

ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز

علیرضا صادقی^۱، محمد حیدری^{۲*}، فاطمه آقایی^۳

۱- استادیار بخش شهرسازی دانشکده 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	چکیده
آسیب پذیری کالبدی پدافند غیر عامل سیستم اطلاعات جغرافیایی تحلیل سلسله مراتبی فازی میانگین گیری وزن دار ترتیبی	امروزه به کارگیری اصول پدافند غیر عامل در برنامه ریزی شهری با هدف به حداقل رساندن خسارت های احتمالی ناشی از تهدیدهای انسان ساخت، جایگاه مهمی دارد. بر این اساس در فرآیند مدیریت خطر پذیری، ارزیابی میزان آسیب پذیری کالبدی شهری و شناسایی پهنه های آسیب پذیر امری ضروری است. از اینرو هدف اصلی این پژوهش تعیین میزان اهمیت شاخص های موثر بر آسیب پذیری پهنه های شهری، ارزیابی کلان شهر شیراز بر اساس این شاخص ها و شناسایی پهنه های آسیب پذیر شهر شیراز در شرایط وقوع تهدیدهای انسان ساخت احتمالی است. این پژوهش از نظر روش شناسی، توصیفی-تحلیلی و موردی است. به منظور شناسایی پهنه های آسیب پذیر شهر شیراز از مدل تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی و میانگین گیری وزن دار مرتب در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد و در این روند مقایسه زوجی معیارها، تعیین وزن معیارها و تهیه نقشه های لایه های اطلاعاتی انجام شد. شاخص ها 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. نقشه های مربوط به معیارهای سنجش آسیب پذیری با به کارگیری منطق فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی در سطح بلوک های شهری تهیه و سپس نقشه های فازی با استفاده تابع ترکیب خطی وزن دار با یکدیگر ترکیب و با استفاده از شیوه میانگین گیری وزن دار مرتب (OWA)، نقشه های نهایی آسیب پذیری محدوده مورد مطالعه در ۵ سطح خطر پذیری تهیه شد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که در شرایط خطر پذیری بالا ($Orness = 1$) ۲۷ درصد از بلوک های شهری کلان شهر شیراز شامل پهنه های وسیعی از مناطق ۸ و ۲ و بخش هایی از مناطق ۱، ۵، ۱۲ و ۴ در شرایط آسیب پذیری خیلی زیاد و زیاد و ۶۵ درصد از بلوک های شهری در شرایط آسیب پذیری متوسط قرار دارند.

۱- مقدمه
نظامی، برخی از جامعه شناسان نیز مطالعات خود را به جنگ و اثرات زیادی که بر حیات بشر می گذارد اختصاص داده اند. به منظور مقابله با شرایط تهدیدآمیز ناشی از وقوع جنگ های احتمالی، انسان ها از عامل دفاع در سطوح مختلف استفاده کرده اند (سند راهبردی سازمان پدافند غیر عامل کشور،

تاریخ زندگانی بشر همواره با عنصر جنگ همراه بوده است. این واقعیت به قدری ملموس و تأثیرگذار بوده که به عنوان یک پدیده اجتماعی پذیرفته شده است و در کنار متخصصان امور

Desouza & Flanery, 2013; Sharifi & Yamagata, 2016

با توجه به آنچه گفته شد ضرورت توجه به ارزیابی آسیب پذیری بافت های شهری در ایران و انجام دادن تحقیقات علمی در این زمینه به خوبی احساس می شود 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 بافت های 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 آسیب پذیری بلوک های شهری کلانشهر شیراز و پهنه بندی بافت های شهری آسیب پذیر در این کلانشهر است. بر این اساس سوال های اصلی این تحقیق عبارتند از: ۱) شاخص ها و معیارهای اساسی بررسی میزان آسیب پذیری کالبدی شهری کدامند و میزان اهمیت هریک در مقایسه با دیگری چگونه است؟ ۲) در شرایط خطرپذیری متفاوت، کدام پهنه های شهری کلانشهر شیراز در مواجهه با حملات احتمالی مستعد آسیب هستند؟

۲- پیشینه تحقیق

در زمینه ارزیابی آسیب پذیری شهری با رویکرد پدافند غیرعامل تحقیقات مختلفی هم در بعد نظری و هم کاربردی انجام شده است. تحقیقات مرتبط با مفهوم آسیب پذیری شهری به دو نوع آسیب پذیری در برابر حوادث طبیعی و آسیب پذیری در برابر حوادث غیرطبیعی با عاملیت انسانی تقسیم بندی می شود که با توجه به هدف تحقیق حاضر و رویکرد پدافند غیرعامل نوع دوم این تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته است. در زمینه روش شناسی این تحقیقات، به طور کلی می توان به تحلیل های تصمیم گیری چندمعیاره مبتنی بر GIS اشاره کرد که در موارد متعددی به کار گرفته شده است؛ به طور مثال می توان 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

(۱۳۸۸). در این زمینه و در کنار توسعه تجهیزات و سامانه های هوشمند و پیشرفته نظامی، پدافند غیرعامل و اصول آن مورد توجه ویژه قرار گرفته و زمینه جهت همکاری و مشارکت تمامی نهادها، نیروها، سازمان ها، صنایع و حتی مردم عادی جهت دفاع مشروع از کشور فراهم شده است (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 ویژه ای دارد و سنجش میزان آسیب پذیری بافت های شهری از گام های اولیه و اصلی فرآیند مدیریت خطرپذیری بافت های شهری است. چرا که امروزه ۵۵ درصد از جمعیت جهان و بیش از ۷۴ درصد از جمعیت ایران در مناطق شهری زندگی می کنند 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 می رسد مراکز شهری متناسب با رشد جمعیت و افزایش سطوح فعالیت های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بیش تر از گذشته آسیب پذیر شده اند. کشور ما نیز از قاعده مستثنی نبوده و وجود حجم قابل توجهی از بافت های شهری بالقوه آسیب پذیر (شامل بافت های فرسوده، سکونتگاهی غیررسمی و حاشیه ای، واجد ضعف های ساختاری و سازه ای عمده) با تراکم جمعیتی بالا گواه این مدعی است. از اینرو مساله ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری به عنوان یکی از موضوعات اصلی مورد توجه برنامه ریزان و مدیران شهری قرار گرفته است (*Desouza & Flanery, 2013; Ebrahimian Ghajari et al, 2017; Parnell, 2016*). انجام دادن تحقیقات در مورد آسیب پذیری پهنه های شهری در هنگام وقوع تهدیدهای انسان ساخت احتمالی، به ویژه برای شهرهای اصلی و کلانشهرها که به نوعی قطب فعالیت های منطقه ای، ملی یا بین المللی هستند، بسیار حائز اهمیت است. نتایج چنین تحقیقاتی می تواند توسط برنامه ریزان و تصمیم گیران شهری به منظور افزایش آمادگی و آینده نگری در مقابله با حوادث و تهدیدهای مخرب به کار گرفته شوند. همچنین سنجش میزان آسیب پذیری پهنه های شهری به طور گسترده به عنوان یک راهبرد مؤثر برای افزایش انعطاف پذیری و تاب آوری شهری و کاهش اثرات حوادث احتمالی مورد توجه قرار گرفته است (*Chmutina, Lizarralde, Dainty, & Bosher, 2016*;

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 زیان‌های 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 تجمع 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

حملات هوایی براساس روش تحلیل سلسله مراتبی^۱ و به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد ارزیابی قرار داده‌است و نتایج این پژوهش نشانگر آن است که در مجموع ۹۲/۴ درصد بلوک‌های ساختمانی واقع در محدوده، دارای آسیب‌پذیری متوسط به بالا بوده‌اند. همچنین شاهینوندی (۱۳۹۵) در مطالعه دیگری با عنوان سنجش میزان آسیب‌پذیری 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.

در نظر گرفتن 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^۲ 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^۳ 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 می‌توان به "روش باکلی" اشاره کرد که این روش در سال ۱۹۸۵ ارائه گردیده است. در این روش از اعداد فازی دوزنقه‌ای^۴ استفاده می‌گردد و جهت محاسبه اوزان نیز از میانگین هندسی استفاده می‌شود (*Buckley, 1985*). در سال ۱۹۹۶ روش جدیدی را جهت بکارگیری *AHP* به صورت فازی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای^۵ 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

⁴ Buckley method

⁵ Trapezoidal Fuzzy Numbers

⁶ Extent Analysis Method

¹ Analytic Hierarchy Process (AHP)

² Fuzzy analytic hierarchy process

³ Logarithmic Least Square

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 سرمایه های مادی و فرهنگی، حلقه ارتباطی و کانون انسجام منطقه ای و پسرانه روستایی از مهم ترین مقاصد حملات نظامی در جنگ ها هستند و پیوسته باید فشارهای ناشی از جنگ را متحمل شوند (اسماعیلی شاهرخت و تقوایی، ۱۳۹۰). در واقع امروزه یکی از رویکردهای مطرح در برنامه ریزی شهری و ساماندهی شهرها و مجتمع های زیستی رویکرد پدافند غیرعامل و با هدف پیش گیری و مقابله با بحران های احتمالی در حوزه های انسان، فعالیت و فضا است. این رویکرد با سازمان دهی و مدیریت نهادها و ارگان های مختلف و شهروندان صورت می پذیرد (پریزادی، حسینی امینی و شهریاری، ۱۳۸۹). دفاع شهری در دوران جنگ جهانی دوم و در تلاش هایی که برای مقابله با حمله هوایی، تدارک پناهگاه و هشدار برای غیرنظامیان صورت می گرفت به وجود آمد (Alexander, 2002). مهم ترین هدف اجرایی پدافند غیرعامل در مقیاس شهر حفظ تجهیزات حیاتی و حساس شهر در مواقع بحرانی و تداوم استفاده از فعالیت ها و خدمات در این شرایط می باشد. این هدف باشناسایی استخوان بندی فضایی، مراکز اصلی شهر و ویژگی های ناحیه ای شهر تأمین می شود (احمرلویی، ۱۳۸۹). لازمه ارائه راهبردها و برنامه های ارتقاء ایمنی و در شهرها شناسایی بحران ها در سطوح مختلف و تحلیل، ارزیابی و مدیریت آن ها است. لذا برنامه ریزی و طراحی دقیق در سطح شهرها، تعیین نقاط آسیب پذیر، پهنه بندی مناطق مخاطره آمیز در شهرها و تقویت سازمان های دخیل در مدیریت بحران می تواند در پایداری شهرها در برابر ناامنی های شهری از بحران بسیار مؤثر باشد (عسگری، ۱۳۸۳). در این زمینه بررسی و تحلیل آسیب پذیری شهری یکی از مهم ترین اقداماتی است که بایستی به منظور شناسایی نواحی هدف برنامه ریزی و برطرف کردن خلأ های موجود پدافندی صورت پذیرد.

۲-۲- معیارهای سنجش آسیب پذیری شهری

آسیب پذیری، میزان گسترده ای از حساسیت در برابر تحمل تلفات و خسارت ها است. در تعریف دیگری، آسیب پذیری عبارت است از هر نقطه ضعیفی که توسط دشمن مورد

بهره برداری قرار می گیرد تا دشمن به طور غیرمجاز به دارایی های یک زیرساخت دسترسی پیدا کند و متعاقباً به آن ها خسارت وارد یا آن ها را سرقت کند (نورالهی و دیگران، ۱۳۹۴). به عبارت دیگر، آسیب پذیری یک تابع ریاضی است و به مقدار خسارت پیش بینی شده برای هر عنصر در معرض خطرهای مصیبت بار، با شدت معین، گفته می شود. تحلیل آسیب پذیری 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 آسیب پذیری شهری میزان احتمال زیان دیدن شهرها و زیرساخت های شهری در مقابل حوادث طبیعی و غیرطبیعی است (Karashima, Ohgai & Saito, 2014). در واقع آسیب پذیری شهری می تواند به عنوان میزان خلل و زبانی که به مؤلفه های 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 آسیب پذیری 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 می شوند (Ahsan & Warner, 2015; Kim & Marcouiller, 2014). همچنین آسیب پذیری بر اساس منشأ حادثه، در دو طیف طبیعی و انسان ساخت طبقه بندی شده است (Sennewald & Baillie, 2015). یکی از مهم ترین تئوری ها در زمینه شناسایی نقاط آسیب پذیر 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، زیرساخت ها، جمعیت مردمی و نیروهای عملیاتی) است که ساختارهای اصلی قدرت هر کشور را نشان می دهد که به صورت بالقوه آسیب پذیر هستند (موغلی، متقی و حسینی امینی، ۱۳۹۴). در ارتباط با نقش برنامه ریز در کاهش آسیب پذیری شهری به طور کلی تأسیسات شهری، زیرساخت های حمل و نقل و جمعیت مردمی (تراکم جمعیتی) بایستی مورد توجه قرار گیرد. همچنین در طبقه بندی صورت

گرفته در طرح‌های کالبدی ملی و منطقه‌ای، عوامل و عناصر آسیب‌پذیر شهر به سه دسته ترتیبی مراکز حیاتی^۷، مراکز حساس^۸ و مراکز مهم^۹ 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 شده- است. (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 امداد رسانی، فرمانداری، شهرداری)، مراکز نظامی و انتظامی (پادگان‌های نظامی و پاسگاه‌های نظامی)، تجهیزات شهری (پایانه مسافری، آتش‌نشانی)، مراکز پشتیبان (مراکز اقتصادی و صنعتی، مراکز آموزشی، انبارهای مواد غذایی)	(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 امداد رسانی (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، مخازن آب شهری، مناطق مسکونی، آثار باستانی و شبکه ارتباطی)، مراکز مدیریت بحران (مراکز درمانی، ادارات و مراکز نظامی و انتظامی)، تجهیزات شهری (فروگاه، مراکز آتش‌نشانی و مراکز آموزش عالی) 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.S شبکه 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 تأسیسات برق، کیفیت ساختمان، فاصله از تأسیسات آبی، عمر ابنیه، سازه، سطح اشغال، عرض معبر	(Ebrahimiyan 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

⁸ Critical Centers

⁹ Important Centers

⁷ Vital Centers

استفاده شده است. شاخص ها و معیارهای تاثیرگذار در ارزیابی آسیب پذیری شهری با بررسی متون نظری و تجربی مرتبط، در دسترس بودن اطلاعات و ویژگی های مکانی نمونه مورد مطالعه شناسایی و انتخاب شدند. منابع اطلاعات مکانی مورد استفاده در این مقاله از پایگاه های داده مصوب در طرح های تفصیلی مناطق شهرداری شیراز و همچنین با استفاده از داده های رایگان در دسترسی در سایت^۱ OSM استخراج شده است. جهت تعیین میزان اهمیت و ارزش گذاری هر یک از معیارها از شیوه مصاحبه با خبرگان (گروه نمونه ۱۵ نفری) و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. ذکر این نکته لازم است که نمونه گیری این تحقیق کاملاً هدفمند بود و برای شناسایی متخصصان و خبرگان از شیوه نمونه گیری گلوله برفی استفاده شد و نمونه گیری تا رسیدن به اشباع نظری ادامه پیدا کرد. گروه نمونه این تحقیق، شامل ۱۵ نفر از اعضای هیات علمی دانشگاه، دانشجویان و دانش آموزان کارشناسی ارشد رشته های معماری، عمران، طراحی شهری و برنامه ریزی 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 ساختمان های موجود در مناطق مختلف این شهر آشنایی کامل داشتند. در واقع مراحل انجام این تحقیق در ۳ گام و به شرح زیر می باشند. گام اول - تعیین میزان اهمیت معیارها با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP). گام دوم - تهیه نقشه های معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب پذیری شهری با استفاده از توابع منطق فازی در GIS و تهیه نقشه فازی نهایی با استفاده از تابع ترکیب خطی وزن دار فازی (fuzzy WLC)^۲ گام سوم - غیرفازی سازی نقشه نهایی آسیب پذیری با استفاده از عملگر میانگین گیری وزن دار مرتب (OWA)^۳. در نهایت نقشه های آسیب پذیری شهری در شرایط ریسک پذیری مختلف تهیه گردیده است.

تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازد، مورد استفاده قرار می گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری ابتدا در سال ۱۸۹۰ توسط توماس ال ساعتی^۴ پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (زبردست، ۱۳۹۴). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت بندی عناصر تصمیم گیری شروع می شود. این عناصر شامل هدف، معیارها یا مشخصه ها و گزینه های احتمالی می شود که در اولویت بندی به کار گرفته می شوند. فرآیندهای شناسایی عناصر و ارتباط بین آن ها که منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی می شود، «ساختن سلسله مراتبی» نامیده می شود. سلسله مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم گیری را می توان در سطوح مختلف خلاصه کرد (Bowen, 1993). هرچند هدف از به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی به دست آوردن نظر کارشناسان و متخصصین است، با این وجود روش تحلیل سلسله مراتبی معمولی به درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی کند، زیرا در مقایسات زوجی این روش از اعداد قطعی استفاده می شود. از دیگر مواردی که اغلب روش تحلیل سلسله مراتبی به خاطر آن ها مورد نکوهش قرار می گیرد عبارتند از: وجود مقیاس نامتوازن^۵ در قضاوت ها، عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسات زوجی. تصمیم گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی مقایسه های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری ها اعلام کنند. به همین دلیل در قضاوت هایشان ارائه یک بازه را به جای عدد ثابت ترجیح می دهند. برای غلبه بر این مشکلات روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه شده است (روانشادینیا و بزرگمهر، ۱۳۹۴).

در زمینه تکنیک میانگین گیری وزن دار مرتب OWA نیز ذکر این نکته لازم است که روش های ارزیابی چندمعیاره در GIS معمولاً شامل مجموعه ای از معیارهای ارزیابی مکانی در قالب نقشه ها و لایه ها می شوند. اما مسئله ای که معمولاً در تصمیم گیری های مکانی به وجود می آید چگونگی ترکیب نقشه های معیار با مجموعه ای از مقادیر توصیفی (وزن ها) و همچنین اولویت های تصمیم گیرندگان

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

¹ Ordered Weighted Averaging (OWA)

¹ Thomas L. Saaty

¹ Unbalanced scale

4

5

¹ Open Street Map (OSM)

¹ Fuzzy Analytical Hierarchy Process

¹ fuzzy weighted linear combination²

0

$$ORness = 0.5: C_i = (0.3333 * 0.468) + (0.3333 * 0.256) + (0.3333 * 0.145) = 0.289$$

$$ORness = 0.75: C_i = (0.6667 * 0.468) + (0.1802 * 0.256) + (0.1264 * 0.145) = 0.401$$

$$ORness = 1: C_i = (1 * 0.468) + (0 * 0.256) + (0 * 0.145) = 0.468$$

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

جدول ۲- مقادیر درجه $ORness$ در غیرفازی سازی مقادیر

آسیب پذیری.			
$ORness$ 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	۰.۶۶۶۷	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 روش‌های استفاده شده در فرآیند ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در این تحقیق است. (شکل ۲)

است (رجبی، منصوریان و طالعی، ۱۳۹۰). تکنیک OWA یکی از روش‌های ترکیب مورد استفاده 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 دامنه وسیعی از نتایج و نقشه‌ها را دست می‌دهد. 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^۷ 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 v_i وزن ترتیبی است:

$$ORness = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (n-i) v_i, 0 \leq ORness \leq 1 \quad (1)$$

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



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

به طور مثال اگر V_i مقدار فازی آسیب‌پذیری بلوک i باشد آنگاه C_i مقدار غیرفازی شده آن عبارتند از:

$$ORness = 0: C_i = (0 * 0.468) + (0 * 0.256) + (1 * 0.145) = 0.145$$

$$ORness = 0.25: C_i = (0.037 * 0.468) + (0.2593 * 0.256) + (0.7037 * 0.145) = 0.205$$

¹ Trade-offs

¹ Weighted Linear Combination (WLC)

ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز

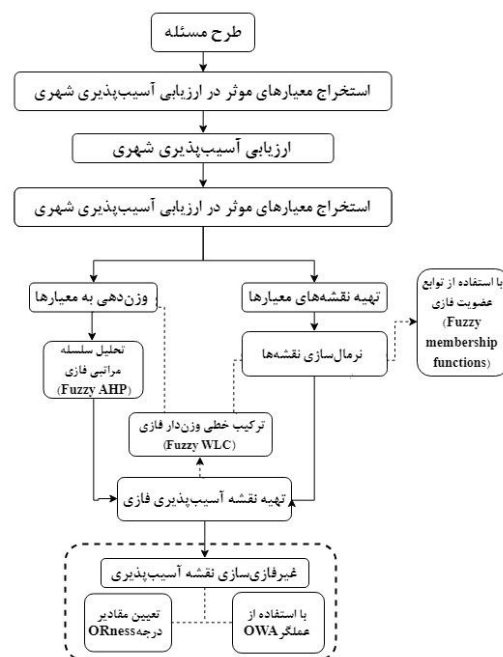
کلانشهر شیراز با توجه به نقش فراشهری و مرکزیت سیاسی خود در استان فارس و پهنه جنوبی کشور و دارا بودن سرمایه های کالبدی-اقتصادی همواره به صورت بالقوه در معرض خطر است به طوری که اگرچه در جنگ تحمیلی دفاع مقدس شهر شیراز کیلومترها با کشور عراق فاصله داشت اما در طول جنگ بارها مورد تجاوز حملات هوایی قرار گرفت؛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



شکل ۳ نقشه موقعیت مناطق شهرداری شیراز.
ماخذ: نگارندگان

۶- یافته های تحقیق

همانگونه که پیشتر اشاره شد، پس از تحلیل متون نظری و شاخص های 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 آسیب پذیری شهری کلانشهر شیراز انتخاب شد. (جدول ۳)



شکل ۲ گام ها و روش های استفاده شده در این تحقیق به منظور ارزیابی آسیب پذیری شهری. ماخذ: نگارندگان

۵- معرفی محدوده مورد مطالعه

شیراز مرکز استان فارس، یکی از کلان شهرهای ایران و از مهم ترین شهرهای گردشگری در پهنه جنوبی کشور محسوب می شود. 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 کوه های بمو، سبزپوشان، چهل مقام و باباکوهی (از رشته کوه های 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)

ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز

جدول ۲- شاخص ها و معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب پذیری شهری کلانشهر شیراز.

شاخص	معیار	سنجه	سطح آسیب پذیری بلوک			
			بسیار کم	کم	متوسط	زیاد
ترکیب بافت شهری	اندازه بلوک	مساحت هر بلوک بر حسب هکتار	< ۱	۱-۲	۲-۳	۳-۴
	ضریب اشغال	میانگین نسبت فضای ساخته قطعات به فضای ساخته نشده در هر بلوک شهری	< ۲۰%	۲۰%-۴۰%	۴۰%-۶۰%	۶۰%-۸۰%
	کیفیت ابنیه	مد کیفیت بناهای ساختمانی در هر بلوک شهری	در حال ساخت و بایر	نوساز	قابل استفاده	مرمتی
	سازه ساختمانی	نوع سازه در هر بلوک شهری	فاقد بنا	اسکلت بتنی و فلزی	آجر و آهن	آجر و بلوک
	تعداد طبقات	متوسط تعداد طبقات در هر بلوک شهری	< ۲	۱-۲	۲-۳	۳-۴
	قدمت ابنیه	میانگین عمر ابنیه در هر بلوک شهری	< ۵	۵-۱۰	۱۱-۲۰	۲۱-۳۰
دسترسی به مراکز امدادی و شریان های شهری	فاصله از شریانی درجه ۱	فاصله هر بلوک شهری از شریان های اصلی شهری	کمتر از ۱۰۰ متر	۱۰۰ تا ۲۰۰ متر	۲۰۰ تا ۳۰۰ متر	۳۰۰ متر تا بیش از ۵۰۰ متر
	ایستگاه آتش نشانی	فاصله هر بلوک شهری از ایستگاه آتش نشانی	کمتر از ۱۵۰ متر	۱۵۰ تا ۳۰۰ متر	۳۰۰ تا ۴۰۰ متر	۴۰۰ تا بیش از ۶۰۰ متر
	دسترسی به بیمارستان	فاصله هر بلوک شهری از نزدیکترین بیمارستان	کمتر از ۲۰۰ متر	۲۰۰ تا ۳۰۰ متر	۳۰۰ تا ۵۰۰ متر	۵۰۰ تا بیش از ۷۰۰ متر
	دسترسی به مراکز درمانی	فاصله هر بلوک شهری از مراکز درمانی در سطح محلی و ناحیه ای	کمتر از ۳۰۰ متر	۳۰۰ تا ۵۰۰ متر	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۱۰۰۰ تا بیش از ۲۰۰۰ متر
دسترسی به مراکز پشتیبان و فضا های امن	ایستگاه های مترو	فاصله هر بلوک شهری از ایستگاه های مترو	کمتر از ۳۰۰ متر	۳۰۰ تا ۸۰۰ متر	۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر	۱۲۰۰ تا بیش از ۲۵۰۰ متر
	مراکز آموزش عالی	فاصله هر بلوک شهری از مراکز آموزش عالی	کمتر از ۵۰۰ متر	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰ تا بیش از ۳۰۰۰ متر
	مراکز اداری عمده	فاصله هر بلوک شهری از مراکز اداری عمده	کمتر از ۵۰۰ متر	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰ تا بیش از ۳۰۰۰ متر
همجواری با کاربری های خطر آفرین	شبکه های انتقال گاز	فاصله هر بلوک شهری از شبکه های انتقال گاز	بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۴۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۴۰۰ تا ۲۰۰ متر	۲۰۰ تا ۱۰۰ متر
	پست های برق	فاصله هر بلوک شهری از پست های برق	بیشتر از ۵۰۰ متر	۳۰۰ تا ۵۰۰ متر	۳۰۰ تا ۱۵۰ متر	۱۵۰ تا ۷۵ متر
	جایگاه های سوخت	فاصله هر بلوک شهری از جایگاه های سوخت	بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۵۰۰ تا ۳۰۰ متر	۳۰۰ تا ۱۵۰ متر

مراکز نظامی	فاصله هر بلوک شهری از مراکز نظامی	بیشتر از ۵۰۰۰ متر	۳۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر	۷۵۰ تا کمتر از ۷۵۰ متر
مراکز مخابراتی	فاصله هر بلوک شهری از مراکز مخابراتی	بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۴۰۰ تا ۲۰۰ متر	۲۰۰ تا کمتر از ۱۰۰ متر
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	۴۰ تا ۶۰ درصد	۸۰ تا 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 ۱۵ نفری 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^۸ 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 حساسی 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^۹ لسطرها در ماتریس مقایسات زوجی استفاده و در نهایت با استفاده از رابطه ۳ اوزان فازی هر معیار نرمالایز شده است:

$$\tilde{M}_I = \left(\frac{l_i}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (3)$$

¹ Fuzzy Geometric Mean

¹ Consistency Ratio (CR)

ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز

جدول ۳ - مقایسات زوجی فازی و وزنهای فازی معیارهای آسیب پذیری شهر شیراز

معیارهای اصلی	قدمت ابنیه	درصد سطح اشغال بلوک	...	نوع سازه	وزنهای فازی معیارها
قدمت ابنیه	(۱-۱-۱)	(۲,۴۵-۲,۱۴-۱,۱۲)	...	(۰,۹۳۴-۰,۸۹۲-۰,۸۷۷)	(۰,۰۷۲-۰,۰۵۱-۰,۰۳۵)
درصد سطح اشغال بلوک	(۰,۸۹۲-۰,۴۶۷-۰,۴۰۸)	(۱-۱-۱)	...	(۰,۸۵۴-۰,۴۷۶-۰,۴۴۸)	(۰,۰۳۵-۰,۰۲۰-۰,۰۱۶)
اندازه بلوک	(۰,۹۰۹-۰,۶۵۷-۰,۶۱۷)	(۰,۹۸-۰,۹۲-۰,۸۷)	...	(۰,۴۹۲-۰,۵۳۱-۰,۴۹۲)	(۰,۰۳۵-۰,۰۲۲-۰,۰۱۸)
کیفیت ابنیه	(۱,۵۱-۱,۲۵-۱,۱)	(۴,۷۵-۴,۱۴-۳,۲۱)	...	(۱,۵۸-۱,۵۲-۱,۱۱)	(۰,۱۲-۰,۰۸۷-۰,۰۶۲)
فاصله از مراکز آموزشی عالی	(۰,۸۵۴-۰,۴۷۳-۰,۴۵)	(۱,۱۳-۱,۱-۱,۰۳)	...	(۰,۹-۰,۵۱۵-۰,۴۸)	(۰,۰۳۶-۰,۰۲۳-۰,۰۱۸)
فاصله از ایستگاه های آتشنشانی	(۱,۵۶-۱,۴۳-۱,۰۴)	(۴,۵۷-۴,۱۳-۳,۱۲)	...	(۱,۴۸-۱,۴-۱,۰۷)	(۰,۱۱۴-۰,۰۸۵-۰,۰۵۷)
فاصله از تاسیسات برقی	(۰,۸۶۹-۰,۶۴۹-۰,۵۹۱)	(۱,۵۳-۱,۴۵-۱,۱۵)	...	(۰,۹۶۱-۰,۶۳۶-۰,۶۲۱)	(۰,۰۵-۰,۰۳۳-۰,۰۲۵)
فاصله از بیمارستان ها	(۱,۱۹-۱,۱۵-۱,۰۸)	(۲,۲۴-۲,۱-۱,۲۵)	...	(۱,۲۱-۱,۱۴-۱,۰۱)	(۰,۰۷۴-۰,۰۵۳-۰,۰۳۶)
فاصله از شریانی درجه ۱	(۰,۸۵۴-۰,۶۸۴-۰,۶۱۷)	(۲,۵۴-۲,۲۶-۱,۱۲)	...	(۰,۹۷-۰,۶۶۲-۰,۶۲۸)	(۰,۰۷-۰,۰۴۷-۰,۰۳۲)
فاصله از درمانگاه ها	(۰,۹۳۴-۰,۸۷۷-۰,۸۱۳)	(۲,۳۴-۲,۲۴-۱,۱۲)	...	(۰,۸۸۴-۰,۶۳۳-۰,۶۱۳)	(۰,۰۶۴-۰,۰۴۴-۰,۰۳۱)
فاصله از مراکز اداری	(۰,۳۳۱-۰,۲۹۳-۰,۲۵۸)	(۰,۹۸-۰,۶۸-۰,۶۴)	...	(۰,۷۶۹-۰,۴۶۹-۰,۴۳۶)	(۰,۰۲۹-۰,۰۱۸-۰,۰۱۴)
مهم فاصله از تاسیسات گازی	(۰,۸۸۴-۰,۶۸-۰,۶۰۹)	(۱,۵۴-۱,۴۳-۱,۰۲)	...	(۰,۷۷۵-۰,۴۸۵-۰,۴۵۶)	(۰,۰۴۴-۰,۰۳۱-۰,۰۲۳)
فاصلی از ایستگاه های مترو	(۰,۸۷۷-۰,۴۸۳-۰,۴۶۲)	(۱,۶۱-۱,۴۵-۱,۰۸)	...	(۱-۰,۷۴۶-۰,۶۹۹)	(۰,۰۴۷-۰,۰۳۳-۰,۰۲۴)
فاصله از مراکز نظامی	(۱,۶۲-۱,۵۱-۱,۰۱)	(۵,۲۹-۴,۶۹-۳,۲۷)	...	(۱,۳۱-۱,۲۱-۱,۱)	(۰,۱۲۵-۰,۰۹۱-۰,۰۶۳)
فاصله از جایگاه های سوخت	(۰,۹۸-۰,۶۸-۰,۶۲۸)	(۲,۲۴-۲,۱۳-۱,۱۱)	...	(۰,۹۵۲-۰,۶۸-۰,۶۶۲)	(۰,۰۵۱-۰,۰۳۴-۰,۰۲۶)
تعداد طبقات	(۱,۵۱-۱,۴۳-۱,۰۴)	(۵,۱۶-۴,۵۹-۳,۷۵)	...	(۱,۱۹-۱,۱۱-۱,۰۲)	(۰,۱۰۱-۰,۰۷۵-۰,۰۴۹)
فاصله از مراکز مخابراتی	(۰,۹-۰,۶۵۳-۰,۵۷۴)	(۴,۰۲-۳,۴۷-۳,۰۴)	...	(۰,۷۹۳-۰,۴۷۳-۰,۴۵۲)	(۰,۰۴۹-۰,۰۳۱-۰,۰۲۴)
تراکم جمعیتی	(۵,۱۷-۴,۵۸-۳,۵۱)	(۸,۶۱-۷,۴۱-۵,۸۷)	...	(۳,۹۴-۳,۴۶-۳,۰۵)	(۰,۲۱۵-۰,۱۵۹-۰,۱۰۹)
سازه ساختمانی	(۱,۱۴-۱,۱۲-۱,۰۷)	(۲,۲۳-۲,۱-۱,۱۷)	...	(۱-۱-۱)	(۰,۰۷۲-۰,۰۵۴-۰,۰۳۵)

ماخذ: نگارندگان

است.

گام دوم- تهیه نقشه های معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب پذیری شهری با استفاده از توابع منطق فازی در GIS: در این گام به تهیه نقشه های هر یک از معیارها با

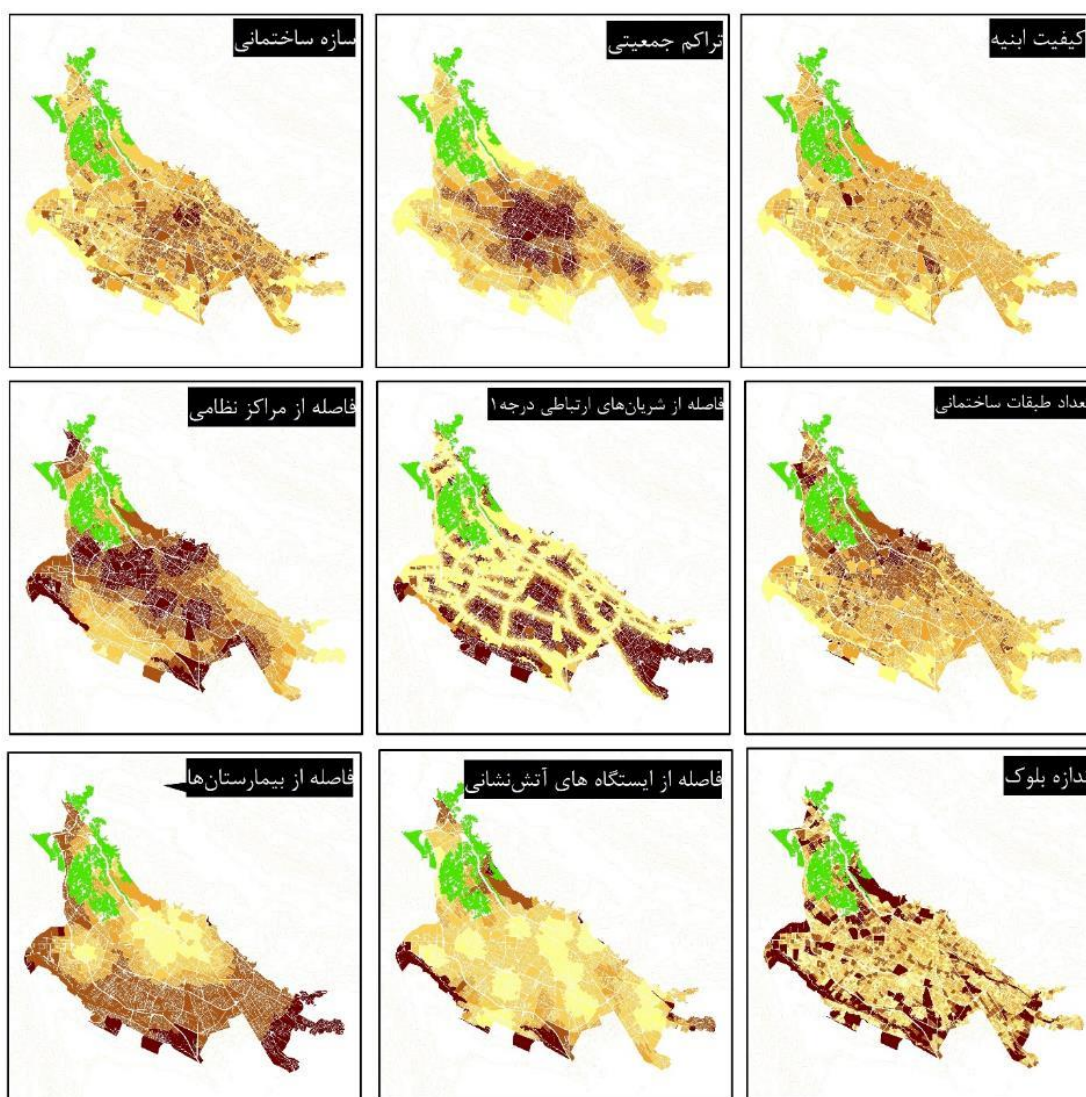
نتایج تحلیل جدول شماره ۵، بیانگر بالابودن ارزش فازی معیارهای تراکم جمعیتی، فاصله از مراکز نظامی، فاصله از ایستگاه آتش نشانی، قدمت ابنیه، تعداد طبقات و فاصله از شریان های درجه ۱ نسبت به سایر معیارهای مورد ارزیابی

ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز

$$\tilde{v}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j \otimes \tilde{R}_{ij}; \quad i = 1.2.m \quad (4)$$

در رابطه ۴، مقدار فازی نهایی آسیب پذیری هر بلوک $\tilde{v}_i$ ، وزن فازی معیار j و مقدار فازی سطح آسیب پذیری بلوک i از معیار j است. شکل ۴ نشان دهنده نقشه های فازی معیارهای مورد استفاده در ارزیابی آسیب پذیری شهری است. (شکل ۴)

استفاده از قابلیت های محاسباتی در GIS در مقیاس بلوک های شهری مطابق با سنجه ها و مقادیر ذکر شده در جدول ۵ پرداخته شد و در ادامه با استفاده از توابع عضویت فازی عملیات نرمالایزاسی^۱ نقشه ها صورت گرفت و تمامی مقادیر نقشه ها در بازه (۰-۱) قرار گرفتند. سپس مقادیر هر بلوک از هر معیار در وزن فازی آن معیار ضرب شده و در نهایت به منظور تعیین مقادیر فازی نهایی آسیب پذیری برای هر بلوک از تابع ترکیب خطی وزن دار فازی^۲ استفاده شد. (رابطه ۴)



² Fuzzy WLC

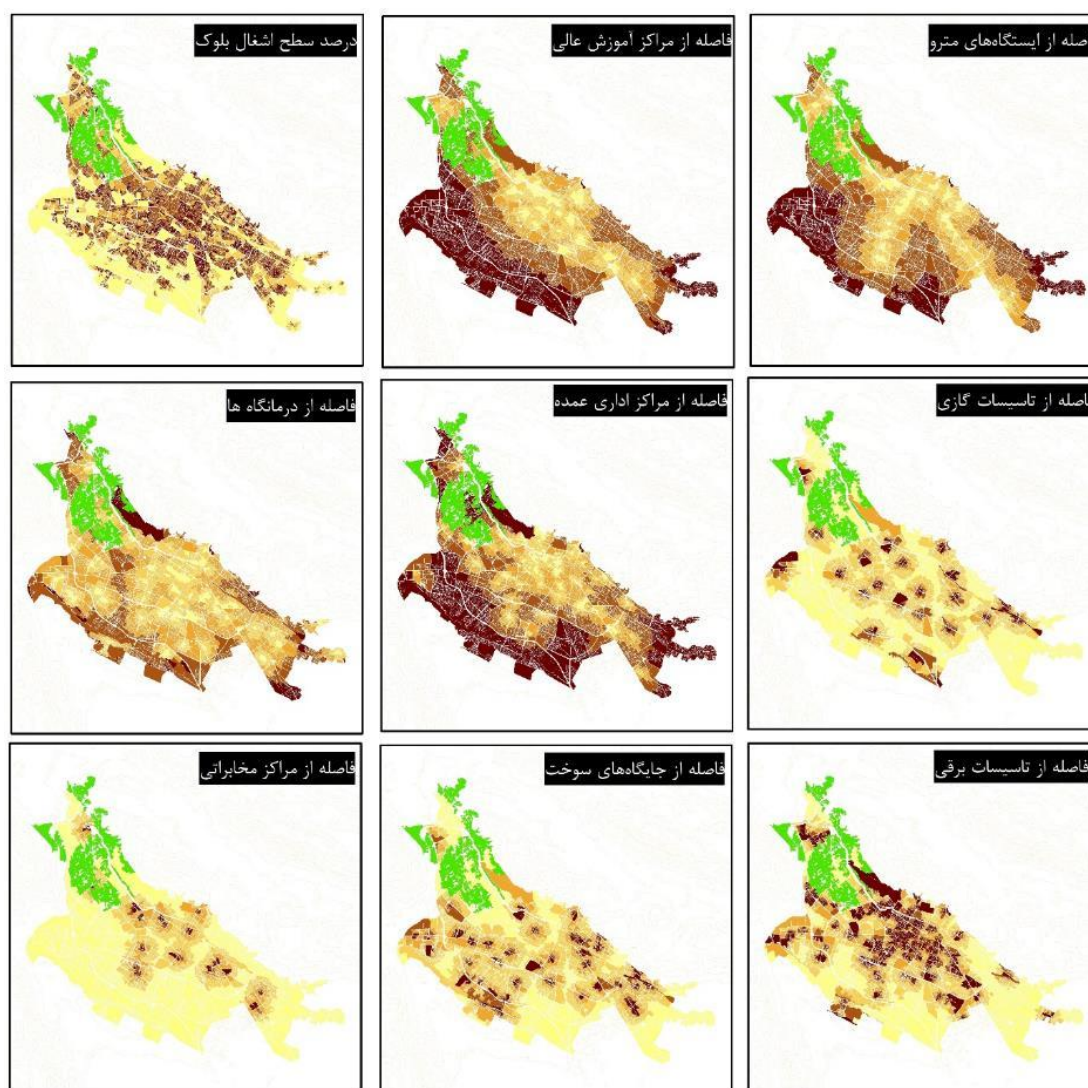
2

² Fuzzy Membership Function
² Normalization

0

1

ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز

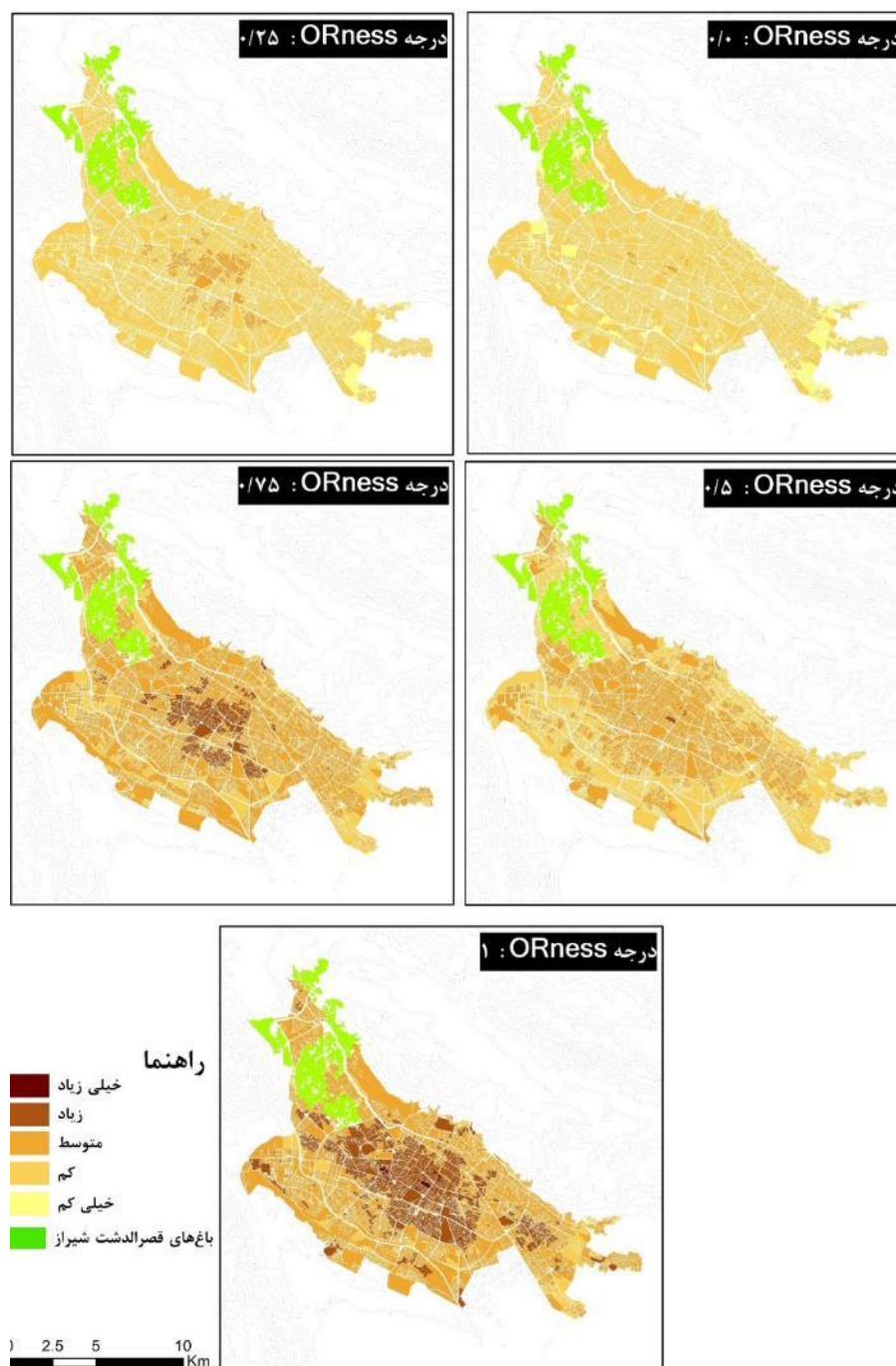


شکل ۴- نقشه های فازی معیارهای استفاده شده در ارزیابی آسیب پذیری کلاتشهر شیراز با رویکرد پدافند غیر عامل. ماخذ: نگارندگان

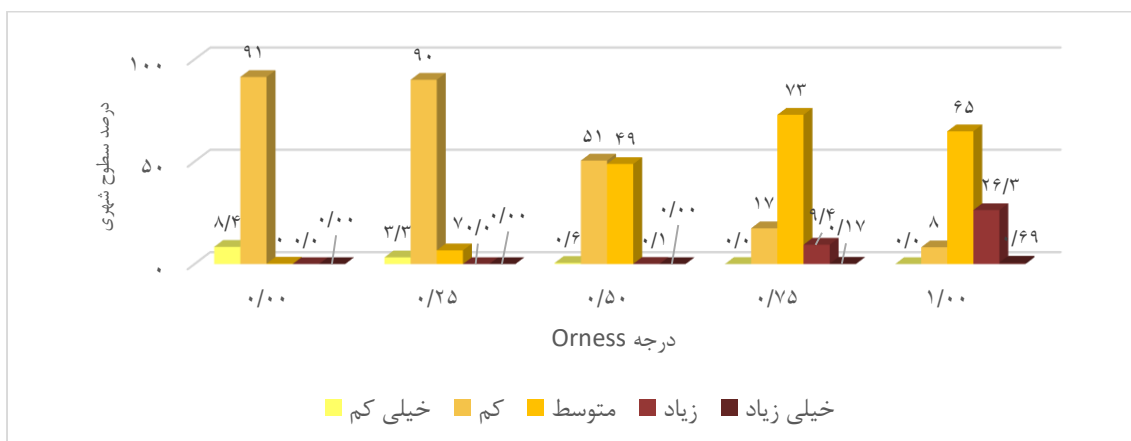
شکل ۵ نشان دهنده میزان آسیب پذیری بلوک های شهری کلاتشهر شیراز در شرایط ریسک مختلف و در ۵ سطح آسیب پذیری از خیلی زیاد تا خیلی کم است؛ (شکل ۵) همچنین نمودار ۱ بیانگر درصد سطوح شهری آسیب پذیر در سطوح ریسکی و درجات آسیب پذیری متفاوت است. (نمودار ۱)

گام سوم- غیرفازی سازی نقشه نهایی آسیب پذیری: برای غیرفازی کردن مقادیر فازی از روش های مختلفی استفاده می شود. در این تحقیق به منظور غیرفازی سازی مقادیر فازی آسیب پذیری هر بلوک شهری از عملگر میانگین گیری وزن دار مرتب (OWA) استفاده و در نهایت نقشه های آسیب پذیری در شرایط ریسک مختلف تهیه شد.

ارزیابی آسیب پذیری پهنه های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل، مورد پژوهی: مناطق ۱۰ گانه شهرداری شیراز



شکل ۵: نقشه های آسیب پذیری بلوک های شهری کلانشهر شیراز با رویکرد پدافند غیر عامل در ۵ سطح ریسک مختلف. ماخذ: نگارندگان



شکل ۶ - درصد سطوح شهری آسیب پذیر در سطوح ریسک و درجات آسیب پذیری متفاوت در بلوک های شهری شیراز. مآخذ: نگارندگان

در معرض خطر) معرفی، ارزش گذاری شدند و نقشه هایی برای هر کدام از معیارها با استفاده از توابع منطق فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد.

تحلیل نقشه های تدقیق شده نشان می دهد که به طور کلی در شاخص ترکیب بافت شهری و معیارهای مرتبط با آن بخش هایی وسیعی از پهنه های شهری شمالی و مرکزی شیراز شامل مناطق ۸، ۲، ۵ و ۳ در معرض آسیب پذیری بالا قرار دارند. این مهم به ویژه در معیارهای قدمت ابنیه، سازه های ساختمانی و درصد سطح اشغال بلوک به چشم می آید. به علاوه بخش های وسیعی از بخش مرکزی و شرقی شیراز شامل مناطق ۵، ۱۲ و ۱۱ شهر شیراز دارای سازه های ساختمانی ناپایدار و آسیب پذیر در برابر حملات و تهدیدهای احتمالی هستند که نشان دهنده ضرورت توجه به مقاوم سازی سازه های ساختمانی در این مناطق است. همچنین نکته حائز اهمیت در شاخص ترکیب بافت شهری، وجود پهنه های وسیع آسیب پذیر از نظر تعداد طبقات ساختمانی در شمال و شمال غربی شامل مناطق ۲، ۱ و ۶ شهر شیراز و قرارگیری پهنه های شهری آسیب پذیر از منظر معیار اندازه بلوک در بافت های شهری پیرامونی در مناطق ۹، ۷، ۴ و ۱ شهر شیراز است. با این حال تقریباً اکثریت قریب به اتفاق پهنه ها و مناطق شهر شیراز به جز بخش های عمده ای از بافت تاریخی و منطقه ۸، در نظر معیار کیفیت ابنیه در وضعیت آسیب پذیری متوسط و کم قرار دارند. در زمینه شاخص دسترسی به مراکز امدادی و شریان های شهری و معیارهای مرتبط با آن، تحلیل نقشه ها نشان می دهد بخش های وسیعی از پهنه های جنوبی و شرقی

۷- بحث و نتیجه گیری

گفته شد که آسیب پذیری شهری از منظر پدافند غیرعامل را می توان از مهم ترین و اساسی ترین موضوعات برنامه ریزی شهری در ایران دانست که هدف از آن افزایش توان شهر و شهروندان در مقابله با خسارات جانی، مالی و محیطی است. خسارت هایی که در هنگام مخاطرات انسان ساز مانند جنگ و نزاع اتفاق می افتد. در این زمینه و در پژوهش حاضر، شاخص هایی چون ترکیب بافت شهری، دسترسی به مراکز امدادی و شریان های شهری، دسترسی به مراکز پشتیبان و فضاهای امن، همجواری با کاربری های خطر آفرین و حجم جمعیت در معرض خطر به عنوان مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر آسیب پذیری بافت های شهری معرفی شدند. همچنین به منظور سنجش و ارزیابی میزان آسیب پذیری پهنه های 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 آتش نشانی، دسترسی به بیمارستان و دسترسی به مراکز درمانی (شاخص دسترسی به مراکز امدادی و شریان های شهری)؛ دسترسی به ایستگاه های مترو، دسترسی به مراکز آموزش عالی و دسترسی به مراکز اداری عمده (شاخص دسترسی به مراکز پشتیبان و فضاهای امن)؛ نزدیکی به شبکه های انتقال گاز، نزدیکی به پست های برق، نزدیکی به جایگاه های سوخت، نزدیکی به مراکز نظامی و نزدیکی به مراکز مخابراتی (شاخص همجواری با کاربری های خطر آفرین)؛ و تراکم جمعیتی (شاخص جمعیت

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 آموزش عالی 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 متأثر 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 تأسیسات گازی که تقریباً در کل شهر شیراز پراکنده شده‌اند حائز اهمیت است و مکانیابی مراکز امدادی و پشتیبانی را در نزدیکی این گره‌های آسیب‌پذیر 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 آسیب‌پذیری 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 می‌باشد. 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 بلوک‌ها 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 ارزش‌گذاری شده با یکدیگر ترکیب شده و رویهم قرار گرفتند و با استفاده از عملگر OWA نقشه‌های نهایی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر شیراز در ۵ سطح خطرپذیری متفاوت (از خیلی کم تا خیلی زیاد) تهیه شد. تحلیل این نقشه‌ها نشان می‌دهد که در شرایط خطرپذیری خیلی کم، کم و متوسط ($Orness = 0$) 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

- 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.

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 عمدتاً 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 تأثیرگذاری اجتماعی بالا مانند بیمارستان‌ها، مراکز آموزش عالی، ایستگاه‌های 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 تاریخی 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 سازه‌های شهری موجود و جدید شهری در شهر شیراز؛
- به منظور اولویت‌بندی مداخلات در راستای کاهش آسیب‌پذیری شهر شیراز می‌توان از نقشه‌های تهیه شده

۸- منابع

۱. احمرلویی، 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 غیرعامل 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؛ مطالعه‌ی 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. روانشادنی، م. و بزرگمهر، م. (۱۳۹۴). تصمیم‌گیری 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 پدافند غیرعامل کشور.
۱۱. شاهپوندی، 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 شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
۱۳. شماعتی، ع.، مصطفی‌پور، ل. و یوسفی‌فشکی، م. (۱۳۹۴). تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محله‌های 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). آسیب‌شناسی 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. *مجله 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. و جلالی‌فراهانی، س.ج. (۱۳۹۰). *ضرورت‌ها 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. موحدی‌نیا، ج. (۱۳۸۸). *اصول و مبانی پدافند غیرعامل*. 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. میمند پاریزی، ص. و کاظمی‌نیا، ع. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری 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.

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., & Boshier, 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., & Sharif, 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., Schamberger, 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.