایط مختلف انفجار اشاره کرد که در این تحقیق با استفاده از عملگر *OWA* به تولید نقشه پهنه‌بندی ریسک‌پذیری در شرایط مختلف پرداخته شده‌است. نتایج این تحقیق در نمونه موردی منطقه ۶ تهران نشان داد که ۷۰ درصد از ساختمان‌های موجود، در پهنه آسیب‌پذیری بالا قرار دارند. با توجه به آنچه گفته شد جنبه جدید بودن و نوآوری تحقیق حاضر توجه به عدم قطعیت در ارزش‌گذاری معیارها و در نظر گرفتن شرایط ریسک‌پذیری مختلف به منظور ارزیابی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر شیراز بوده‌است.

۳- چارچوب نظری موضوع تحقیق

۱-۲- پدافند غیر عامل شهری

پدافند یا دفاع در دو گونه عامل و غیرعامل مطرح می‌شود: «پدافند عامل»، بکارگیری عملیات تهاجمی در راستای ممانعت از هجوم دشمن است و به بیانی دیگر، پدافند عامل، استفاده مستقیم از اسلحه و جنگ‌افزار است که باهدف خنثی نمودن و یا کاستن از عواقب عملیات هوایی، زمینی، دریایی، نفوذی، خرابکارانه و عملیات تروریستی دشمن بر روی مواضع خودی به کار گرفته می‌شود (موحدی نیا، ۱۳۸۸). دفاع یا پدافند غیرعامل استفاده از روش‌هایی است که برای کاهش آثار و زیان های ناشی از اقدامات خصمانه دشمن یا به حداقل رساندن آن به کار می‌رود (هاشمی فشارکی و جلالی فراهانی، ۱۳۹۰). در زمینه اصول پدافند غیرعامل، بندهای ۲ و ۹ سیاست‌های کلی نظام در مورد معیارهای پدافند غیرعامل کشور به این موارد اشاره کرده‌است: انتخاب عرصه ایمن، پراکنده‌سازی یا تجمیع حسب مورد، حساسیت‌زدایی، اختفاء، استتار، فریب دشمن و ایمن‌سازی نسبت به مراکز جمعیتی و حائز اهمیت به ویژه در طرح‌های آمایش سرزمین، ممانعت از ایجاد تأسیسات پرخطر در مراکز جمعیتی و بیرون بردن این‌گونه تأسیسات از شهرها و پیش‌بینی تمهیدات ایمنی برای آن دسته از تأسیساتی که وجود آن‌ها الزامی است و ممانعت از ایجاد مراکز جمعیتی درکنار تأسیسات پرخطر با تعیین حریم آن‌ها (اسکندری، ۱۳۹۰).

انسان در طول تاریخ همواره در فکر کنترل و کاهش آسیب‌های ناشی از تهدیدها، حوادث و بحران‌های گوناگون

[1] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[2] Fuzzy analytic hierarchy process
[3] Logarithmic Least Square
[4] Buckley method
[5] Trapezoidal Fuzzy Numbers
[6] Extent Analysis Method

www.SID.ir

Archive of SID

بوده است (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸). بدون شک شهرها و تجهیزات شهری به دلایل مختلفی از جمله محل تجمع نیروی انسانی، استقرار مراکز سیاسی، اداری و نظامی، برخورداری از امکانات و خدمات رفاهی و سرمایه‌های مادی و فرهنگی، حلقه ارتباطی و کانون انسجام منطقه‌ای و پسکرانه روستایی از مهم‌ترین مقاصد حملات نظامی در جنگ‌ها هستند و پیوسته باید فشارهای ناشی از جنگ را متحمل شوند (اسماعیلی‌شاهرخت و تقوایی، ۱۳۹۰). در واقع امروزه یکی از رویکردهای مطرح در برنامه‌ریزی شهری و ساماندهی شهرها و مجتمع‌های زیستی رویکرد پدافند غیرعامل و با هدف پیش‌گیری و مقابله با بحران‌های احتمالی در حوزه‌های انسان، فعالیت و فضا است. این رویکرد با سازمان‌دهی و مدیریت نهادها و ارگان‌های مختلف و شهروندان صورت می‌پذیرد (پریزادی، حسینی‌امینی و شهریاری، ۱۳۸۹). دفاع شهری در دوران جنگ جهانی دوم و در تلاش‌هایی که برای مقابله با حمله هوایی، تدارک پناهگاه و هشدار برای غیرنظامیان صورت می‌گرفت به وجود آمد *(Alexander, 2002)*. مهم‌ترین هدف اجرایی پدافند غیرعامل در مقیاس شهر حفظ تجهیزات حیاتی و حساس شهر در مواقع بحرانی و تداوم استفاده از فعالیت‌ها و خدمات در این شرایط می‌باشد. این هدف باشناسایی استخوان‌بندی فضایی، مراکز اصلی شهر و ویژگی‌های ناحیه‌ای شهر تأمین می‌شود (احمرلوئی، ۱۳۸۹). لازمه ارائه راهبردها و برنامه‌های ارتقاء ایمنی و در شهرها شناسایی بحران‌ها در سطوح مختلف و تحلیل، ارزیابی و مدیریت آن‌ها است. لذا برنامه‌ریزی و طراحی دقیق در سطح شهرها، تعیین نقاط آسیب‌پذیر، پهنه‌بندی مناطق مخاطره‌آمیز در شهرها و تقویت سازمان‌های دخیل در مدیریت بحران می‌تواند در پایداری شهرها در برابر ناامنی‌های شهری از بحران بسیار مؤثر باشد (عسگری، ۱۳۸۳). در این زمینه بررسی و تحلیل آسیب‌پذیری شهری یکی از مهم‌ترین اقداماتی است که بایستی به منظور شناسایی نواحی هدف برنامه‌ریزی و برطرف کردن خلأهای موجود پدافندی صورت پذیرد.

۲-۲- معیارهای سنجش آسیب‌پذیری شهری

آسیب‌پذیری، میزان گسترده‌ای از حساسیت در برابر تحمل تلفات و خسارت‌ها است. در تعریف دیگری، آسیب‌پذیری عبارت است از هر نقطه ضعفی که توسط دشمن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد تا دشمن به طور غیرمجاز به دارایی‌های یک زیرساخت دسترسی پیدا کند و متعاقباً به آن-ها خسارت وارد یا آن‌ها را سرقت کند (نورالهی و دیگران، ۱۳۹۴). به عبارت دیگر، آسیب‌پذیری یک تابع ریاضی است و به مقدار خسارت پیش‌بینی‌شده برای هر عنصر در معرض خطرهای مصیبت‌بار، با شدت معین، گفته می‌شود. تحلیل آسیب‌پذیری فرایند برآورد آسیب پذیری عناصر معینی است که در معرض خطر احتمالی ناشی از وقوع مصیبت بار هستند *(Fischer, Scharnberger & Gei, 1996)*. در این زمینه آسیب‌پذیری شهری میزان احتمال زیان‌دیدن شهرها و زیرساخت‌های شهری در مقابل حوادث طبیعی و غیرطبیعی است *(Karashima, Ohgai & Saito, 2014)*. در واقع آسیب پذیری شهری می‌تواند به عنوان میزان خلل و زیانی که به مؤلفه‌های یک شهر وارد می شود، تعریف گردد. آسیب پذیری شهر تابعی از شدت و فراوانی مخاطرات، میزان حساسیت سیستم شهری و ظرفیت تطابقی شهر است *(Brooks, 2003)*. بنابراین آسیب‌پذیری شهری میزان خسارتی است که در صورت بروز سانحه به اجزا و عناصر یک شهر بر حسب چگونگی کیفیت آن ها وارد می شود (پویان و ناطقی الهی، ۱۳۷۸). به طور کلی، انواع متفاوتی از آسیب-پذیری وجود دارد که به چهار دسته اصلی فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی تقسیم می‌شوند (*Ahsan & Warner, 2014; Kim & Marcouiller, 2015*). همچنین آسیب-پذیری بر اساس منشأ حادثه، در دو طیف طبیعی و انسان-ساخت طبقه‌بندی شده‌است (*Sennewald & Baillie, 2015*). یکی از مهم‌ترین تئوری‌ها در زمینه شناسایی نقاط آسیب‌پذیر شهری «تئوری پنج حلقه واردن» است. تئوری ۵ حلقه واردن که توسط آمریکا و متحدینش در جنگ ۴۳ روزه خلیج فارس و جنگ عراق مورد استفاده قرار گرفته است، متشکل از پنج حلقه دوایر متحدالمرکز (رهبری ملی، محصولات کلیدی، زیرساخت‌ها، جمعیت مردمی و نیروهای عملیاتی) است که ساختارهای اصلی قدرت هر کشور را نشان می‌دهد که به صورت بالقوه آسیب‌پذیر هستند (موغلی، متقی و حسینی‌امینی، ۱۳۹۴). در ارتباط با نقش برنامه‌ریز در کاهش آسیب‌پذیری شهری به طور کلی تأسیسات شهری، زیرساخت‌های حمل‌ونقل و جمعیت مردمی (تراکم جمعیتی) بایستی مورد توجه قرارگیرد. همچنین در طبقه‌بندی صورت

www.SID.ir

Archive of SID

گرفته در طرح‌های کالبدی ملی و منطقه‌ای، عوامل و عناصر آسیب‌پذیر شهر به سه دسته ترتیبی مراکز حیاتی[7]، مراکز حساس[8] و مراکز مهم[9] تقسیم شده است (مقررات ملی ساختمان, ۱۳۸۸). با توجه به آنچه گفته شد و با مرور پژوهش‌های موجود در این حوزه، در جدول شماره ۱، شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری شهری ارائه شده‌است. (جدول شماره ۱)

جدول ۱- شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری شهری. ماخذ: نگارندگان با استفاده از منابع مختلف

شاخص‌ها و معیارهای آسیب‌پذیری شهری	ماخذ
شریان‌های حیاتی (شبکه انتقال آب، مخازن آب،شبکه توزیع برق، شبکه انتقال گاز، شبکه ارتباطی)، مراکز مدیریت محران (بیمارستان‌ها، مراکز امدادرسانی،فرمانداری، شهرداری)، مراکز نظامی و انتظامی (پادگان‌های نظامی و پاسگاه‌های نظامی)، تجهیزات شهری (پایانه مسافربری، آتش‌نشانی)، مراکز پشتیبان (مراکز اقتصادی و صنعتی، مراکز آموزشی، انبارهای موادغذایی)	*(اسماعیلی‌شاهرخت و تقوایی، ۱۳۹۰)، (شماعی، مصطفی‌پور و یوسفی‌فشکی، ۱۳۹۴)* *(Trivedi and Singh 2017)*
ترکیب بافت شهری (اندازه قطعات، تعداد طبقات، اسکلت بنا، ضریب اشغال)، شبکه‌های دسترسی شهری (عرض معابر، حجم ترافیک)، قابلیت دسترسی به مراکز امدادرسانی (آتش‌نشانی و بیمارستان‌ها)، فضاهای امن (ایستگاه مترو)، حریم مراکز خطرآفرین (حریم شبکه انتقال گاز، پست‌های برق و پمپ‌های بنزین)، جمعیت در معرض خطر	*(عزیزی و برنافر،۱۳۹۱)*
کاربری‌های حساس، حیاتی و تهدیدپذیر (تأسیسات برق، گاز، پمپ بنزین، مخابرات، مخازن آب شهری،مناطق مسکونی، آثار باستانی و شبکه ارتباطی)، مراکز مدیریت بحران (مراکز درمانی، ادارات و مراکز نظامی و انتظامی)، تجهیزات شهری (فرودگاه، مراکز آتش‌نشانی و مراکز آموزش‌عالی) و مراکز پشتیبان (خدماتی و فضای سبز)	*(میمندی پاریزی و کاظمی‌نیا، ۱۳۹۴)*
دسترسی به مراکز درمانی، نسبت بین عرض خیابان و ارتفاع ساختمان‌ها (درجه محصوریت)، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مکان‌های اسکان موقت و حریم جایگاه‌های سوخت‌رسان، پست‌های برق و ایستگاه‌های T.B.Sشبکه گازرسانی	*(صیامی و دیگران، ۱۳۹۳)*
تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، پراکندگی سازمان‌ها و نهادهای تصمیم‌گیری، پراکندگی مراکز نظامی و انتظامی، فاصله از ساختمان‌های قدیمی، صنایع، شبکه ارتباطی اصلی، مراکز آتش‌نشانی، فضای سبز، مراکز درمانی، توپوگرافی، مسیر رودخانه، مراکز هلال احمر، زمین بایر، خطوط گاز اصلی، تأسیسات شهری، مراکز ورزشی	*(شاهیوندی، ۱۳۹۶)* *(Shakibamanesh 2017)*
شدت انفجار، سطح زیربنا، فاصله از ایستگاه گاز، ارتفاع ساختمان، تعداد همسایگی ساختمان، تراکم ساختمانی، فاصله از تاسیسات برق، کیفیت ساختمان، فاصله از تأسیسات آبی، عمر ابنیه، سازه، سطح اشغال، عرض معبر	***(Ebrahimian Ghajari, et al., 2018)*** *(Chen, Zhai et al. 2018)*

جدول شماره ۱ نشان می‌دهد به صورت کلی شاخص-هایی چون ویژگی و وضعیت کلی بافت شهری، دسترسی به مراکز امدادی و نقاط امن شهری، همجواری با کاربری‌های در معرض تهدید و خطرآفرین و در نهایت تراکم جمعیتی بر میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری اثرگذارند.

۴- روش‌شناسی تحقیق

روش تحقیق حاضر توصیفی – تحلیلی و موردی و نوع آن بر اساس هدف، کاربردی است. همچنین از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های این تحقیق

[7] Vital Centers

[8] Critical Centers
[9] Important Centers

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده شده است. شاخص‌ها و معیارهای تاثیرگذار در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری با بررسی متون نظری و تجربی مرتبط، در دسترس‌بودن اطلاعات و ویژگی‌های مکانی نمونه مورد مطالعه شناسایی و انتخاب شدند. منابع اطلاعات مکانی مورد استفاده در این مقاله از پایگاه‌های داده مصوب در طرح‌های تفصیلی مناطق شهرداری شیراز و همچنین با استفاده از داده‌های رایگان در دسترسی در سایت *OSM*[۱۰] استخراج شده است. جهت تعیین میزان اهمیت و ارزش‌گذاری هر یک از معیارها از شیوه مصاحبه با خبرگان (گروه نمونه ۱۵ نفری) و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (*FAHP*)[۱۱] استفاده شد. ذکر این نکته لازم است که نمونه‌گیری این تحقیق کاملا هدفمند بود و برای شناسایی متخصصان و خبرگان از شیوه نمونه‌گیری گلوله برفی استفاده شد و نمونه‌گیری تا رسیدن به اشباع نظری ادامه پیدا کرد. گروه نمونه این تحقیق، شامل ۱۵ نفر از اعضای هیات علمی دانشگاه، دانشجویان و دانش-آموختگان کارشناسی ارشد رشته‌های معماری، عمران، طراحی شهری و برنامه‌ریزی شهری و کارشناسان و مدیران شهری بودند که ضمن آشنایی با مبانی نظری و اصول پدافند غیر عامل با وضعیت بافت کالبدی شهر شیراز و وضعیت کلی بناها و ساختمان‌های موجود در مناطق مختلف این شهر آشنایی کامل داشتند. در واقع مراحل انجام این تحقیق در ۳ گام و به شرح زیر می‌باشند. گام اول- تعیین میزان اهمیت معیارها با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی(*Fuzzy AHP*). گام دوم- تهیه نقشه‌های معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری با استفاده از توابع منطق فازی در *GIS* و تهیه نقشه فازی نهایی با استفاده از تابع ترکیب خطی وزن‌دار فازی (*fuzzy WLC*)[۱۲] گام سوم- غیرفازی‌سازی نقشه نهایی آسیب‌پذیری با استفاده از عملگر میانگین‌گیری وزن‌دار مرتب (*OWA*)[۱۳] در نهایت نقشه‌های آسیب‌پذیری شهری در شرایط ریسک‌پذیری مختلف تهیه گردیده است.

همچنین در زمینه تحلیل سلسله مراتبی فازی (*FAHP*) باید اذعان کرد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(*AHP*) تکنیکی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری ابتدا در سال ۱۸۹۰ توسط توماس ال ساعتی[۱۴] پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (زبردست، ۱۳۹۴). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل هدف، معیارها یا مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به‌کار گرفته می‌شوند. فرآیندهای شناسایی عناصر و ارتباط بین آن‌ها که منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی می شود، «ساختن سسله مراتبی» نامیده می-شود. سلسله مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم گیری را می‌توان در سطوح مختلف خلاصه کرد *(Bowen, 1993)*. هرچند هدف از به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی به‌دست آوردن نظر کارشناسان و متخصصین است، با این وجود روش تحلیل سلسله مراتبی معمولی به درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی‌کند، زیرا در مقایسات زوجی این روش از اعداد قطعی استفاده می‌شود. از دیگر مواردی که اغلب روش تحلیل سلسله مراتبی به خاطر آن‌ها مورد نکوهش قرار می‌گیرد عبارتند از: وجود مقیاس نامتوازن[۱۵] در قضاوت‌ها، عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسات روجی. تصمیم گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری‌ها اعلام کنند. به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را به جای عدد ثابت ترجیح می‌دهند. برای غلبه بر این مشکلات روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه شده است (روانشادنیا و بزرگمهر، ۱۳۹۴).

در زمینه تکنیک میانگین‌گیری وزن‌دار مرتب *OWA* نیز ذکر این نکته لازم است که روش‌های ارزیابی چندمعیاره در *GIS* معمولا شامل مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی مکانی در قالب نقشه‌ها و لایه‌ها می‌شوند. اما مسئله‌ای که معمولا در تصمیم‌گیری‌های مکانی به‌وجود می‌آید چگونگی ترکیب نقشه‌های معیار با مجموعه‌ای از مقادیر توصیفی (وزن‌ها) و همچنین اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان

---

10 Open Street Map (OSM)

11 Fuzzy Analytical Hierarchy Process

12 fuzzy weighted linear combination

13 Ordered Weighted Averaging (OWA)

14 Thomas L . Saaty

15 Unbalanced scale

www.SID.ir

Archive of SID

اســـت (رجبی، منصوریان و طالعی، ۱۳۹۰). تکنیک *OWA* یکی از روش‌های ترکیب مورداستفاده در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره است که بر مبنای تئوری فازی توسعه یافته است *(YAGER, 1988)*. این تکنیک شامل وزن‌های ترتیبی بوده که متفاوت از وزن‌های معیارها با استفاده از ترکیب خطی وزن‌دار[۶]دامنه وسیعی از نتایج و نقشه‌ها را دست می‌هد. به عبارت دیگر با ارائه نتایج گوناگون با سطح ریسک و جبران‌پذیری(موازنه) متفاوت، این روش انعطاف‌پذیری بالایی در برآورده ساختن نیازها و اولویت‌های تصمیم‌گیران برخوردار است (طالعی، سلیمانی و فرجزاده‌اصل، ۱۳۹۲). رفتار عملگر *OWA* با استفاده از مشخصه اصلی توضیح داده می‌شود: ۱. درجه *Orness* ۲. میزان موازنه[۱۷]که بین معیارها شکل می‌گیرد. (شکل ۱). درجه *Orness* نشان‌دهنده موقعیت عملگر *OWA* را بین روابط *And*(مینیمم) و *Or*(ماکزیمم) است *(Ebrahimian Ghajari, et al., 2018)*. درجه *Orness* و مقدار موازنه به صورت زیر تعریف می‌گردند که در آن *vi* وزن ترتیبی است:

$$ORness = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(n-i)v_i, 0 \le ORness \le 1 \qquad (۱)$$

$$trade-off = 1-\sqrt{\frac{n}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(v_i-\frac{1}{n})^2}, 0 \le trade-off \le 1 \qquad (۲)$$

شکل ۱ فضای تصمیم گیری در روش OWA ماخذ:
(Malczewski & Rinner, 2005)

به طور مثال اگر *Vi* (۳۶۵-۰,۵۸۱.۰-۰,۱۸۲) مقدار فازی آسیب‌پذیری بلوک *i* باشد آنگاه *Ci* مقدار غیرفازی شده آن عبارتند از:

*ORness = ۰: C_i = (۰ * ۰/۴۶۸) + (۰ * ۰/۲۵۶) + (۱ * ۰/۱۴۵) = ۰/۱۴۵*

*ORness =۰/۲۵: C_i = (۰/۰۳۷ * ۰/۴۶۸) + (۰/۲۵۹۳ * ۰/۲۵۶) + (۰/۷۰۳۷ * ۰.۰/۱۴۵) = ۰/۲۰۵*

*ORness =۰/۵: C_i = (۰/۳۳۳۳ * ۰/۴۶۸) + (۰/۳۳۳۳ * ۰/۲۵۶) + (۰/۳۳۳۳ * ۰/۱۴۵) = ۰/۲۸۹*

*ORness =۰/۷۵: C_i = (۰/۶۹۳۴ * ۰/۴۶۸) + (۰/۱۸۰۲ * ۰/۲۵۶) + (۰/۱۲۶۴ * ۰/۱۴۵) = ۰/۴۰۱*

*ORness = ۱: C_i = (۱ * ۰/۴۶۸) + (۰ * ۰/۲۵۶) + (۰ * ۰.۰/۱۴۵) = ۰/۴۶۸*

در این زمینه، جدول شماره ۲ نشان‌دهنده مقادیر درجه *ORness* مورد استفاده در این تحقیق است.

جدول۲- مقادیر درجه ORness **در غیرفازی‌سازی مقادیر آسیب‌پذیری.**

Orness درجه	*u*	*l*	*m*
۰	۰	۰	۱
۰/۲۵	۰/۰۳۷	۰/۲۵۹۳	۰/۷۰۳۷
۰/۵	۰/۳۳۳۳	۰/۳۳۳۳	۰/۳۳۳۳
۰/۷۵	۰/۶۹۳۴	۰/۱۸۰۲	۰/۱۲۶۴
۱	۱	۰	۰

ماخذ: (Ebrahimian Ghajari, et al., 2018)

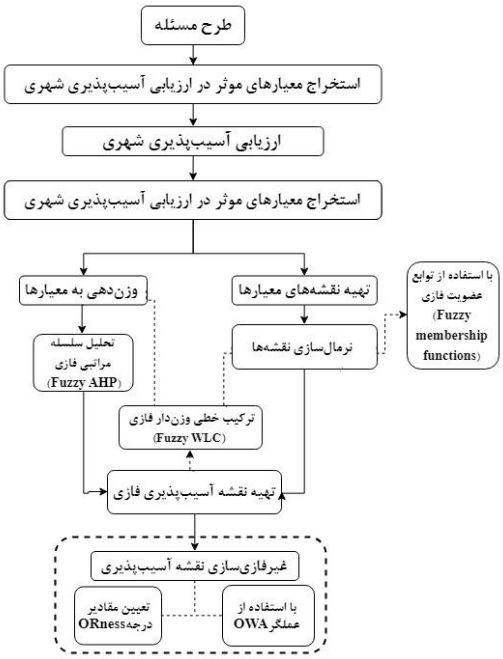
با توجه به آنچه گفته شد، شکل ۲ بیانگر گام‌ها و روش-های استفاده شده در فرآیند ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در این تحقیق است. (شکل ۲)

[1] Weighted Linear Combination (WLC) [9]

[1] Trade-offs [7]

www.SID.ir

Archive of SID

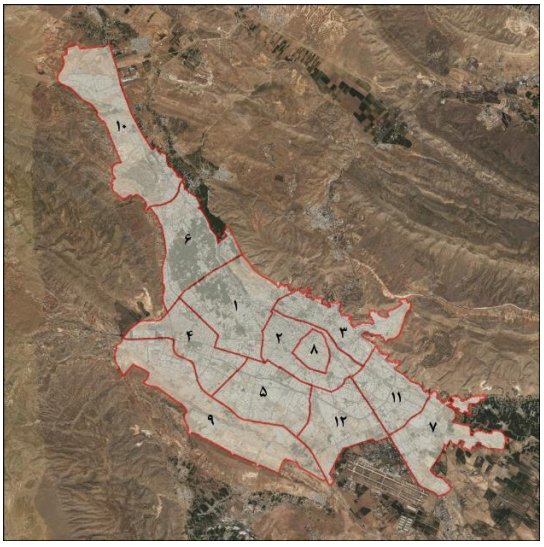


شکل ۲ گام‌ها و روش‌های استفاده شده در این تحقیق به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری شهری. ماخذ: نگارندگان

۵- معرفی محدوده مورد مطالعه

شیراز مرکز استان فارس، یکی از کلان شهرهای ایران و از مهم‌ترین شهرهای گردشگری در پهنه جنوبی کشور محسوب می‌شود. ارتفاع این شهر از سطح دریا حدود ۱۴۸۴ متر بوده، در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده و آب و هوای معتدلی دارد. شهر شیراز از سمت غرب به کوه دراک و از سمت شمال به کوه‌های بمو، سبزپوشان، چهل مقام و باباکوهی (از رشته کوه‌های زاگرس) محدود شده است. شهر شیراز به ۱۱ منطقه شهرداری تقسیم شده و مساحتی بالغ بر ۲۱۷ کیلومترمربع دارد. براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، شهر شیراز با جمعیتی برابر ۱،۷۱۲،۷۴۵ نفر ۳۲ درصد جمعیت استان فارس را در خود جای داده است. تراکم جمعیت در شهر شیراز ۷۲۱۵ نفر در کیلومترمربع می باشد. (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷). در شکل شماره ۳، نقشه شهر شیراز و مناطق مختلف آن ارائه شده است. (شکل شماره ۳)

کلانشهر شیراز با توجه به نقش فراشهری و مرکزیت سیاسی خود در استان فارس و پهنه جنوبی کشور و دارا بودن سرمایه‌های کالبدی-اقتصادی همواره به صورت بالقوه در معرض خطر است به طوری که اگرچه در جنگ تحمیلی دفاع مقدس شهر شیراز کیلومترها با کشور عراق فاصله داشت اما در طول جنگ بارها مورد تجاوز حملات هوایی قرار گرفت؛ از اینرو به نظر می‌رسد کلانشهر شیراز نیازمند تدابیر دفاعی و پدافندی ویژه در برابر حملات دشمن است و در این زمینه تحلیل میزان آسیب‌پذیری و شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر این شهر در برابر تهدیدهای احتمالی حائز اهمیت است.



شکل ۳ نقشه موقعیت مناطق شهرداری شیراز.
ماخذ: نگارندگان

۶- یافته‌های تحقیق

همانگونه که پیشتر اشاره شد، پس از تحلیل متون نظری و شاخص‌های مرتبط با موضوع این تحقیق (جدول شماره ۱) و همچنین با توجه به در دسترس بودن اطلاعات و مصاحبه با کارشناسان و خبرگان، ۱۹ معیار در قالب ۵ شاخص کلی به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری شهری کلانشهر شیراز انتخاب شد. (جدول۳)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- شاخص‌ها و معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری کلانشهر شیراز.

شاخص	معیار	سنجه	سطح آسیب‌پذیری بلوک				
			بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
ترکیب بافت شهری	اندازه بلوک	مساحت هر بلوک بر حسب هکتار	۱ >	۱-۲	۲-۳	۳-۴	۴ <
	ضریب اشغال	میانگین نسبت فضای ساخته قطعات به فضای ساخته نشده در هر بلوک شهری	۲۰% >	۲۰%-۴۰%	۴۰%-۶۰%	۶۰%-۸۰%	۸۰% <
	کیفیت ابنیه	مد کیفیت بناهای ساختمانی در هر بلوک شهری	در حال ساخت و بایر	نوساز	قابل استفاده	مرمتی	تخریبی و مخروبه
	سازه ساختمانی	نوع سازه در هر بلوک شهری	فاقد بنا	اسکلت بتنی و فلزی	آجر و آهن	آجر و بلوک	سایر
	تعداد طبقات	متوسط تعداد طبقات در هر بلوک شهری	۲ >	۱-۲	۲-۳	۳-۴	۴ <
	قدمت ابنیه	میانگین عمر ابنیه در هر بلوک شهری	۵ >	۵-۱۰	۱۱-۲۰	۲۱-۳۰	۳۰ <
دسترسی به مراکز امدادی و شریان‌های شهری	فاصله از شریانی درجه۱	فاصله هر بلوک شهری از شریان‌های اصلی شهری	کمتر از ۱۰۰ متر	۱۰۰متر تا۲۰۰متر	۲۰۰متر تا۳۰۰متر	۳۰۰متر تا ۵۰۰متر	بیشتر از ۵۰۰ متر
	ایستگاه آتش-نشانی	فاصله هر بلوک شهری از ایستگاه آتش‌نشانی	کمتر از ۱۵۰۰ متر	۱۵۰۰تا ۳۰۰۰متر	۳۰۰۰تا ۴۰۰۰ متر	۴۰۰۰تا ۶۰۰۰ متر	ببیتر از ۶۰۰۰متر
	دسترسی به بیمارستان	فاصله هر بلوک شهری از نزدیکترین بیمارستان	کمتر از ۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰تا ۳۰۰۰ متر	۳۰۰۰تا ۵۰۰۰متر	۵۰۰۰تا ۷۰۰۰متر	بیشتر از ۷۰۰۰ متر
	دسترسی به مراکز درمانی	فاصله هر بلوک شهری از مراکز درمانی در سطح محلی و ناحیه ای	کمتر از ۳۰۰ متر	۳۰۰تا ۵۰۰ متر	۵۰۰تا ۱۰۰۰ متر	۱۰۰۰تا ۲۰۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰۰ متر
دسترسی به مراکز پشتیبان و فضاهای امن	ایستگاه‌های مترو	فاصله هر بلوک شهری از ایستگاه های مترو	کمتر از ۳۰۰ متر	۳۰۰تا ۸۰۰ متر	۸۰۰تا ۱۲۰۰ متر	۱۲۰۰تا ۲۵۰۰ متر	بیشتر از ۲۵۰۰ متر
	مراکز آموزش-عالی	فاصله هر بلوک شهری از مراکز آموزش‌عالی	کمتر از ۵۰۰ متر	۵۰۰تا ۱۰۰۰ متر	۱۰۰۰تا ۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰تا ۳۰۰۰ متر	بیشتر از ۳۰۰۰ متر
	مراکز اداری عمده	فاصله هر بلوک شهری از مراکز اداری عمده	کمتر از ۵۰۰ متر	۵۰۰تا ۱۰۰۰ متر	۱۰۰۰تا ۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰تا ۳۰۰۰ متر	بیشتر از ۳۰۰۰ متر
همجواری با کاربری‌های خطرآفرین	شبکه‌های انتقال گاز	فاصله هر بلوک شهری از شبکه‌های انتقال گاز	بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۴۰۰تا ۱۰۰۰ متر	۲۰۰تا ۴۰۰ متر	۱۰۰تا ۲۰۰ متر	کمتر از ۱۰۰ متر
	پست‌های برق	فاصله هر بلوک شهری از پست‌های برق	بیشتر از ۵۰۰ متر	۳۰۰تا ۵۰۰ متر	۱۵۰تا ۳۰۰	۷۵تا ۱۵۰ متر	کمتر از ۷۵ متر
	جایگاه‌های سوخت	فاصله هر بلوک شهری از جایگاه‌های سوخت	بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۵۰۰تا ۱۰۰۰ متر	۳۰۰تا ۵۰۰ متر	۱۵۰تا ۳۰۰ متر	کمتر از ۱۵۰ متر

www.SID.ir

Archive of SID

	مراکز نظامی	*فاصله هر بلوک شهری از مراکز نظامی*	*بیشتر از ۵۰۰۰ متر*	*۳۰۰۰تا ۵۰۰۰ متر*	*۱۵۰۰تا ۳۰۰۰ متر*	*۷۵۰تا ۱۵۰۰ متر*	*کمتر از ۷۵۰ متر*
	مراکز مخابراتی	*فاصله هر بلوک شهری از مراکز مخابراتی*	*بیشتر از ۱۰۰۰ متر*	*۴۰۰تا ۱۰۰۰ متر*	*۲۰۰تا ۴۰۰ متر*	*۱۰۰تا ۲۰۰ متر*	*کمتر از ۱۰۰ متر*
جمعیت در معرض خطر	***تراکم جمعیتی***	*نسبت مجموع مساحت قطعات با کاربری مسکونی واقع در شعاع ۶۰۰ متری از هر بلوک به مجموع مساحت بلوک‌ها در فاصله ۶۰۰ متری*	*کمتر از ۲۰ درصد*	*۲۰تا ۴۰ درصد*	*۴۰تا ۶۰ درصد*	*۶۰تا ۸۰ درصد*	*بیشتر از ۸۰ درصد*

ماخذ: نگارندگان

پس از بازشناخت ابعاد و شاخص‌های موثر بر ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های شهر شیراز، گام‌های زیر به ترتیب انجام شد.

گام اول-ارزش‌گذاری معیارهای تاثیرگذار در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری: به منظور ارزش‌گذاری معیارهای ارائه شده در جدول شماره ۲ با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی، با گروه نمونه ۱۵نفری از جامعه آماری مصاحبه انجام شد. به منظور انجام دادن مصاحبه، پرسشنامه‌ای تهیه و در اختیار گروه نمونه از جامعه آماری قرار گرفت. در این مصاحبه‌ها به منظور مقایسات زوجی معیارها از عبارات کلامی استفاده شد و پس از محاسبه نرخ سازگاری[18]در هریک از پرسش‌نامه‌ها ($CR<0.1$)، با استفاده از جدول شماره ۴ این عبارات به اعداد فازی مثلثی معادل تبدیل شد؛ (جدول شماره ۴) در ادامه با استفاده از روش میانگین‌گیری حسابی از میان تعداد ۱۵ پرسش‌نامه با نرخ سازگاری مطلوب ماتریس نهایی مقایسات زوجی به دست آمده است. (جدول شماره ۵) به منظور تعیین اوزان فازی معیارها ابتدا از روش میانگین هندسی[19]سطرها در ماتریس مقایسات زوجی استفاده و در نهایت با استفاده از رابطه ۳ اوزان فازی هر معیار نرمالایز شده است:

$$\widetilde{M}_I = \left(\frac{l_i}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \qquad (۳)$$

l_i: مقدار عدد فازی بدبینانه

m_i : مقدار عدد فازی متوسط

u_i: مقدار عدد فازی خوش بینانه

در رابطه ۳، (l_i , m_i , u_i) اعداد فازی مربوط به هر معیار است که از روش میانگین هندسی هر سطر محاسبه شده است و $\widetilde{M}_i$ وزن فازی نرمالایز شده هر معیار است.

جدول۴- طیف فازی مثلثی و عبارت کلامی متناظر

کد	عبارات کلامی	عدد فازی
۱	*ترجیح برابر*	*(۱-۱-۱)*
۲	*ترجیح کم تا متوسط*	*(۱-۲-۳)*
۳	*ترجیح متوسط*	*(۲-۳-۴)*
۴	*ترجیح متوسط تا زیاد*	*(۳-۴-۵)*
۵	*ترجیح زیاد*	*(۳-۴-۵)*
۶	*ترجیح زیاد تا خیلی زیاد*	*(۴-۵-۶)*
۷	*ترجیح خیلی زیاد*	*(۵-۶-۷)*
۸	*ترجیح خیلی زیاد تا کاملا زیاد*	*(۶-۷-۸)*
۹	*ترجیح کاملا زیاد*	*(۷-۸-۹)*

ماخذ:(Buckley, 1985)

[1] Consistency Ratio (CR) [8]

[1] Fuzzy Geometric Mean [9]

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ - مقایسات زوجی فازی و وزنهای فازی معیارهای آسیب‌پذیری شهر شیراز

معیارهای‌اصلی	قدمت ابنیه	درصد سطح اشغال بلوک	...	نوع سازه	وزن‌های فازی معیارها
قدمت ابنیه	(۱-۱-۱)	(۱/۱۲-۲/۱۴-۲/۴۵)	...	(۰/۸۷۷-۰/۸۹۲-۰/۹۳۴)	(۰/۰۳۵-۰/۰۵۱-۰/۰۷۲)
درصد سطح اشغال بلوک	(۰/۴۰۸-۰/۴۶۷-۰/۸۹۲)	(۱-۱-۱)	...	(۰/۴۴۸-۰/۴۷۶-۰/۸۵۴)	(۰/۰۱۶-۰/۰۲-۰/۰۳۵)
اندازه بلوک	(۰/۶۱۷-۰/۶۵۷-۰/۹۰۹)	(۰/۸۷-۰/۹۲-۰/۹۸)	...	(۰/۴۹۲-۰/۵۳۱-۰/۴۹۲)	(۰/۰۱۸-۰/۰۲۲-۰/۰۳۵)
کیفیت ابنیه	(۱/۱-۱/۳۵-۱/۵۱)	(۳/۲۱-۴/۱۴-۴/۷۵)	...	(۱/۱۱-۱/۵۲-۱/۵۸)	(۰/۰۶۲-۰/۰۸۷-۰/۱۲)
فاصله از مراکز آموزش عالی	(۰/۴۵-۰/۴۷۳-۰/۸۵۴)	(۱/۰۳-۱/۱-۱/۱۳)	...	(۰/۴۸-۰/۵۱۵-۰/۹)	(۰/۰۱۸-۰/۰۲۳-۰/۰۳۶)
فاصله از ایستگاه های آتشنشانی	(۱/۰۴-۱/۴۳-۱/۵۶)	(۳/۱۲-۴/۱۳-۴/۵۷)	...	(۱/۰۷-۱/۴-۱/۴۸)	(۰/۰۵۷-۰/۰۸۵-۰/۱۱۴)
فاصله از تاسیسات برقی	(۰/۵۹۱-۰/۶۴۹-۰/۸۶۹)	(۱/۱۵-۱/۴۵-۱/۵۳)	...	(۰/۶۲۱-۰/۶۳۶-۰/۹۶۱)	(۰/۰۲۵-۰/۰۳۳-۰/۰۵)
فاصله از بیمارستان‌ها	(۱/۰۸-۱/۱۵-۱/۱۹)	(۱/۲۵-۲/۱-۲/۲۴)	...	(۱/۰۱-۱/۱۴-۱/۲۱)	(۰/۰۳۶-۰/۰۵۳-۰/۰۷۴)
فاصله از شریانی درجه۱	(۰/۶۱۷-۰/۶۸۴-۰/۸۵۴)	(۱/۱۲-۲/۲۶-۲/۵۴)	...	(۰/۶۲۸-۰/۶۶۲-۰/۹۷)	(۰/۰۳۲-۰/۰۴۷-۰/۰۷)
فاصله از درمانگاه‌ها	(۰/۸۱۳-۰/۸۷۷-۰/۹۳۴)	(۱/۱۲-۲/۲۴-۲/۳۴)	...	(۰/۶۱۳-۰/۶۳۲-۰/۸۸۴)	(۰/۰۳۱-۰/۰۴۴-۰/۰۶۴)
فاصله از مراکز اداری مهم	(۰/۲۵۸-۰/۲۹۳-۰/۳۳۱)	(۰/۶۴-۰/۶۸-۰/۹۸)	...	(۰/۴۳۶-۰/۴۶۹-۰/۷۶۹)	(۰/۰۱۴-۰/۰۱۸-۰/۰۲۹)
فاصله از تاسیسات گازی	(۰/۶۰۹-۰/۶۸-۰/۸۸۴)	(۱/۰۳-۱/۴۳-۱/۵۴)	...	(۰/۴۵۶-۰/۴۸۵-۰/۷۷۵)	(۰/۰۲۳-۰/۰۳۱-۰/۰۴۴)
فاصلی از ایستگاه های مترو	(۰/۴۶۲-۰/۴۸۳-۰/۸۷۷)	(۱/۰۸-۱/۴۵-۱/۶۱)	...	(۰/۶۹۹-۰/۷۴۶-۱)	(۰/۰۲۴-۰/۰۳۲-۰/۰۴۷)
فاصله از مراکز نظامی	(۱/۰۱-۱/۵۱-۱/۶۲)	(۳/۲۷-۴/۶۹-۵/۲۹)	...	(۱/۱-۱/۲۱-۱/۳۱)	(۰/۰۶۳-۰/۰۹۱-۰/۱۲۵)
فاصله از جایگاه‌های سوخت	(۰/۶۲۸-۰/۶۸-۰/۹۸)	(۱/۱۱-۲/۱۳-۲/۲۴)	...	(۰/۶۶۲-۰/۶۸-۰/۹۵۲)	(۰/۰۲۶-۰/۰۳۴-۰/۰۵۱)
تعداد طبقات	(۱/۰۴-۱/۴۳-۱/۵۱)	(۳/۷۵-۴/۵۹-۵/۱۶)	...	(۱/۰۲-۱/۱۱-۱/۱۹)	(۰/۰۴۹-۰/۰۷۵-۰/۱۰۱)
فاصله از مراکز مخابراتی	(۰/۵۷۴-۰/۶۵۳-۰/۹)	(۳/۰۴-۳/۴۷-۴/۰۲)	...	(۰/۴۵۲-۰/۴۷۳-۰/۷۹۳)	(۰/۰۲۴-۰/۰۳۱-۰/۰۴۹)
تراکم جمعیتی	(۳/۵۱-۴/۵۸-۵/۱۷)	(۵/۸۷-۷/۴۱-۸/۶۱)	...	(۳/۰۵-۳/۴۶-۳/۹۴)	(۰/۱۰۹-۰/۱۵۹-۰/۲۱۵)
سازه ساختمانی	(۱/۰۷-۱/۱۲-۱/۱۴)	(۱/۱۷-۲/۱-۲/۲۳)	...	(۱-۱-۱)	(۰/۰۳۵-۰/۰۵۴-۰/۰۷۲)

ماخذ: نگارندگان

نتایج تحلیل جدول شماره ۵، بیانگر بالابودن ارزش فازی معیارهای تراکم جمعیتی، فاصله از مراکز نظامی، فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی، قدمت ابنیه، تعداد طبقات و فاصله از شریان‌های درجه ۱ نسبت به سایر معیارهای مورد ارزیابی است.

گام دوم- تهیه نقشه‌های معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری با استفاده از توابع منطق فازی در *GIS*: در این گام به تهیه نقشه‌های هر یک از معیارها با

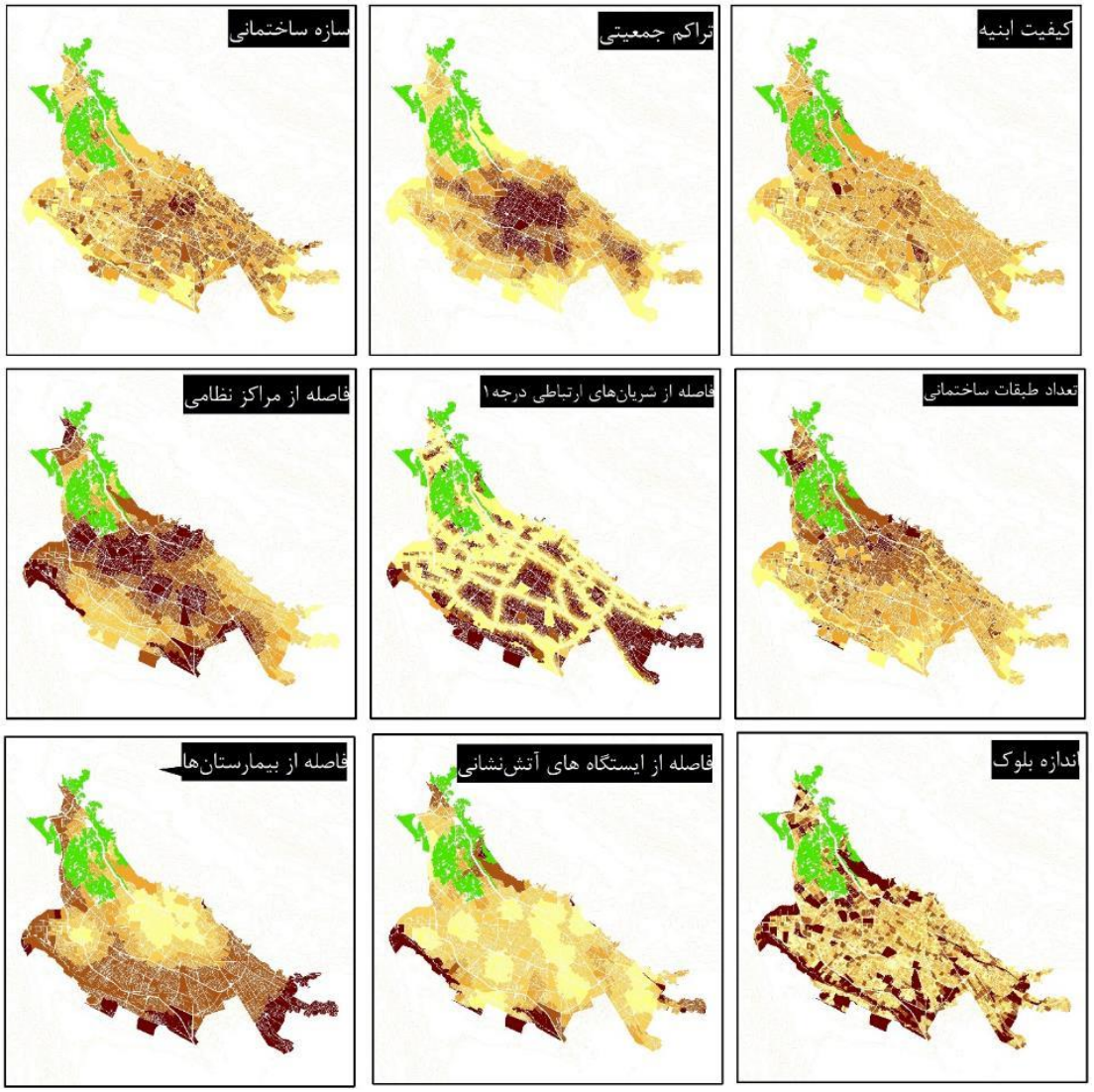
www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از قابلیت‌های محاسباتی در *GIS* در مقیاس بلوک‌های شهری مطابق با سنجه‌ها و مقادیر ذکر شده در جدول ۵ پرداخته شد و در ادامه با استفاده از توابع عضویت فازی [۲۰]عملیات نرمالایزسازی [۲۱]نقشه‌ها صورت گرفت و تمامی مقادیر نقشه‌ها در بازه (۰-۱) قرار گرفتند. سپس مقادیر هربلوک از هر معیار در وزن فازی آن معیار ضرب شده و درنهایت به منظور تعیین مقادیر فازی نهایی آسیب‌پذیری برای هر بلوک از تابع ترکیب خطی وزن‌دار فازی[۲۲]استفاده شد. (رابطه ۴)

$$\widetilde{v_i} = \sum_{j=1}^{n} \widetilde{W_j} \otimes \widetilde{R_{ij}}\,; \quad i = 1.2. \ldots . m \qquad (۴)$$

در رابطه ۴، $\widetilde{v_i}$ مقدار فازی نهایی آسیب‌پذیری هر بلوک i ، $\widetilde{W_j}$ وزن فازی معیار j و $\widetilde{R_{ij}}$ مقدار فازی سطح آسیب‌پذیری بلوک i از معیار j است. شکل ۴ نشان‌دهنده نقشه‌های فازی معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری است. (شکل ۴)



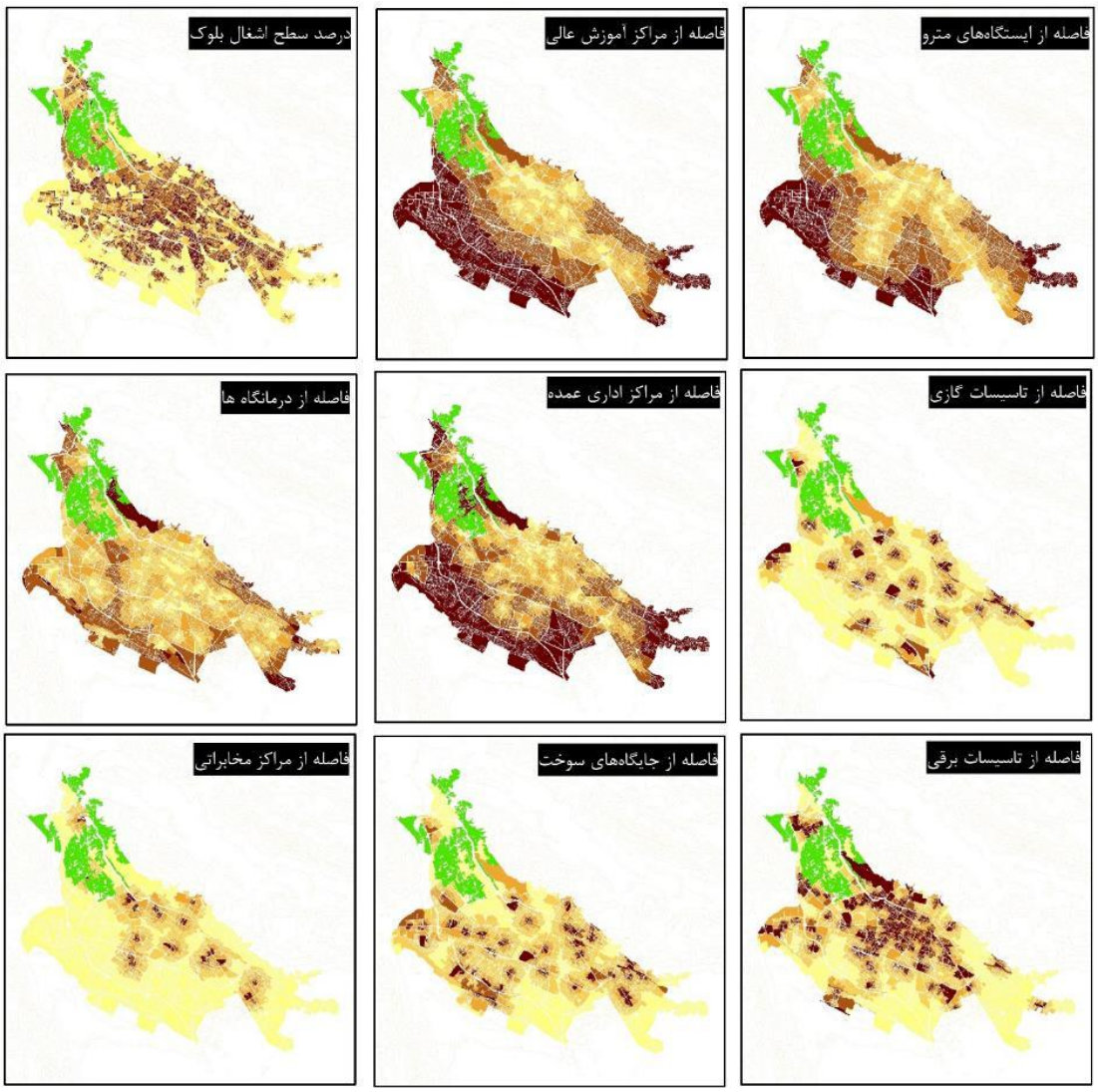
[2] Fuzzy WLC

[2] Fuzzy Membership Function

[2] Normalization

www.SID.ir

Archive of SID



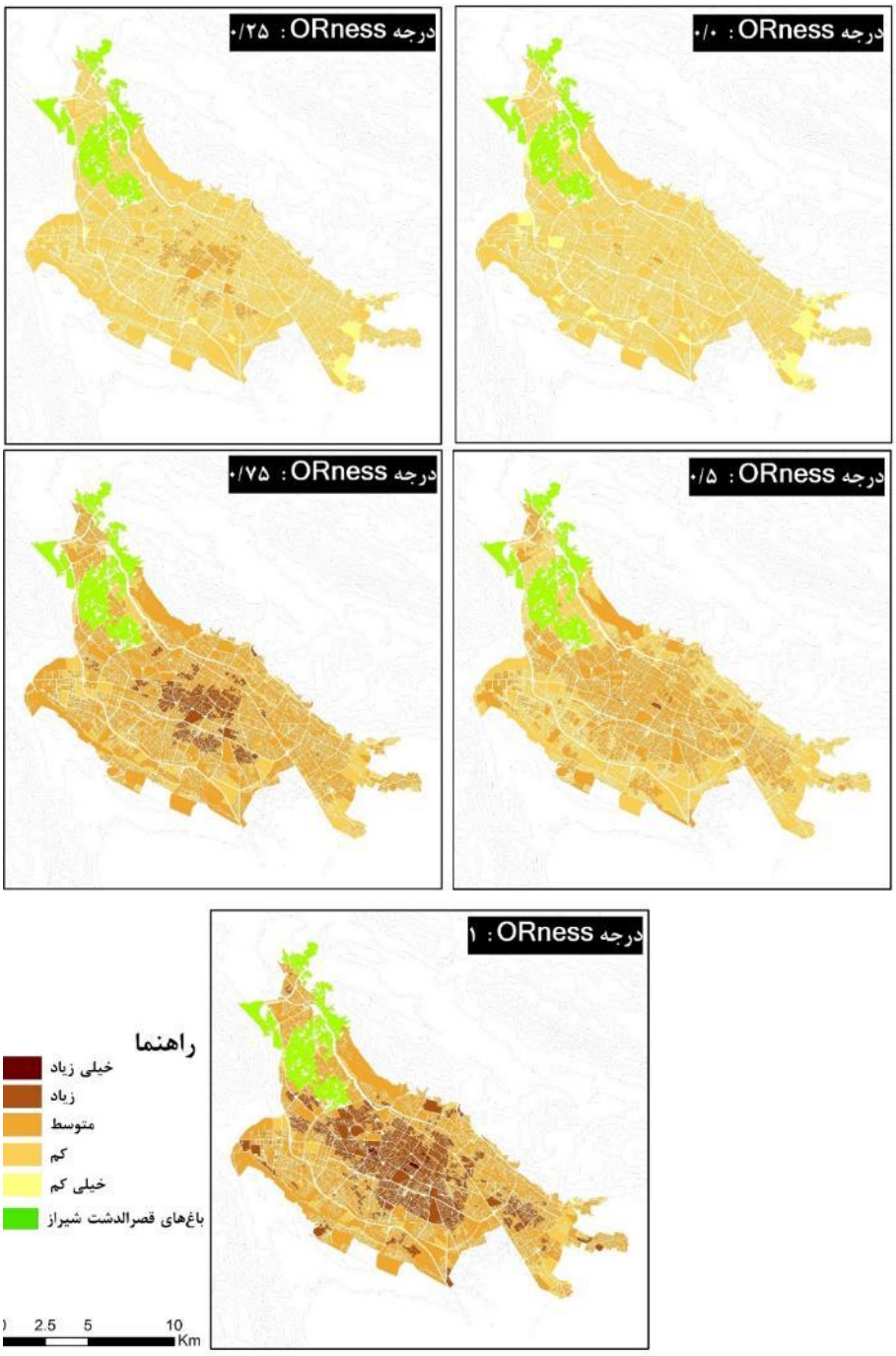
شکل ۴- نقشه‌های فازی معیارهای استفاده شده در ارزیابی آسیب‌پذیری کلانشهر شیراز با رویکرد پدافند غیرعامل. ماخذ: نگارندگان

گام سوم- غیرفازی‌سازی نقشه نهایی آسیب پذیری: برای غیرفازی کردن مقادیر فازی از روش های مختلفی استفاده می‌شود. در این تحقیق به منظور غیرفازی سازی مقادیر فازی آسیب‌پذیری هر بلوک شهری از عملگر میانگین‌گیری وزن‌دار مرتب (OWA) استفاده و در نهایت نقشه‌های آسیب‌پذیری در شرایط ریسک مختلف تهیه شد.

شکل ۵ نشان‌دهنده میزان آسیب‌پذیری بلوک‌های شهری کلانشهر شیراز در شرایط ریسک مختلف و در ۵ سطح آسیب‌پذیری از خیلی‌زیاد تا خیلی‌کم است؛ (شکل ۵) همچنین نمودار ۱ بیانگر درصد سطوح شهری آسیب‌پذیر در سطوح ریسکی و درجات آسیب‌پذیری متفاوت است. (نمودار ۱)

www.SID.ir

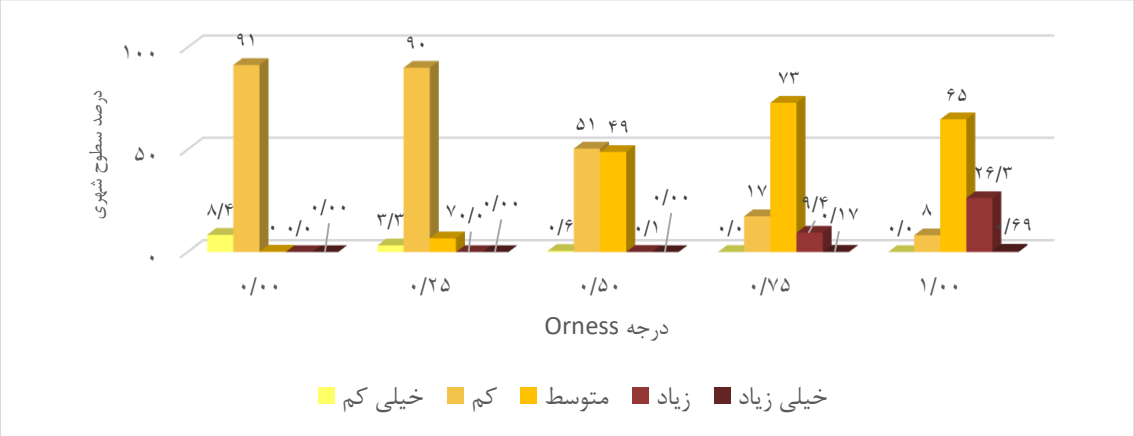
Archive of SID



شکل ۵نقشه‌های آسیب‌پذیری بلوک‌های شهری کلانشهر شیراز با رویکرد پدافند غیر عامل در ۵ سطح ریسک مختلف. ماخذ: نگارندگان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶ -درصد سطوح شهری آسیب‌پذیر در سطوح ریسک و درجات آسیب‌پذیری متفاوت در بلوک‌های شهری شیراز. ماخذ: نگارندگان

۷- بحث و نتیجه گیری

گفته شد که آسیب‌پذیری شهری از منظر پدافند غیرعامل را می‌توان از مهم‌ترین و اساسی‌ترین موضوعات برنامه‌ریزی شهری در ایران دانست که هدف از آن افزایش توان شهر و شهروندان در مقابله با خسارات جانی، مالی و محیطی است. خسارت‌هایی که در هنگام مخاطرات انسان‌ساز مانند جنگ و نزاع اتفاق می‌افتد. در این زمینه و در پژوهش حاضر، شاخص-هایی چون ترکیب بافت شهری، دسترسی به مراکز امدادی و شریان‌های شهری، دسترسی به مراکز پشتیبان و فضاهای امن، همجواری با کاربری‌های خطرآفرین و حجم جمعیت در معرض خطر به عنوان مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر آسیب-پذیری بافت‌های شهری معرفی شدند. همچنین به منظور سنجش و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری کلانشهر شیراز از منظر پدافند غیر عامل معیارهایی چون اندازه بلوک، ضریب اشغال، کیفیت ابنیه، سازه ساختمانی، تعداد طبقات و قدمت ابنیه (شاخص ترکیب بافت شهری)؛ فاصله از شریانی درجه ۱، دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی، دسترسی به بیمارستان و دسترسی به مراکز درمانی (شاخص دسترسی به مراکز امدادی و شریان‌های شهری)؛ دسترسی به ایستگاه‌های مترو، دسترسی به مراکز آموزش‌عالی و دسترسی به مراکز اداری عمده (شاخص دسترسی به مراکز پشتیبان و فضاهای امن)؛ نزدیکی به شبکه‌های انتقال گاز، نزدیکی به پست‌های برق، نزدیکی به جایگاه‌های سوخت، نزدیکی به مراکز نظامی و نزدیکی به مراکز مخابراتی (شاخص همجواری با کاربری‌های خطرآفرین)؛ و تراکم جمعیتی (شاخص جمعیت در معرض خطر) معرفی، ارزش‌گذاری شدند و نقشه‌هایی برای هر کدام از معیارها با استفاده از توابع منطق فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد.

تحلیل نقشه‌های تدقیق شده نشان می‌دهد که به طور کلی در شاخص ترکیب بافت شهری و معیارهای مرتبط با آن بخش‌هایی وسیعی از پهنه‌های شهری شمالی و مرکزی شیراز شامل مناطق ۸، ۲، ۵ و ۳ در معرض آسیب‌پذیری بالا قرار دارند. این مهم به ویژه در معیارهای قدمت ابنیه، سازه‌های ساختمانی و درصد سطح اشغال بلوک به چشم می‌آید. به علاوه بخش‌های وسیعی از بخش مرکزی و شرقی شیراز شامل مناطق ۵، ۱۲ و ۱۱ شهر شیراز دارای سازه‌های ساختمانی ناپایدار و آسیب‌پذیر در برابر حملات و تهدیدهای احتمالی هستند که نشاندهنده ضرورت توجه به مقاوم‌سازی سازه‌های ساختمانی در این مناطق است. همچنین نکته حائز اهمیت در شاخص ترکیب بافت شهری، وجود پهنه‌های وسیع آسیب-پذیر از نظر تعداد طبقات ساختمانی در شمال و شمال‌غربی شامل مناطق ۲، ۱ و ۶ شهر شیراز و قرارگیری پهنه‌های شهری آسیب‌پذیر از منظر معیار اندازه بلوک در بافت‌های شهری پیرامونی در مناطق ۹، ۷، ۴ و ۱ شهر شیراز است. با این حال تقریبا اکثریت قریب به اتفاق پهنه‌ها و مناطق شهر شیراز به جز بخش‌های عمده‌ای از بافت تاریخی و منطقه ۸، در نظر معیار کیفیت ابنیه در وضعیت آسیب‌پذیری متوسط و کم قرار دارند. در زمینه شاخص دسترسی به مراکز امدادی و شریان‌های شهری و معیارهای مرتبط با آن، تحلیل نقشه‌ها نشان می‌دهد بخش‌های وسیعی از پهنه‌های جنوبی و شرقی

www.SID.ir

Archive of SID

شامل مناطق ۹، ۱۲ و ۷ شهر شیراز در معرض آسیب‌پذیری بالا قرار دارند. این مهم به گونه‌ای است که ویژه در معیارهای فاصله از بیمارستان‌ها و شریان‌های ارتباطی درجه ۱، منتهی الیه شرقی شیراز واقع در منطقه ۷ در وضعیت بحرانی قرار دارد و موکد ضرورت پخشایش صحیح مراکز و کاربری‌های امدادی عمده و مکانیابی دسترسی‌های مناسب به اینگونه کاربری‌هاست. با این حال در این شاخص و از نظر معیار دسترسی به درمانگاه‌ها و ایستگاه‌های آتش‌نشانی، خوشبختانه قریب به اتفاق پهنه‌ها و مناطق شهر شیراز به جز پهنه‌های نواری در جنوب، شمال و غرب، در وضعیت آسیب‌پذیری متوسط و کم قرار دارند.

همچنین تحلیل نقشه‌های مرتبط با معیارهای شاخص دسترسی به مراکز پشتیبان و فضاهای امن نشان می‌دهد پهنه‌های پیرامونی جنوبی و غربی شهر شیراز شامل بخش‌های وسیعی از مناطق ۹ و ۴ در معرض آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. این مهم به ویژه در معیارهای فاصله از ایستگاه‌های مترو و مراکز آموزش‌عالی که می‌توانند در مواقع خطر احتمالی به عنوان پناهگاه و پایگاه اسکان موقت به کار گرفته شوند حائز اهمیت است و نشان از عدم وجود عدالت فضایی در پخشایش کاربری‌های پشتیبان در شهر شیراز دارد. اما به نظر می‌رسد بیشترین میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهر شیراز متاثر از شاخص همجواری با کاربری‌های خطرآفرین و به ویژه معیار فاصله از مراکز نظامی باشد. به واسطه نزدیکی به مراکز نظامی عمده، بخش‌های وسیعی از مناطق ۱، ۲، ۳، ۱۲ و ۴ شهر شیراز در معرض آسیب‌پذیری بالا و خیلی زیاد قرار دارند. این مهم ضرورت مکانیابی مراکز نظامی عمده در مناطق خارج از حریم شهر شیراز و جابجایی کاربری‌های نظامی از نزدیکی مراکز سکونتی و پرتراکم جمعیتی به سمت پهنه‌های برون‌شهری سوق‌الجیشی و دارای امکانات طبیعی حفاظتی را نشان می‌دهد. همچنین در این شاخص، وجود نقاط و گره‌های کالبدی در معرض آسیب به واسطه معیارهای فاصله از جایگاه‌های سوخت و تاسیسات گازی که تقریبا در کل شهر شیراز پراکنده شده‌اند حائز اهمیت است و مکانیابی مراکز امدادی و پشتیبانی را در نزدیکی این گره‌های آسیب-پذیر طلب می‌کند. تحلیل نقشه مرتبط با شاخص تراکم جمعیتی نشان می‌دهد بخش‌های وسیعی از مناطق مرکزی شهر شیراز شامل قسمت‌هایی عمده از بافت تاریخی و مناطق ۸ و ۲ شهر شیراز در معرض آسیب‌پذیری ناشی از تراکم جمعیتی بالا قرار دارند. تطبیق نقشه این پهنه‌ها با نقشه‌های پهنه‌های آسیب‌پذیر از منظر نزدیکی با مراکز نظامی عمده و قدمت ابنیه شرایط بحرانی و فاجعه‌بار احتمالی ناشی از تهدیدات امنیتی در این پهنه‌های شهری را یادآور می‌شود.

با توجه به آنچه گفته شد می‌توان به طور کلی اذعان کرد که در خصوص معیارهای سازه ساختمانی، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، فاصله از تأسیسات گازی، برقی و مخابراتی و همچنین قدمت ابنیه، بیشترین میزان آسیب-پذیری در مرکز شهر و به عبارتی در بافت قدیم شهر شیراز وجود دارد. همچنین در مورد معیارهای تعداد طبقات ساختمانی قسمت شمال شرقی شهر بیشتر از سایر مناطق آسیب‌پذیر تشخیص داده شده است که حاکی از رواج بلندمرتبه‌سازی در این بخش از شهر می باشد. در معیارهایی چون فاصله از بیمارستان، فاصله از آتش‌نشانی، فاصله از مراکز آموزش عالی، فاصله از ایستگاه مترو و فاصله از مراکز اداری عمده، آسیب‌پذیرترین بلوک ها در قسمت جنوب غربی شیراز جای گرفته‌اند که این موضوع از تمرکزگرایی تسهیلات و تجهیزات شهری در این بخش از شهر حکایت دارد. اما همانگونه که پیشتر اشاره شد، در این تحقیق به منظور شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر شیراز در شرایط وقوع تهدیدهای انسانساخت احتمالی، نقشه‌های مرتبط با معیارهای ارزش‌گذاری‌شده با یکدیگر ترکیب شده و رویهم قرار گرفتند و با استفاده از عملگر *OWA* نقشه‌های نهایی پهنه‌های آسیب-پذیر شهر شیراز در ۵ سطح خطرپذیری متفاوت (از خیلی کم تا خیلی زیاد) تهیه شد. تحلیل این نقشه‌ها نشان می‌دهد که در شرایط خطرپذیری خیلی‌کم، کم و متوسط ($Orness = 0, Orness = 0.25, Orness = 0.5$) خوشبختانه هیچ‌کدام از پهنه‌ها و مناطق شهر شیراز در شرایط آسیب‌پذیری زیاد و خیلی‌زیاد قرار ندارند و تنها بخش‌هایی از بافت تاریخی و میانی شهر شیراز واقع در منطقه ۸ و منطقه ۲ در شرایط آسیب‌پذیری کم و متوسط هستند. این مهم در حالی است که در شرایط خطرپذیری بالا ($Orness = 1$) ۲۷ درصد از بلوک‌های شهری کلانشهر شیراز واقع در بخش مرکزی (بافت تاریخی و میانی شهر شیراز) شامل پهنه‌های وسیعی از مناطق ۸ و ۲ و بخش‌هایی از مناطق ۱، ۵، ۱۲ و ۴ در شرایط آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد و ۶۵ درصد از بلوک‌های

www.SID.ir

Archive of SID

شهری این شهر در شرایط آسیب‌پذیری متوسط قرار دارند. به نظر می‌رسد وجود تراکم جمعیتی زیاد، بالا بودن قدمت ابنیه، ناپایداری سازه‌های ساختمانی، ضعف شبکه‌های ارتباطی و دسترسی و وجود معابر کم‌عرض، بالا بودن نسبت توده‌های ساختمانی به فضاهای خالی و نزدیکی به مراکز نظامی و تاسیساتی عمده زمینه‌ساز بالا بودن آسیب‌پذیری این پهنه‌ها در مواجهه با تهدیدهای احتمالی است. با این تفاسیر و به طور کلی، در سطوح ریسک مختلف، مرکز شهر شیراز بیشترین میزان آسیب‌پذیری را به خود اختصاص داده است که علت آن را می‌توان عمدتا ناشی از استانداردهای پایین کالبدی ابنیه، تراکم جمعیت و تمرکز تأسیسات و خدمات در این قسمت دانست.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش راهکارهای زیر به منظور کاهش آسیب‌پذیری در شهر شیراز ارائه می‌شود:

- توجه بیشتر به اقدامات مرتبط با بازسازی و بهسازی کالبدی و بازآفرینی شهری در مرکز و بافت قدیمی شهر شیراز؛
- توجه دقیق و نظارت کامل بر مجوزهای صادر شده و در حال صدور برای افزایش تراکم ساختمانی و جمعیتی در مناطق مختلف شهر شیراز؛
- تمرکززدایی از دارایی‌ها و کاربری‌های حیاتی، مهم، جاذب جمعیت و دارای تاثیرگذاری اجتماعی بالا مانند بیمارستان‌ها، مراکز آموزش عالی، ایستگاه های مترو و ... و پخشایش مناسب آنها در پهنه‌های گوناگون شهری؛
- تغییر ساختار شهری شیراز از حالت تک هسته‌ای به چند هسته‌ای به منظور کاهش تراکم جمعیتی از مرکز شهر و توزیع متعادل خدمات و دارایی‌ها؛
- ارتقای سطح دسترسی‌پذیری در بافت تاریخ و بافت‌های ناکارآمد شهری همچون محلات کشن، مهدی آباد و فضل آباد؛
- انتقال مراکز، پایگاه‌ها و پادگان‌های عمده نظامی به پهنه‌های برون‌شهری سوق‌الجیشی و دارای امکانات طبیعی حفاظتی در مناطق خارج از حریم شهر شیراز؛
- به کارگیری اصول اختلاط کاربری‌ها در ساخت و سازهای شهری موجود و جدید شهری در شهر شیراز؛
- به منظور اولیت‌بندی مداخلات در راستای کاهش آسیب‌پذیری شهر شیراز می‌توان از نقشه‌های تهیه شده با درجات *ORness* مختلف استفاده کرد.
- مناطق در اولویت جهت مداخله کالبدی به ترتیب مناطق ۸، ۲ ، ۱، ۱۲ و ۴ هستند.
- در پایان، امید است نتایج حاصل از این تحقیق بتواند زمینه کاهش آسیب‌پذیری کلانشهر شیراز در برابر حوادث و تهدیدهای احتمالی را فراهم آورد.

www.SID.ir

Archive of SID

۸- منابع

۱. احمرلوئی، م. (۱۳۸۹). *پدافند غیرعامل در جنگ‌های نوین*. تهران: انتشارات شهیدی.

۲. اسکندری، ح. (۱۳۹۰). *آمایش سرزمین از منظر پدافند غیرعامل*. تهران: انتشارات بوستان حمید.

۳. اسماعیلی‌شاهرخت، م.، و تقوایی، ع. (۱۳۹۰). ارزیابی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد پدافند غیرعال با استفاده از روش دلفی. نمونه موردی : شهر بیرجند. *دوفصلنامه مدیریت شهری، شماره ۲۸*، ۹۳-۱۱۰.

۴. پریزادی، ط.، حسینی‌امینی، ح.، و شهریاری، ح. (۱۳۸۹). بررسی و تحلیل تمهیدات پدافند غیرعامل در شهر سقز در رویکردی تحلیلی. *فصلنامه مدیریت شهری*، شماره ۲۶، ۱۹۱-۲۰۶.

۵. پویان، ژ.، و ناطقی الهی، ف. (۱۳۷۸). آسیب‌پذیری ابرشهرها در برابر زمین‌لرزه؛ مطالعه موردی شهر تهران. *سومین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله*. تهران.

۶. تقوایی، م.، و جوزی خسلویی، ع. (۱۳۹۱). مدیریت و برنامه‌ریزی بحران در فضاهای شهری با رویکرد پدافند غیرعامل و مدل SWOT ؛ مطالعه ی موردی: مسیرهای راهپیمایی شهر اصفهان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، شماره ۶، ۵۷-۷۳.

۷. رجبی، م.، منصوریان، ع.، و طالعی، م. (۱۳۹۰). مقایسه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP، OWA-AHP و FuzzyAHP-OWA برای مکان‌یابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز. *مجله محیط‌شناسی، شماره ۵۷*، ۷۷-۹۲.

۸. روانشادنیا ، م.، و بزرگمهر، م. (۱۳۹۴). *تصمیم گیری چندمعیاره فازی*. تهران: انتشارات سیمای دانش.

۹. زبردست، ا. (۱۳۹۴). *جزوه درسی روش‌های ارزیابی چندمعیاری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) و فرآیند تحلیل شبکه ای(ANP)*. دانشکده شهرسازی: دانشگاه تهران.

۱۰. سند راهبردی سازمان پدافند غیرعامل کشور. (۱۳۸۸). *سند راهبردی سازمان پدافند غیرعامل کشور*. سازمان پدافندغیرعامل کشور.

۱۱. شاهیوندی، ا. (۱۳۹۶). سنجش میزان آسیب‌پذیری محلات شهری در تطابق با اصول پدافند غیرعامل. مطالعه موردی: شهر شهرکرد. *دوفصلنامه مدیریت بحران*، شماره ۱۱، ۴۷-۶۲.

۱۲. شکیبا، ع. (۱۳۸۷). بحران ؛ دانشنامه مدیریت شهری و روستایی. تهران: *انتشارات سازمان شهرداری ها و دهیاری‌های کشور*.

۱۳. شماعی، ع.، مصطفی‌پور، ل.، و یوسفی‌فشکی، م. (۱۳۹۴). تحلیل فضایی آسیب پذیری محله های شهری با رویکرد پدافند غیرعامل در شهر پیرانشهر. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، شماره ۳، ۱۰۵-۱۱۸.

۱۴. صیامی، ق.، لطیفی، غ.، تقی‌نژاد، ک.، و زاهدی‌کلاکی، ا. (۱۳۹۳). آسیب شناسی پدافندی ساختار شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP و GIS . مطالعه موردی شهر گرگان. *آمایش جغرافیایی فضا*، شماره ۱۰، ۲۱-۴۲.

۱۵. طالعی، م.، سلیمانی، ح.، و فرج‌زاده‌اصل، م. (۱۳۹۲). ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم دیم بر مبنای مدل فائوو با استفاده از تکنیک تلفیقی Fuzzy-AHP-OWA در محیط GIS. *نشریه آب و خاک*، جلد ۲۸، شماره ۱، ۱۳۹-۱۵۶.

۱۶. عزیزی، م.، و برنافر، م. (۱۳۹۱). ارزیابی آسیب‌پذیری شهری ناشی از حملات هوایی. ناحیه یک از منطقه ۱۱ شهر تهران. *محله علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل*، شماره ۸، ۱۲۷-۱۳۷.

۱۷. عسگری، ع. (۱۳۸۳). برنامه‌ریزی و مدیریت سوانح در آموزش عالی. *مجله شهرداری‌ها، شماره ۶۰*.

۱۸. هاشمی فشارکی، غ.ر، و جلالی فراهانی، س.ج. (۱۳۹۰). *ضرورت ها و الزامات دفاع غیرعامل در شهرها*. تهران: اولین همایش شهرسازی و معماری با رویکرد پدافند غیرعامل.

۱۹. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. (۱۳۸۸). *مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان*. تهران: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۲۰. مرکز آمار ایران. (۱۳۹۷). *سالنامه آماری کشور ۱۳۹۵*. تهران: دفتر ریاست روابط عمومی و همکاری‌های بین‌الملل مرکز آمار ایران. قابل دسترس در:https://www.amar.org.ir/Portals/0/Files/fulltext/1395/n_Salname_95-V3.pdf

۲۱. مقررات ملی ساختمان. (۱۳۸۸). *مبحث ۲۱، پدافند غیرعامل*. تهران: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

۲۲. موحدی نیا، ج. (۱۳۸۸). *اصول و مبانی پدافند غیر عامل*. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

۲۳. موغلی، م.، متقی، ا.، و حسینی‌امینی، ح. (۱۳۹۴). *پدافند غیرعامل، امنیت ملی و شهر*. تهران: نشر انتخاب.

۲۴. میمندی پاریزی، ص.، و کاظمی‌نیا، ع. (۱۳۹۴). پهنه بندی آسیب پذیری شهر کرمان بر اساس اصول پدافند غیرعامل. *آمایش سرزمین*، شماره ۱۲، ۱۱۹-۱۴۴.

۲۵. نورالهی، ح.، برزگر، ا.، عوض‌آبادیان، ف.، سلیمانی، ع.، و علیخانی، آ. (۱۳۹۴). ارائه الگوی ارزیابی خطرپذیری ریسک بر اساس تلفیق رویکردهای عملکردی و آمایشی در زیرساخت‌های حیاتی. *نشریه علمی‌پژوهشی مدیریت بحران*، سال ۷، شماره ۱، ۴۷-۵۶.

26. Ahsan, M. N., & Warner, J. (2014). The socioeconomic vulnerability index: A pragmatic approach for assessing climate change led risks–A case study in the south-western coastal Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *8*, 32-49.

www.SID.ir

Archive of SID

27. Alexander, D. (2002). From civil defence to civil protection – and back again. *Disaster Prevention and Management: An International Journal, 11*(3), 209-213. doi:https://doi.org/10.1108/09653560210435803
28. Bowen, W. (1993). *AHP: Multiple Criteria Evaluation, in Klosterman, R.et al (Eds), Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis.* New Brunswick: Center for Urban Policy Research.
29. Brooks ,N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper, 38*(38), 1-16 .
30. Buckley, J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3) 233-247.
31. Chang, D. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal* of Operational Research, 95(3), 649-655.
32. Chen, W., et al. (2018). "Urban resources selection and allocation for emergency shelters: in a multi-hazard environment." International journal of environmental research and public health 15(6): 1261.
33. Chmutina, K., Lizarralde, G., Dainty, A., & Bosher, L. (2016). Unpacking resilience policy discourse. *Cities*.58, 70-79 .
34. Desouza, K. C., & Flanery, T. H. (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities, 35*, 89-99 .
35. Ebrahimian Ghajari, Y., Alesheikh, A., Modiric, M., Hosnavid, R., Abbasi, M., & Sharifif, A. (2018). Urban vulnerability under various blast loading scenarios: Analysis using GIS-based multi-criteria decision analysis techniques. *Cities*, 72, 102-114.
36. Ebrahimian Ghajari, Y., Alesheikh, A. A., Modiri, M., Hosnavi, R., & Abbasi, M. (2017). Spatial Modelling of Urban Physical Vulnerability to Explosion Hazards Using GIS and Fuzzy MCDA. *Sustainability, 9*(7), 1274 .
37. Fischer III, H., Scharnberger, C & ,Gei, C. (1996) .Reducing Seismic Vulnerability in low to moderate risk areas . *Disaster Prevention and Management* , 5(4), 5-18
38. Karashima, K., Ohgai, A., & Saito, Y. (2014). A GIS-based support tool for exploring landuse policy considering future depopulation and urban vulnerability to natural disasters-A case study of Toyohashi City, Japan. *Procedia Environmental Sciences*, 22, 148–155.
39. Kim, H., & Marcouiller, D. W. (2015). Urban Vulnerability and Resiliency to Natural Disasters: An Integrative Tourism Planning Perspective. *Cities at Risk :Planning for and Recovering from Natural Disasters, 159*
40. Malczewski, J., & Rinner, C. (2005). 'Exploring multicriteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: A case study of residential quality evaluation'. *Journal of Geographical Systems,*, 7: 249-68.
41. Marcouiller, D., & Kim, H. (2015). Urban vulnerability and resiliency to natural disasters: An integrative tourism planning perspective. In
42. *Cities at Risk: Planning for and Recovering from Natural Disasters,* London: Routledge.
43. Parnell, S. (2016). Defining a global urban development agenda. *World Development, 78*, 529-540 .
44. Sennewald, C. A., & Baillie, C. (2015). *Effective security management*: Butterworth-Heinemann.
45. Shakibamanesh, A. (2017). "Public shelters: Towards secure urban planning and designing in terms of passive defense." Geografia-Malaysian Journal of Society and Space 11(3).
46. Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2016). On the suitability of assessment tools for guiding communities towards disaster resilience. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 18*, 115-124 .
47. *Trivedi, A. and A. Singh (2017). "Prioritizing emergency shelter areas using hybrid multi-criteria decision approach: A case study." Journal of Multi-Criteria Decision Analysis 24(3-4): 133-145.*
48. United-Nations. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.* Retrieved from New York :.
49. Yager, R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *IEEE Transactions on Systems*, 18 (1), 183–190.

www.SID.ir