

سنجش و مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی با تأکید بر پدافند غیرعامل

رسول قربانی^۱

رضا کریمی^۲

چکیده

در سال‌های اخیر، جوامع در سراسر جهان آتش‌سوزی‌های بزرگ شهری را تجربه کرده‌اند و صدها نفر جان خود را از دست داده‌اند. باید پذیرفت که همیشه درصدی از بحران‌ها بخش جدایی‌ناپذیر و طبیعی حیات سیستم‌ها می‌باشند؛ ولیکن بخش عظیمی از تهدیدها، بحران‌ها و التهابات احتمالی هستند و بایستی با مدیریت صحیح و کاربست پدافند غیرعامل، آن‌ها را قبل از وقوع، پیش‌بینی و پیش‌گیری نمود. لذا هدف این پژوهش سنجش و مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی با رویکرد پدافند غیرعامل بوده به طوری که نوع تحقیق، کاربردی و روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی می‌باشد و گردآوری اطلاعات نیز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی و پرسش‌نامه صورت گرفته است. برای نیل به هدف تحقیق، تعداد ۱۴ شاخص بر اساس نظرات نخبگان انتخاب شده و در نرم‌افزار GIS لایه‌های اطلاعاتی برای آن‌ها تشکیل شده است. برای محاسبه وزن شاخص‌ها از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره BWM استفاده شده و نتایج آن در نرم‌افزار GAMS مورد تحلیل قرار گرفته است. سرانجام، وزن بدست آمده از روش BWM در شاخص‌های ۱۴ گانه استاندارد شده با توابع فازی ضرب شده و ترکیب شده است. نتایج بیانگر آن است که ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۱ درصد آسیب‌پذیری کم، ۱۴ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۲۹ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۱۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. برای تحلیل خودهمبستگی فضایی پهنه‌های آسیب‌پذیری از آماره موران استفاده شده و به منظور مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی از تحلیل لکه‌های سرد و داغ بهره گرفته شده است. نتایج گویای آن است که از کل محدوده شهر، ۱۷ درصد در لکه سرد و ۳۳ درصد در لکه داغ واقع شده و ۵۰ درصد در لکه‌های خنثی قرار گرفته است. هم‌چنین بخش زیادی از لکه‌های داغ را سکونت‌گاه‌های حاشیه‌ای و بافت فرسوده شهر ارومیه شامل شده و لکه‌های سرد نیز در مناطق تازه‌ساخت قرار داشته است.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری، آتش‌سوزی، پدافند غیرعامل، BWM، لکه‌های سرد و داغ.

مقدمه

در این عصر جهانی شدن، شهرها بسیار سریع در حال گسترش هستند و ۵۵ درصد از جمعیت جهان در حال حاضر در شهرها زندگی می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال ۲۰۵۰ به ۶۸ درصد افزایش یابد (UNDESA, 2018). در طی چند دهه اخیر شهرنشینی در ایران رشد سریعی داشته است. شتاب سریع این فرآیند، مشکلات زیادی را برای شهرها که به‌عنوان یک سیستم پویا عمل می‌کنند، به‌بار آورد. یکی از اجزای این سیستم که از فرآیند رشد سریع شهرنشینی و پیامدهای آن تأثیر پذیرفته است، آسیب‌پذیری آن در برابر مخاطرات می‌باشد. همان‌طور که در هرم مازلو نیز مشاهده می‌شود، مسأله امنیت به‌ویژه امنیت جسمانی از ابتدایی‌ترین مواردی است که باید در زمینه ایجاد شرایط آسایش به‌خصوص در هنگام مخاطره برای ساکنان شهر فراهم شود. درک، تجزیه و تحلیل، کمی کردن و تجسم پیچیدگی آسیب‌پذیری‌های ناشی از بلایای طبیعی مختلف، چالش برانگیزترین کار کاهش خطر بلایا است. این امر به مدیران، برنامه‌ریزان و

^۱ استاد گروه برنامه ریزی شهری، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

^۲ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

سیاست‌گذاران اضطراری کمک می‌کند تا اقدامات و سیاست‌های عاقلانه‌ای را برای به حداقل رساندن تأثیر مخاطرات طبیعی و سایر خطرات نوظهور اتخاذ کنند (Alam & Haque, 2021: 2). یکی از پدیده‌هایی که معمولاً در اکثر نقاط جهان اتفاق می‌افتد پدیده آتش‌سوزی است. خسارت‌های مالی و جانی ناشی از این حادثه غیرمترقبه بسیار زیاد و گاهاً جبران‌ناپذیر می‌باشد. آتش‌سوزی می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی و یا انسانی باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۳۰). در سال‌های اخیر، جوامع در سراسر جهان آتش‌سوزی‌های بزرگ شهری را تجربه کرده‌اند، صدها نفر جان خود را از دست داده‌اند و هزاران نفر بی‌خانمان مانده‌اند. تغییرات آب‌وهوایی به‌طور فزاینده‌ای برجسته شده‌اند و به‌نظر می‌رسد در مورد توسعه آینده اتفاق نظر وجود دارد، که منجر به افزایش فصول و فراوانی آتش‌سوزی‌ها می‌شود. با این حال، از ۳۰۰۰۰۰ مرگ‌ومیر سالانه ناشی از آتش‌سوزی، اکثریت آن‌ها در محوطه‌هایی مانند یک محل سکونت رخ می‌دهد (Stokkenes et al., 2021: 186-187). از جمله مهم‌ترین حقوق ساکنان ساختمان‌ها، وجود ایمنی، آسایش روحی و جسمی و حفظ حرمت انسانی است که یقیناً باید مقدم‌تر از اهداف صرفاً اقتصادی به آن‌ها توجه شود (بختیاری و قاسم زاده، ۱۳۹۵). تأمین پایداری سازه‌ای، ایمنی در برابر زلزله و سایر بارهای جانبی، ایمنی در برابر آتش، ایمنی در حین بهره‌برداری، تأمین کیفیت فضاهای کار و زندگی از نظر صدابندی، نور، حرارت، تهویه، سیستم‌های کشف، اعلام و اطفای حریق، سیستم‌های خاموش‌کننده دستی و خودکار، راه‌های خروج، فضا‌بندی مقاوم در برابر آتش در ساختمان و جلوگیری از گسترش داخلی و خارجی حریق در جهت تأمین این اهداف و نیازها هستند.

در طرح‌های توسعه شهری ایران جایگاه خاصی به ایمنی اختصاص داده نشده و شاید تنها موارد مشخص، تعیین نقاطی برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین حریم‌ها و ... می‌باشد (صدیقی، ۱۳۹۷: ۱۴). شهرها پدیده‌ای انسانی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی، اقتصادی و کالبدی هستند که عناصری مانند ساختار شهر، فرم شهر، تراکم‌های شهری، شبکه و جریان‌های ارتباطی شهری، تأسیسات و زیرساخت‌های شهری، کاربری اراضی شهری و ... از عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شهر در برابر آتش‌سوزی می‌باشند (فنی و روشن، ۱۳۹۶: ۸۲). باتوجه به فرآیند چرخه‌های بحران‌ها که از لحاظ زمانی در سه سطح (قبل، حین و بعد از بحران) قابل تقسیم‌بندی است، به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری در رابطه با هر سانحه خاص در مرحله پیش از بحران باید به وجوه پیشگیری و آمادگی مبادرت ورزید (فلاحی و امیدخواه، ۱۳۹۴: ۴۴).

آتش ممکن است در هر نوع ساختمان یا محوطه‌ای رخ دهد. اگر برای مدت طولانی آتش‌سوزی در مکانی رخ نداده باشد، به معنی مصون بودن آن مکان از آتش نیست. پس آتش‌سوزی جنبه عمومی داشته و در هر جا و برای هر شخص ممکن است اتفاق بیفتد. به کمک شناخت و شناسایی علل آتش و تلاش برای امان ماندن در برابر آن و همچنین با تدوین و اجرای استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی محافظت در برابر آتش، می‌توان شرایط از پیش تعیین شده‌ای ایجاد کرد تا در صورت وقوع آتش، خسارات جانی و مالی ناشی از آن به حداقل ممکن کاهش یابد (میرسعیدی و شمسی، ۱۳۹۷: ۱۰۴). مخاطرات شهری همیشه با کاربری زمین و سبک زندگی شهری مرتبط است. از نظر شهرنشینی، همیشه باید در نظر داشت که حتی اگر حادثه آتش‌سوزی در مقیاس کوچک رخ دهد، تأثیر آن می‌تواند در مقیاس بالاتر باشد. افزایش خطر بلایا عمدتاً به جمعیت شهری، زیرساخت‌های شهری و سبک زندگی شهری بستگی دارد (Rahman, 2020: 1 & Chisty). بنابر دلایل گفته شده مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری برای تخمین احتمال آتش‌سوزی، واقع‌گرایی را در تخمین گسترش آتش افزایش می‌دهد و به این ترتیب ورودی بهتری برای استراتژی‌های کاهش خطر ارائه می‌دهد (فرشادمنش و محمدی، ۲۰۱۹: ۲). از این رو جایگاه نظری و عملی دفاع و پدافند در برابر بحران در این گستره اهمیت بسیار می‌یابد. با توجه به این مسائل، کاربرد پدافند غیرعامل و توجه به اصول آن در برنامه‌ریزی شهری می‌تواند تا حد زیادی به کاهش آثار مخرب این نوع بحران‌ها بیانجامد. باتوجه به اهمیت به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل که منجر به حفظ جان مردم در مواقع بحرانی می‌شود، ارزش برخی پارامترهای شهری مؤثر بر بحران مانند باز یا بسته بودن فضا، تراکم یا پراکندگی سکونت‌گاه‌ها و عملکردهای شهری، فاصله از کاربری‌های حساس، نزدیکی به فضاها و کاربری‌های ایمن، چندهسته‌ای بودن مراکز شهری در مقابل وابستگی به یک مرکز و دیگر شاخص‌های ساخت‌وساز و طراحی شهری مشخص خواهد شد (شاهپوندی، ۱۳۹۶: ۴۸). در این بین دفاع غیرعامل باعث افزایش تاب‌آوری و بازگشت‌پذیری شهرها در برابر حوادثی

نظیر آتش‌سوزی می‌شود و به عنوان بستر ساز توسعه پایدار و یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های دفاع در برابر تهدیدات محسوب و عرصه‌های مختلف فضاهای شهری را شامل می‌شود. بر همین اساس این تحقیق بر آن است تا آسیب‌پذیری فضایی شهر ارومیه را در برابر آتش‌سوزی با کاربست رویکرد پدافند غیرعامل مدل‌سازی کند. در سال‌های اخیر به دنبال افزایش جمعیت و مهاجرت از شهرهای استان آذربایجان غربی به شهر ارومیه به‌عنوان مرکز استان، تعداد ابنیه بلندمرتبه و مجتمع‌های ساختمانی افزایش پیدا کرده و اکثراً بدون لحاظ کردن ضوابط شهرسازی اعم از تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، فاصله ایمن از تأسیسات و کاربری‌های خطرناک، استفاده از مصالح ساختمانی با کیفیت پایین، نماهای کامپوزیت و شیشه‌ای، سازه‌های غیرایمن، دسترسی نامناسب و عدم اجرای مقررات ملی ساختمان انجام گرفته است. موارد مذکور در کنار سایر عوامل موجب می‌شود در هنگام بروز آتش‌سوزی، اشتعال از یک قطعه به یک محله یا ناحیه بزرگ شهری سرایت پیدا کرده و شهر را با بحران روبرو سازد. لذا با بهره‌گیری از رویکرد پدافند غیرعامل در مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر ارومیه می‌توان نقاط مستعد خطر را شناسایی کرده و اقداماتی در جهت کاهش آن انجام داد.

تحقیقات مختلفی در سطح جهانی و داخلی در ارتباط با موضوع تحقیق در شهرها انجام گرفته که در ذیل برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

جولیا و همکاران (۲۰۲۱)، در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی خطر آتش‌سوزی مناطق شهری تاریخی پس از زلزله: تجزیه و تحلیل مبتنی بر سناریو در مرکز تاریخی شهر لیریا^۱، پرتغال" با اشاره به محبوبیت رویکردهای مبتنی بر شاخص (روش‌های کمی) در تحلیل آسیب‌پذیری از نظر فضایی با هدف کمک به مجموعه دانش در زمینه آتش‌سوزی‌های پس از زلزله با ارائه یک تحلیل مبتنی بر سناریو در مرکز شهر تاریخی لیریا انجام شده است. در مرحله اول، دو روش شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای برای به‌دست آوردن سناریوهای آسیب پس از زلزله اعمال شده، سپس یک ماتریس خطر برای شناسایی ساختمان‌هایی که مستعد آتش‌سوزی پس از زلزله هستند، استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که برای یک رویداد لرزه‌ای با شدت $I_{EMS-98} = VIII$ ، ۳۳ درصد از کل ساختمان‌های بررسی شده می‌توانند خطر اشتعال آتش‌سوزی پس از زلزله متوسط یا زیاد داشته باشند.

پورمحمدی و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله‌ای با عنوان "تحلیل فضایی مناطق آسیب‌پذیر در هنگام بحران با تأکید بر پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های شهری تبریز" با هدف بررسی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های این شهر در هنگام بحران (جنگ، زلزله و ...) انجام شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد از بین زیرساخت‌های مختلف به ترتیب، مراکز نظامی، پست‌های فوق توزیع برق، زیرساخت‌های آب دارای بالاترین وزن در بحث آسیب‌پذیری می‌باشند.

خانابائی (۱۳۹۸)، در رساله دکتری با موضوع "ارائه مدل تحلیلی برای پدافند غیر عامل شهرها با تأکید بر زیرساخت‌های شهری (نمونه موردی: شهر ارومیه)" تحلیل و رتبه‌بندی میزان آسیب‌پذیری در مناطق پنج‌گانه شهر ارومیه در برابر خطرات ناشی از حوادث غیرمترقبه و جنگ بر اساس اصول پدافند غیرعامل را مورد بحث قرار داده است. در این پژوهش تعداد ۱۴ شاخص مرتبط با برخی از اصول پدافند غیر عامل از جمله اصول پراکندگی، مقاوم‌سازی و مکان‌یابی انتخاب شده و سپس برای وزن‌دهی به شاخص‌ها از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است و با بکارگیری جمع‌وزنی در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی به ترکیب شاخص‌ها جهت سنجش میزان آسیب‌پذیری در مناطق پنج‌گانه شهر ارومیه پرداخته شده است. نتایج بیانگر آن است که میزان آسیب‌پذیری مناطق پنج‌گانه شهر ارومیه به ترتیب از بیش‌تر به کم‌تر شامل مناطق پنج، یک، سه، چهار و در نهایت منطقه دو می‌باشد. نهایتاً در راستای کاهش آسیب‌پذیری شهر ارومیه با لحاظ نمودن برخی از اصول پدافند غیرعامل پیشنهادهای ارائه شده است (خانابائی، ۱۳۹۸).

¹ - Julia

² - Leiria

نهال^۱ و همکاران (۲۰۱۹)، در مقاله‌ای با عنوان "تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری یک جامعه در برابر خطر آتش‌سوزی: مطالعه موردی منطقه مسکونی چاندگان"^۲ با تحلیل نقشه خطر برای شش صفت مانند ترانسفورماتور و خط برق، تراکم ساختمانی، نوع مصالح ساختمانی، دسترسی، سناریوی اطفاء حریق و محل منابع آتش‌سوزی خطرناک با استفاده از روش AHP و نرم‌افزار GIS به این نتیجه رسیده‌اند که آسیب‌پذیری جامعه در برابر خطر آتش‌سوزی کم است.

خو^۳ و لو^۴ (۲۰۱۸)، در پژوهشی که با هدف بررسی عوامل مؤثر بر پدافند غیرعامل شهری، در زمان پیش و پس از بروز زمین‌لرزه انجام شده است نشان داده‌اند که اعمال اقدامات پیشگیرانه می‌تواند مهم‌تر از اقدامات پس از سانحه اثرگذار باشد؛ این مطالعه هم‌چنین نشان داده است که مشارکت اجتماعی یکی از اقدامات مؤثر بر کاهش میزان آسیب‌پذیری در مواقع بحران می‌باشد.

فریرا^۵ و گراند^۶ (۲۰۱۸)، در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی آسیب‌پذیری و خطر آتش‌سوزی در مناطق قدیمی شهری: کاربرد آن در مرکز تاریخی گیمارا"^۷ به تحلیل با استفاده از روش ارزیابی خطر آتش‌سوزی مبتنی بر شاخص برای ۴۳۶ ساختمان که این سایت میراث جهانی یونسکو را تشکیل می‌دهند، پرداخته‌اند. پس از ادغام در ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، نتایج ارزیابی به صورت مکانی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در قالب نقشه‌های آسیب‌پذیری و ریسک تحلیل شده است. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که حدود ۶۷ درصد از ساختمان‌های ارزیابی شده دارای خطر آتش‌سوزی متوسط تا زیاد هستند. از تجزیه و تحلیل عوامل فرعی که روش شاخص خطر آتش‌سوزی را تشکیل می‌دهند، می‌توان دریافت که این وضعیت نه تنها با ویژگی‌های ساختمان‌ها، بلکه به ویژگی‌های درونی خود منطقه شهری نیز مرتبط است.

مبانی نظری

بررسی تغییرپذیری تعداد آتش‌سوزی‌های بعد از زلزله برای سازمان آتش‌نشانی شهرداری به منظور درک آسیب‌پذیری سازمان‌های آتش‌نشانی شهرداری در برابر آتش‌سوزی پس از زلزله مفید است، یعنی اینکه تعداد آتش‌سوزی‌ها چقدر از قابلیت اطفاء حریق بیشتر است، مانند تعداد ماشین‌های آتش‌نشانی (Nishino, 2021: 2). مشخصات مصالح نازک کاری داخلی و نما و عایق‌های پلیمری در برابر آتش از اهمیت بالایی برخوردار است که مسبب بسیاری از آتش‌سوزی‌های بزرگ هستند و باید کنترل آنها مورد توجه جدی قرار گیرد (بختیاری و قاسم زاده، ۱۳۹۵). آسیب‌پذیری اغلب به ظرفیت برای خسارت، درجه و میزان تخریب در عامل یا گروهی از عوامل که از وقوع هر پدیده حاصل می‌شود. یا به ظرفیت کافی نداشتن جامعه برای رویارویی در برابر تهدیدها و مخاطرات تعریف می‌شود که بر پایه موقعیت افراد و گروه‌ها در دنیای فیزیکی و اجتماعی استوار است (رضویان و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۷). الکساندر مهم‌ترین مشخصه‌های یک مخاطره شهری را در قطع روند طبیعی زندگی به صورت بسیار سخت و ناگهانی، آثار ناگوار انسانی شامل مرگ‌ومیر، آسیب‌دیدگی جسمی و روانی و بیماری و لطمه‌های جدی به ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و زیربنایی می‌داند (امینی‌ورکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۶). در آتش‌سوزی سال ۱۹۰۶ سان‌فرانسیسکو بیش از ۲۸۰۰۰ ساختمان در مساحت ۱۲ کیلومتر مربع تخریب شد. این آتش‌سوزی باعث خسارتی معادل ویران شدن ۲۵۰ میلیون ساختمان شد که ۷۷ درصد این خرابی‌ها در اثر آتش‌سوزی پس از زلزله بود (قوچانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۹۴). جهت ارزیابی خطر آتش‌سوزی، پنج مرحله باید بررسی شود که عبارت است از: شناسایی خطرات حریق، شناسایی افراد در معرض خطر، ارزیابی ریسک،

¹ - Nehal

² - Chandgaon

³ - Xu

⁴ - Lu

⁵ - Ferreira

⁶ - Granda

⁷ - Guimara



وضعیت پیش گیری و کنترل موجود، ثبت یافته های ارزیابی ریسک حریق و در نهایت بازنگری و تجدیدنظر (شادی فر و واعظی، ۱۳۹۶: ۱۰۷).

سامانه فرماندهی حادثه سیستمی که بیشتر مجتمع های مسکونی، اداری و آموزشی در برنامه های مدیریتی و اجرایی خود، آن را مورد توجه قرار داده اند. ضرورت این موضوع را مصوبه مورخ ۱۷ فروردین ۱۳۸۲ هیئت وزیران با عنوان "طرح جامع امدادونجات کشور" مشخص کرد. طبق ماده ۵۴ این مصوبه، صاحبان یا مسئولان مجتمع ها یا مکان هایی که حداقل یکی از شرایط زیر را داشته باشند، باید طبق استانداردها و معیارهای تعیین شده توسط ستاد مدیریت بحران کشور و به منظور پیگیری کلیه مسائل مربوط به کاهش ریسک آن محل، از سامانه فرماندهی سانحه در زمان بحران استفاده کند:

۱- حداقل ۲۵ نفر ساکن، یا کارمند داشته باشد؛ ۲- در ساعتی از روز بیش از ۲۵ نفر مراجعه کننده داشته باشد؛ ۳- حداقل ۶ طبقه داشته باشد؛

۴- آسیب به سازه یا عملکرد، آن برای ساکنان محل و منطقه ایجاد خطر کند (سازمان جمعیت هلال احمر، ۱۳۸۲).

مطالعات محققان حاکی از آن است که فرهنگ پدافند غیرعامل در کشور ایران حتی در کلان شهرها هنوز در سطح پایین است و نیاز به تلاش و برنامه ریزی بیشتری دارد. در حالی که کشور سوئیس با در نظر گرفتن این موارد در سطح اول دنیا قرار دارد (مؤمنی، ۱۳۹۷: ۴۱). پدافند غیرعامل، به مجموعه اقداماتی اطلاق می گردد که به کارگیری جنگ افزار نیاز ندارد و با اجرای آن می توان (اقدامات غیرمسلحانه) از وارد شدن خسارات مالی به تجهیزات و تأسیسات حیاتی و حساس نظامی و غیرنظامی و تلفات انسانی (افزایش بازدارندگی) جلوگیری نموده و یا میزان این خسارات و تلفات را به حداقل ممکن کاهش دهد (ظفری و زرین، ۱۳۹۹: ۲۵). در این بین اصول پدافند غیرعامل شامل اختفاء، استتار، استحکامات، پراکندگی، پوشش، فریب، اعلام خبر، تفرقه و جابجایی و مکان یابی می باشد که بنابر موضوع تحقیق، شاخص های مورد استفاده و برحسب ضرورت مورد استفاده قرار گرفته است.

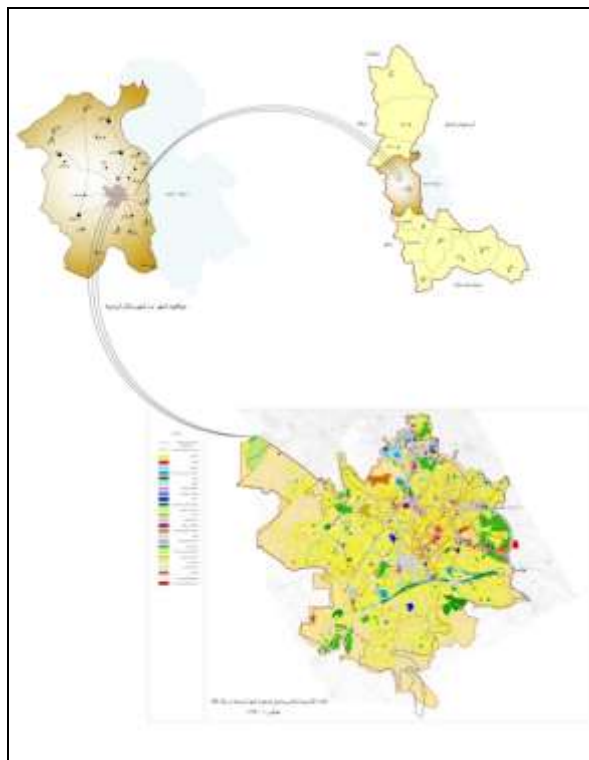
در طبقه بندی صورت گرفته در طرح های کالبدی ملی و منطقه ای، عوامل و عناصر آسیب پذیر شهر به سه دسته ترتیبی مراکز حیاتی، مراکز حساس و مراکز مهم تقسیم شده است. با توجه به آن چه گفته شد و با مرور پژوهش های موجود در این حوزه، در جدول ۱، شاخص ها و معیارهای ارزیابی آسیب پذیری شهری ارائه شده است.

جدول ۱: شاخص های ارزیابی آسیب پذیری شهری

معیار	شاخص	منابع
کالبدی	قدمت ابنیه، نمای ابنیه، تراکم ساختمانی، سازه ابنیه، معابر شریانی درجه یک، معابر شریانی درجه دو، الگوهای قطعه بندی نامنظم، رعایت نکردن مفاد آیین نامه ۲۸۰۰، فضای سبز، مساحت قطعات، تعداد طبقات، دسترسی به فضای باز، کاربری اراضی، پتانسیل خطر، شیب، ساختمان های بلندمرتبه	(امجد و سلطانی، ۱۳۹۸: ۲۵)؛ (زیرکی و سعادت، ۱۳۹۷: ۸۱)؛ (پیرهادی و همکاران، ۱۳۹۷: ۷۶)؛ (فاضل و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۲۴)؛
جمعیتی و اجتماعی	تراکم جمعیتی، تعداد سالمندان و کودکان، تراکم بالای خانوار در واحد مسکونی، تحصیلات، بعد خانوار، پراکنش جمعیتی، مالکیت بنا، معلولیت	(حبیبی و جوانمردی، ۱۳۹۲: ۲۹۶)؛ (حیدری و جودکی، ۱۳۹۸: ۸۰)
زیرساختی	فاصله از مراکز آتش نشانی، فاصله از مراکز مهم نظامی و انتظامی، فاصله از جایگاه های سوخت، فاصله از تأسیسات اصلی برق، فاصله از تأسیسات اصلی گاز، فاصله از مخازن اصلی نفت، فاصله از مراکز درمانی، مرکز اورژانس، ایستگاه های تقلیل فشار گاز، مخازن آب، پست فشار قوی برق، فاصله از مراکز مدیریت بحران	

شناخت محدوده مورد مطالعه

شهر ارومیه مرکز استان آذربایجان غربی است که در شمال غربی کشور واقع شده است. در سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر ارومیه ۷۳۶۲۲۴ نفر و مساحت این شهر ۸۵۷۷/۳ هکتار می باشد که از شمال به شهرستان سلماس، از جنوب به شهرستان نقده، از شرق به دریاچه ارومیه و از غرب به مرز ترکیه و عراق محدود می گردد (مهندسان مشاور طرح و آمایش، ۱۳۸۹) (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت شهر ارومیه در شهرستان و استان (نگارندگان، ۱۴۰۱)

روش تحقیق

این تحقیق با توجه به هدف آن از نوع تحقیقات کاربردی بوده و با توجه به روش انجام کار، از ماهیتی توصیفی-تحلیلی برخوردار می‌باشد. گردآوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات موجود، مطالعات میدانی و اطلاعات سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ صورت گرفته است. بدین صورت که پس از مطالعه و بررسی اسناد و منابع مرتبط با موضوع تحقیق، شاخص‌ها استخراج شده و سپس با توجه به موجود بودن داده‌های GIS، ۱۴ شاخص بر اساس نظرات نخبگان (اساتید دانشگاه و فارغ‌التحصیلان شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری) برای رسیدن به خروجی تحقیق انتخاب شده که شامل تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، سازه ابنیه، قدمت ابنیه، نمای ابنیه، فاصله از مراکز آتش نشانی، فاصله از مخازن اصلی نفت، فاصله از تأسیسات اصلی گاز، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از معابر اصلی، تعداد سالمندان و کودکان، فاصله از تأسیسات اصلی برق، فاصله از جایگاه‌های سوخت و فاصله از مراکز مهم نظامی و انتظامی در شهر می‌باشد. با توجه به اینکه هر کدام از شاخص‌های مؤثر در مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد پدافند غیرعامل ضریب اهمیت متفاوتی دارند، لذا در این مقاله از نظرات نخبگان جهت تعیین وزن شاخص‌ها استفاده شده است. برای وزن‌دهی به شاخص‌ها بر اساس روش BWM^۱، تعداد ۱۰ پرسش‌نامه که محتوای آن بر اساس مقایسه زوجی شاخص‌ها که مبتنی بر ارجحیت بهترین شاخص بر سایر شاخص‌ها و نیز ارجحیت شاخص‌های دیگر بر بدترین شاخص می‌باشد، تدوین شده است. در قدم بعدی داده‌های پرسش‌نامه‌ها وارد

^۱ - روش بهترین-بدترین



نرم‌افزار GAMS شده و مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته است. روش BWM یا روش بهترین-بدترین یکی از روش‌های نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هدف آن محاسبه وزن شاخص‌های پژوهش است. این روش توسط رضایی برای اولین بار در سال ۲۰۱۵ طی یک مدل غیرخطی بیان شد سپس در سال ۲۰۱۶ مدل خطی آن نیز در مقاله‌ای ارائه گشت. بر اساس روش بهترین-بدترین (که در سال ۲۰۱۵ توسط رضایی ارائه شده است) بهترین و بدترین شاخص به‌وسیله تصمیم‌گیرنده مشخص شده و مقایسه زوجی بین هریک از این دو شاخص (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها انجام می‌شود. سپس یک مسأله حداکثر حداقل برای مشخص کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌گردد. همچنین در این روش یک فرمول برای محاسبه نرخ ناسازگاری جهت بررسی اعتبار مقایسات در نظر گرفته شد. جهت تحلیل این روش نیز همانند دیگر روش‌های تصمیم‌گیری باید ماتریس تصمیم یا پرسش‌نامه BWM طراحی گردد. این پرسش‌نامه در واقع مقایسه زوجی بهترین معیار با دیگر معیارها و دیگر معیارها با بدترین معیار است. منظور از بهترین معیار، آن معیاری است که در سیستم اهمیت بیشتری نسبت به بقیه دارد و بدترین معیار آن معیاری است که اهمیت کمتری نسبت به دیگر معیارها دارد. از جمله ویژگی‌های برجسته این روش نسبت به سایر روش‌های MCDM می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (Rezaei, 2015: 49-57).

این روش به طور گسترده‌ای در دست‌یابی به یکپارچگی و سهولت، نسبت به روش AHP سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به دلیل چندین ویژگی برجسته یک روش قوی به حساب می‌آید از جمله داده‌های کم‌تر و مقایسات نیز سازگارتر هستند که می‌توان پیچیدگی و زمان لازم را برای ارزیابی تصمیم‌گیری کاهش دهد، دوم به پاسخ‌دهندگان کم‌تری نیازمند است، سوم فقط از اعداد صحیح استفاده کرده که در مقایسه با روش‌های کسری برای تصمیم‌گیرندگان قابل فهم‌تر است و در نهایت از رویکرد جمع‌آوری داده‌های ساخته‌یافته برای به حداقل رساندن تناقضات در مقایسات زوجی استفاده می‌کند. حال با توصیف ویژگی‌هایی که بیان شد به معرفی مراحل انجام روش BWM می‌پردازیم. رضایی پنج مرحله را برای تبیین وزن معیارهای تصمیم‌گیری به شرح زیر ارائه داد (Poostchi & Taghizadeh, 2018).

مرحله اول: مجموعه‌ای از معیارهای تصمیم‌گیری توسط کارشناسان تعیین می‌شود.

$$\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$$

مرحله دوم: بهترین و بدترین معیار توسط کارشناسان معین می‌شود:

در این مرحله براساس مجموعه‌ای از معیارهای ذکر شده در مرحله قبل به تعیین بهترین و بدترین معیار توسط کارشناسان می‌پردازیم.

مرحله سوم: اولییتی از بهترین معیار بر همه معیارها با استفاده از یک اعداد از ۱ تا ۹ تعیین می‌شود: که به بردار (بهترین نسبت به معیارهای دیگر) معروف است:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

در جایی که a_{Bj} نشان دهنده اولییتی از بهترین معیار B بر تمام معیارهای j. و واضح است که $a_{bb} = 1$

مرحله چهارم: اولییتی از معیارهای دیگر بر بدترین معیار با استفاده از یک عدد ۱ تا ۹ تعیین می‌شود که به بردار (معیارهای دیگر نسبت به بدترین) معروف است.

$$A_w = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})^T$$

در جایی که a_{jw} نشان دهنده اولییتی از همه معیارهای j بر بدترین معیار W و واضح است که $a_{ww} = 1$

مرحله پنجم: پیدا کردن وزن‌های بهینه (W_1, W_2, \dots, W_n) .

باتوجه به شرایط سازگاری، وزن‌های مطلوب برای هر معیار، بدین صورت که برای هر جفت از $W_b/W_j, W_j/W_w$ ما داریم:

$$W_B/W_j = a_{Bj}, \quad W_j/W_w = a_{jw}$$

برسانیم $\left| \frac{w_b}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right|$

برای همه زها. برای برآورده شدن همه این شرایط و با داشتن شرایط غیرمنفی و مجموع وزن ها، با حل مسأله زیر وزن های بهینه را به دست خواهیم آورد:

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{w_b}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \right\}$$

s.t:

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j.$$

مسأله را همچنین می توان به صورت زیر بازنویسی کرد در جایی که W_B نشان دهنده وزن بااهمیت ترین معیار، W_w نشان دهنده وزن کم اهمیت ترین معیار، W_j نشان دهنده معیار j ام است و همچنین $a_{ik} \times a_{kj} = a_{ij}$ به ازای i و j بیانگر ماتریس مقایسات زوجی کاملاً سازگار خواهد بود.

Min ε

s.t:

$$\left| \frac{w_b}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j.$$

در این مواقع به جای به حداقل رساندن حداکثر مقدار در میان مجموعه‌ای از $\left\{ \left| \frac{w_b}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \right\}$ ما باید حداکثر مقدار مجموعه‌ای از آنها را به حداقل برسانیم، راه حل را $\left\{ \left| \frac{w_b}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \right\}$ را ارائه می دهد. مسأله بالا می تواند به مسأله زیر تبدیل شود:

Min ε

s.t:

$$\left| \frac{w_b}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \varepsilon, \text{ for all } j$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$



مسئله بالا به عنوان یک مسئله بهینه سازی خطی به صورت زیر بازنویسی می شود:

$$\text{Min } \varepsilon^l$$

s.t:

$$|w_B - a_{Bj} w_j| \leq \varepsilon^l, \text{ for all } j$$

$$|w_j - a_{jw} w_w| \leq \varepsilon^l, \text{ for all } j$$

$$\sum_j w_j = 1$$

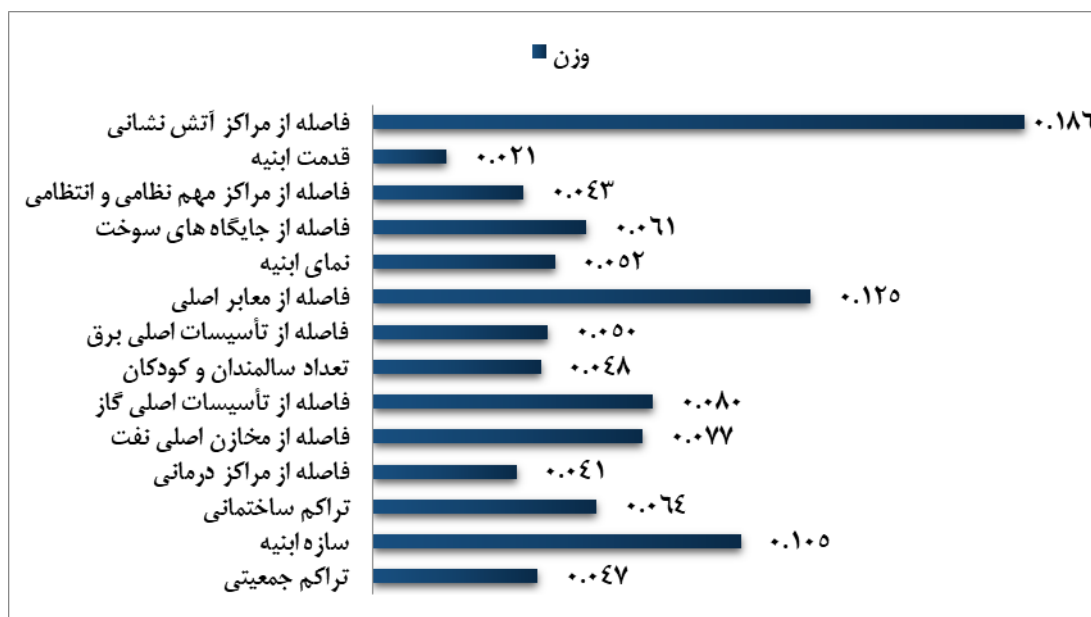
$$w_j \geq 0, \text{ for all } j.$$

مسئله فوق یک مسئله بهینه سازی خطی با یک پاسخ منحصر به فرد بوده، ضمناً مقادیر برای وزن های بهینه (W_1, W_2, \dots, W_n) و ε^l با حل مدل غیرخطی حاصل می شود. قابل ذکر است که برای مقایسه سیستم های به طور کاملاً ناسازگار با بیش از سه معیار، احتمالاً بیش از یک راه حل بهینه وجود خواهد داشت. که این از ویژگی های مدل خطی BWM است، که اطلاعات بیشتری را در مورد راه حل بهینه ارائه می دهد. در مدل ارائه شده، مقدار ε^l را می توان به طور مستقیم به عنوان یک شاخصی از سازگاری مقایسات که هر چقدر نزدیک به صفر باشد، یک سطح بالایی از ثبات و سازگاری را نشان می دهد.

وزن های محاسبه شده با مقدار $1/\varepsilon$ بدست آمده برای ۱۰ پرسش نامه $0/095$ بوده که با توجه به نزدیکی آن به عدد صفر نشان دهنده ثبات و سازگاری وزن های محاسبه شده می باشد. جهت انجام تحلیل های مکانی ابتدا لایه های اطلاعاتی شاخص ها در نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی رقوم سازی و ویرایش شده و با تبدیل لایه های اطلاعاتی به رستر و استاندارد سازی آن ها بر اساس توابع فازی Large و Small، ضریب اهمیت محاسبه شده از BWM در هر یک از شاخص ها ضرب شده و با بکارگیری جمع وزنی به ترکیب شاخص ها پرداخته شده است. سرانجام، با استفاده از آماره فضایی موران میزان خودهمبستگی پهنه های آسیب پذیری تعیین و سپس با کاربرد لکه های سرد و داغ (Hot Spot) به مدل سازی فضایی آسیب پذیری شهر ارومیه در برابر آتش سوزی با رویکرد پدافند غیرعامل پرداخته شده است.

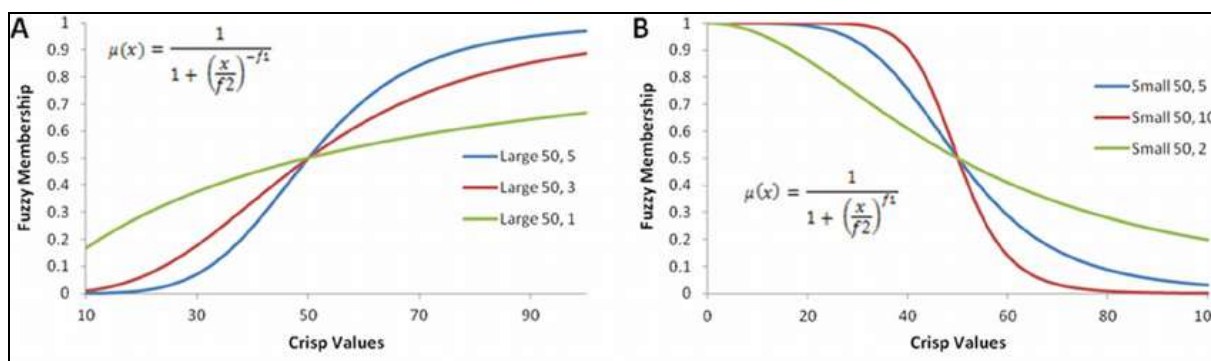
بحث و یافته ها

پس از مطالعه و بررسی اسناد و منابع مرتبط با پدافند غیرعامل، شاخص های مؤثر آسیب پذیری از منظر پدافند غیرعامل استخراج شده و سپس با توجه به موجود بودن اطلاعات شاخص های مؤثر در تعیین آسیب پذیری برای شهر ارومیه، ۱۴ شاخص از بین عوامل مختلف تأثیرگذار بر آسیب پذیری برای رسیدن به خروجی تحقیق انتخاب شده است. با توجه به اینکه برخی شاخص های مورد بررسی در این تحقیق کمی و برخی کیفی می باشند برای مقایسه وضعیت شاخص ها و وزن دهی به آن ها در شهر مورد مطالعه، از بین روش های ارزیابی چندمعیاری متعددی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته اند، روش چندمعیاری BWM انتخاب شده است. بیش ترین وزن بدست آمده مربوط به شاخص فاصله از مراکز آتش نشانی با $0/186$ و کم ترین مربوط به قدمت ابنیه با $0/021$ بوده است. وزن سایر شاخص ها در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲: وزن محاسبه شده شاخص‌ها با روش BWM در نرم‌افزار GAMS (نگارندگان، ۱۴۰۱)

پس از تعیین وزن شاخص‌ها با مدل BWM، در مرحله بعد جهت انجام تحلیل‌های مکانی به رقوم‌سازی و ایجاد پایگاه اطلاعاتی هریک از شاخص‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است. این اطلاعات از طرح‌های توسعه شهر ارومیه شامل طرح جامع، طرح تفصیلی و برداشت‌های میدانی محقق به دست آمده به طوری که این مرحله بیش‌ترین زمان تحقیق را به خود اختصاص داده است. در گام بعدی عملیات ژئورفرنس^۱ کردن لایه‌های اطلاعاتی بر اساس قرارگیری شهر ارومیه در UTM: Zone 38 اجرا شده و در نهایت ساخت نقشه‌های معیار انجام شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، تمامی شاخص‌های فوق با استفاده از ابزار Conversion Tools به نقشه‌های رستر^۳ تبدیل شده است. با توجه به اینکه هر کدام از شاخص‌ها، رابطه متفاوتی با هدف تحقیق دارند لذا از توابع فازی Small و Large جهت استانداردسازی شاخص‌ها اقدام شده است (شکل ۳).



شکل ۳: توابع Small و Large در نرم‌افزار GIS برای استانداردسازی شاخص‌ها (مأخذ: Help نرم‌افزار GIS)

لذا در این تحقیق جهت استانداردسازی شاخص‌های تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، قدمت ابنیه، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از معابر اصلی، تعداد سالمندان و کودکان از تابع فازی Large و جهت استانداردسازی شاخص‌های فاصله از

^۱ - Georeference

^۲ - سامانه مختصات جهانی مرکاتور معکوس

^۳ - Raster



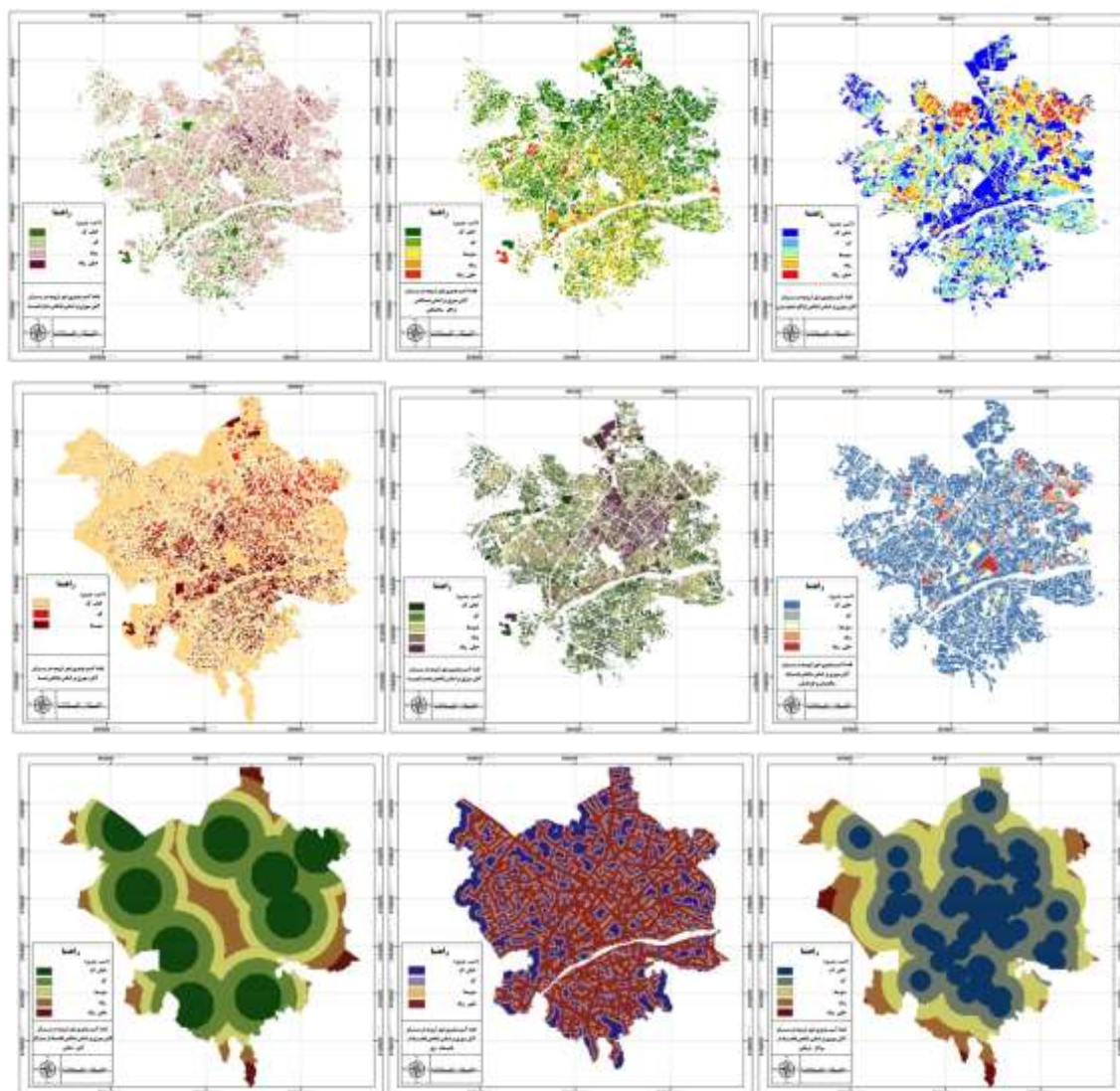
مخازن اصلی نفت، فاصله از تأسیسات اصلی گاز، فاصله از تأسیسات اصلی برق، فاصله از جایگاه‌های سوخت و فاصله از مراکز مهم نظامی و انتظامی از تابع فازی Small استفاده شده است. باتوجه به اینکه شاخص‌های نمای ابنیه و سازه ابنیه از نوع کیفی می‌باشد و به هریک از پهنه‌ها جهت کمی‌سازی یک ارزش عددی (ارزش اسمی) بر اساس میزان آسیب‌پذیری از کم‌تر به بیش‌تر اختصاص داده شده در نتیجه تابع این نوع شاخص هم از نوع Large خواهد بود. پس از استانداردسازی شاخص‌ها، جهت تحلیل پهنه‌های آسیب‌پذیری هریک از شاخص‌ها در شهر ارومیه در سطح بلوک شهری از ابزار Zonal Statistic و Tabulate Area بهره گرفته شده، که نتایج آن در زیر آمده است.

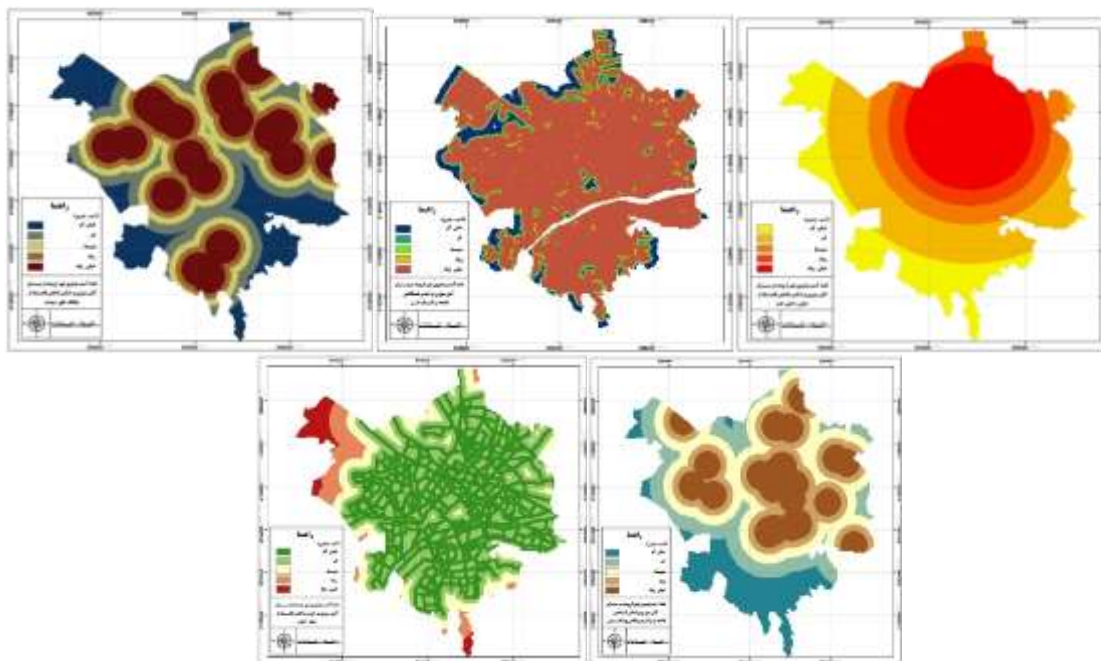
بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر ارومیه بر اساس شاخص فاصله از مخزن اصلی نفت با استفاده از نرم‌افزار GIS، نشان می‌دهد ۱۳۷۸ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۱۴۳ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۱۴۸ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۹۱۹ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۲۰۶۷ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. تحلیل نتایج آسیب‌پذیری بر اساس شاخص نمای ابنیه بیانگر آن است که ۶۰۶۷ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۶۱۲ بلوک آسیب‌پذیری کم و ۹۷۶ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری متوسط قرار گرفته است.

ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری بر اساس شاخص فاصله از مراکز مهم نظامی و انتظامی گویای آن است که ۱۲۷۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۳۰۴ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۶۸۵ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۱۴۰۰ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۱۹۹۱ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. همچنین شاخص فاصله از تأسیسات اصلی گاز بیانگر آن است که ۵۵۷ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۴۶ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۲۵۹ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۲۴۶ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۶۲۴۷ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر ارومیه بر اساس شاخص قدمت ابنیه نشان می‌دهد ۲۴۵۰ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۶۰۷ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۲۲۵ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۱۳۷۸ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۹۹۵ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. تحلیل نتایج آسیب‌پذیری بر اساس شاخص فاصله از جایگاه‌های سوخت بیانگر آن است که ۱۴۸۸ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۲۶۶ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۲۹۰ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۱۲۳۸ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۲۳۷۱ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع گردیده است. ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری بر اساس تراکم ساختمانی گویای آن است که ۲۸۳۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۹۸۵ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۱۴۸ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۳۰۶ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۳۸۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. همچنین شاخص سازه ابنیه بیانگر آن است که ۹۲۹ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۸۸۲ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۴۵۵۱ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۲۹۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است.

مطالعه نتایج آسیب‌پذیری شهر ارومیه بر اساس شاخص فاصله از مراکز درمانی نشان می‌دهد ۲۴۸۶ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۷۳۹ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۶۵۳ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۶۶۶ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۱۱۱ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. تحلیل نتایج آسیب‌پذیری بر اساس شاخص تعداد سالمندان و کودکان بیانگر آن است که ۶۳۳۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۴۷۷ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۳۱۶ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۳۱۱ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۲۱۸ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع گردیده است. تحلیل نتایج آسیب‌پذیری شهر ارومیه بر اساس شاخص فاصله از مراکز آتش‌نشانی بیانگر آن است که ۲۳۷۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۸۳۲ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۴۵۵ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۸۴۲ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۱۵۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. همچنین بررسی نتایج آسیب‌پذیری بر اساس شاخص فاصله از تأسیسات اصلی برق بیانگر آن است که ۱۳۷۸ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۲۶۳ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۷۵۷ بلوک آسیب‌پذیری متوسط و ۴۲۵۷ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع گردیده است. ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری بر اساس شاخص تراکم جمعیتی نشان می‌دهد که ۲۹۸۵ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۳۰۱ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۶۰۸ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۱۲۲۵ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۵۳۶ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است. همچنین آسیب‌پذیری

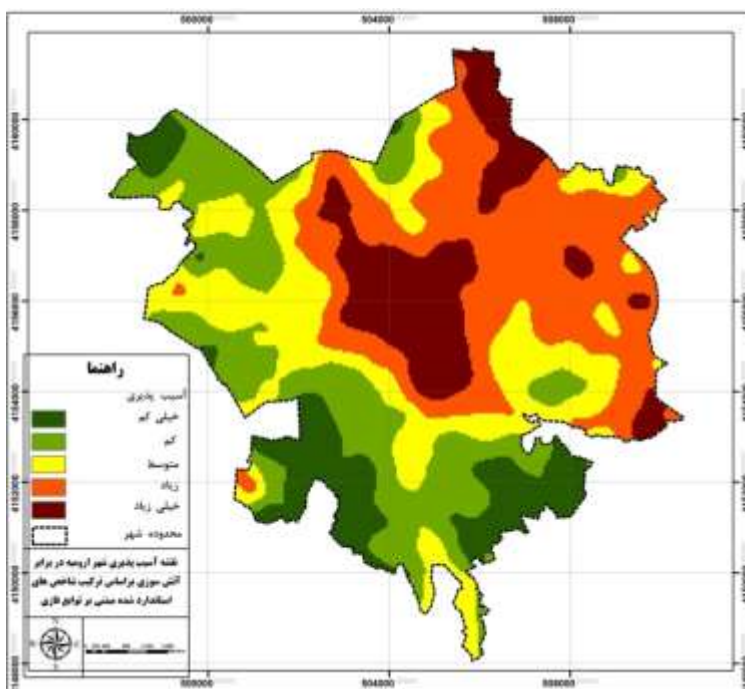
بر اساس شاخص فاصله از معابر اصلی بیانگر آن است که ۳۷۳۲ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۴۳۰ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۷۷۸ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۴۵۲ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۲۶۳ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است (شکل ۴).





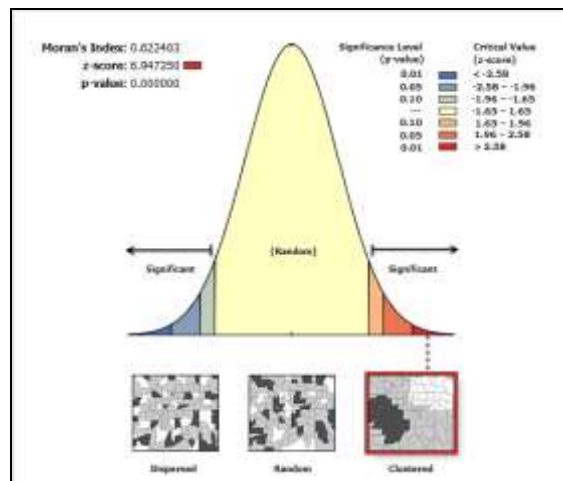
شکل ۴: نقشه آسیب پذیری شاخص های فازی شده در برابر آتش سوزی (نگارندگان، ۱۴۰۱)

پس از اینکه شاخص‌های ۱۴ گانه استاندارد شده بر اساس توابع فازی مورد تحلیل قرار گرفتند، جهت رسیدن به نقشه آسیب‌پذیری شهر ارومیه از دستور **Weighted Sum** و اعمال وزن‌های به‌دست آمده از روش **BWM** به ترکیب شاخص‌ها اقدام شده است. نتایج حاصل از ترکیب شاخص‌ها در شهر ارومیه بیانگر آن است که ۹۳۰ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۳۳۵ بلوک آسیب‌پذیری کم، ۱۰۹۰ بلوک آسیب‌پذیری متوسط، ۲۲۵۵ بلوک آسیب‌پذیری زیاد و ۱۰۴۵ بلوک در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد واقع شده است (شکل ۵).



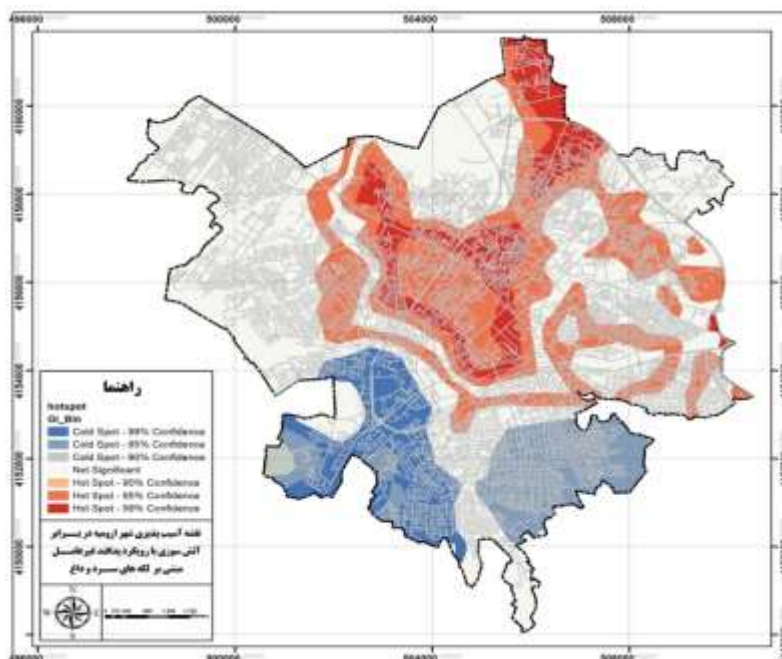
شکل ۵: نقشه آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی با رویکرد پدافند غیرعامل مبتنی بر ترکیب شاخص‌های فازی شده (نگارندگان، ۱۴۰۱)

پس از به دست آوردن نقشه آسیب‌پذیری شهر ارومیه، جهت تعیین میزان خودهمبستگی فضایی از آماره فضایی موران استفاده گردیده که نتایج بدست آمده بیانگر $P\text{-Value}=0$ و $\text{Moran Index}=0.6$ بوده و با توجه به نزدیکی آن به عدد یک، این نتیجه حاصل می‌گردد که توزیع فضایی به صورت خوشه‌ای می‌باشد (شکل ۶)؛ لذا جهت تعیین میزان آسیب‌پذیری شهر ارومیه بر اساس همبستگی فضایی، از تحلیل لکه‌های سرد و داغ (Hot Spot) استفاده شده است.



شکل ۶: همبستگی فضایی پهنه‌های آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی (نگارندگان، ۱۴۰۱)

نتایج حاصل از تحلیل فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی با استفاده از لکه‌های سرد و داغ (Hot Spot) نشانگر آن است که از ۷۶۵۵ بلوک، ۱۳۳۹ بلوک در لکه‌های سرد و ۲۵۱۵ بلوک در لکه‌های داغ واقع شده و ۳۸۱۱ بلوک در لکه‌های خنثی قرار گرفته است (شکل ۷).



شکل ۷: مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی بر اساس تحلیل لکه‌های سرد و داغ (Hot Spot) (نگارندگان، ۱۴۰۱)



نتیجه‌گیری

بحث پدافند غیرعامل در برابر وقوع حوادث یکی از مباحث مهم در برنامه‌ریزی شهری بوده و شناخت وضعیت آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف هر شهر امری ضروری به‌نظر می‌رسد. باید پذیرفت که همیشه درصدی از بحران‌ها اجتناب‌ناپذیر هستند و در واقع بخش جدایی‌ناپذیر و طبیعی حیات سیستم‌ها می‌باشند؛ ولیکن بخش عظیمی از تهدیدها، بحران‌ها و التهابات تحمیلی هستند و بایستی با تحقیقات، درایت و مدیریت صحیح آن‌ها را قبل از وقوع، پیش‌بینی و پیش‌گیری نمود. یکی از پدیده‌هایی که معمولاً در اکثر نقاط جهان اتفاق می‌افتد پدیده آتش‌سوزی است. در سطح طرح‌های توسعه شهری ایران جایگاه خاصی به ایمنی در برابر آتش‌سوزی اختصاص داده نشده و شاید تنها موارد مشخص، تعیین نقاطی برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی و تعیین حریم‌ها بوده است. در سطح تک‌بناها، مبحث سوم مقررات ملی ساختمان وجود دارد که مواردی از قبیل محدودیت‌های ارتفاع و مساحت ساختمان‌ها، سیستم‌های کشف و اعلام حریق، راه‌های خروج از بنا و فرار از حریق، الزامات واکنش در برابر آتش برای مصالح، نازک‌کاری‌های داخلی و نما، مقاومت در برابر آتش، سیستم‌های اطفاء حریق و کنترل دود مورد تأکید قرار گرفته است. لذا این هدف این پژوهش مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی با رویکرد پدافند غیرعامل بوده، به‌طوری که پس از مطالعه منابع مرتبط، با توجه به موجود بودن داده‌ها برای شهر ارومیه، ۱۴ شاخص شامل تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، قدمت ابنیه، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از معابر اصلی، تعداد سالمندان و کودکان، فاصله از مخازن اصلی نفت، فاصله از تأسیسات اصلی گاز، فاصله از تأسیسات اصلی برق، فاصله از جایگاه‌های سوخت، فاصله از مراکز مهم نظامی و انتظامی، نمای ابنیه و سازه ابنیه انتخاب شده است. جهت تعیین وزن شاخص‌ها از روش BWM و پرسش‌نامه مقایسه زوجی که توسط ۱۰ نفر از نخبگان تکمیل شده، استفاده گردیده و در نرم‌افزار GAMS مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته است. جهت استانداردسازی شاخص‌ها از توابع فازی بهره‌گرفته شده و در نهایت، ضریب اهمیت محاسبه شده از روش BWM در هریک از شاخص‌های استاندارد شده ضرب شده و با به‌کارگیری جمع‌وزنی به ترکیب شاخص‌ها جهت مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی پرداخته شده است. در نهایت با محاسبه خودهمبستگی فضایی پهنه‌های آسیب‌پذیری با آماره فضایی موران و تحلیل لکه‌های سرد و داغ (Hot Spot)، نسبت به مدل‌سازی فضایی اقدام شده است. نتایج بیانگر آن است که شهر ارومیه بر اساس شاخص‌های فاصله از مخازن اصلی نفت، نمای ابنیه، قدمت ابنیه، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، فاصله از مراکز درمانی، تعداد سالمندان و کودکان، فاصله از مراکز آتش‌نشانی و فاصله از معابر اصلی در لکه سرد و بر اساس شاخص‌های فاصله از مراکز مهم نظامی و انتظامی، فاصله از تأسیسات اصلی گاز، فاصله از جایگاه‌های سوخت، سازه ابنیه و فاصله از تأسیسات اصلی برق در لکه داغ قرار گرفته است. نتایج حاصله بر اساس ترکیب شاخص‌های ۱۴ گانه استاندارد شده نشان می‌دهد که پهنه داغ و سرد حالت بینابینی داشته به طوری غلبه با پهنه داغ می‌باشد. در تحلیل پهنه‌های پنج‌گانه آسیب‌پذیری بر اساس خودهمبستگی فضایی می‌توان گفت که لکه‌های داغ آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی بیشتر از لکه‌های سرد می‌باشد. بخش زیادی از لکه‌های داغ را سکونت‌گاه‌های حاشیه‌ای و بافت فرسوده شهر ارومیه شامل شده و لکه‌های سرد نیز در مناطق تازه‌ساخت قرار داشته است؛ که دلیل آن را می‌توان به بالا بودن قدمت ابنیه، تراکم جمعیتی، ضعف نفوذپذیری، ریزدانگی و ناپایداری سازه‌ای در بافت‌های فرسوده و حاشیه‌نشین شهر ارومیه نسبت داد. مقایسه یافته‌های تحقیق با تحقیقات انجام یافته بیانگر آن است که کاربرد شاخص‌های فاصله از مراکز نظامی، فاصله از تأسیسات اصلی برق، تراکم ساختمانی، نما و مقاومت سازه و دسترسی مشترک بوده و در بیشتر تحقیقات انجام یافته، آسیب‌پذیری در مقابل آتش‌سوزی در مناطق تاریخی و قدیمی شهر و نیز پس از وقوع زلزله انجام یافته در حالی که تحقیق حاضر به سنجش و مدل‌سازی آسیب‌پذیری کل شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی پرداخته است. پژوهش انجام یافته توسط خانابایی در مورد آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهر ارومیه از منظر پدافند غیرعامل نشان دهنده آسیب‌پذیری کم بافت مرکزی و آسیب‌پذیری بالای بافت جدید می‌باشد که ناشی از متفاوت بودن نوع شاخص‌های مورد استفاده، در مقایسه با تحقیق حاضر می‌باشد.

منابع

- امجد، محمد؛ سلطانی، ایرج (۱۳۹۸)، راهبردهایی به منظور کاهش آسیب پذیری بافت های تاریخی در برابر زلزله مطالعه موردی: بافت تاریخی شهر یزد، مدیریت بحران، شماره ۱۶، صص ۱۷-۳۲.
- امینی ورکی، سعید؛ مدیری، مهدی؛ شمسایی، فتح‌اله؛ قنبری نسب، علی (۱۳۹۳)، شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو، ویژه‌نامه هفته پدافند غیرعامل، صص ۵-۱۸.
- بختیاری، سعید؛ قاسم زاده، مسعود (۱۳۹۵)، مبحث سوم مقررات ملی ساختمان - محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش: تغییرات و چشم انداز پیش رو، کنفرانس ملی محافظت ساختمان‌ها و سیستم‌های حمل و نقل در برابر آتش.
- پورمحمدی، محمدرضا؛ تقی‌پور، علی‌اکبر؛ رستمی، حمید (۱۴۰۰)، تحلیل فضایی مناطق آسیب‌پذیر در هنگام بحران با تأکید بر پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های شهری تبریز، جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۵، شماره ۷۵، صص ۶۵-۷۵.
- پیرهادی، مینا؛ فراست؛ مجید؛ خیام حسینی، فضل‌الله (۱۳۹۷)، بررسی و ارزیابی ریسک حریق در مراکز امدادی از دیدگاه HSE بوسیله روش مهندسی ریسک حریق (FRAME)، فرهنگ ایمنی، سال ۱۲، شماره ۲۶، صص ۷۲-۸۰.
- حبیبی، کیومرث؛ جوانمردی، کومار (۱۳۹۲)، تحلیل ناپایداری بافت های شهری و پهنه بندی میزان آسیب پذیری در برابر زلزله با استفاده از GIS & AHP نمونه موردی: بخشی از هسته مرکزی شهر سنندج، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره ۱۱، صص ۲۹۳-۳۰۵.
- حیدری، احمد؛ جودکی، حمیدرضا (۱۳۹۸)، بررسی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی در بافت فرسوده شهرها بررسی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر مکان یابی ایستگاه های آتش نشانی در بافت فرسوده شهرها مطالعه موردی: بافت فرسوده شهر تهران، مطالعات شهر ایرانی- اسلامی، سال ۱۰، شماره ۳۸، صص ۷۵-۸۵.
- خاناباتی، رضا (۱۳۹۸)، ارائه مدل تحلیلی برای پدافند غیرعامل شهرها با تأکید بر زیرساخت‌های شهری (نمونه موردی: شهر ارومیه)، رساله دکتری، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.
- رضویان، محمدتقی؛ علیان، مهدی؛ رستمی، حسین (۱۳۹۷)، ارزیابی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان یزد با رویکرد پدافند غیرعامل، آمایش سرزمین، دوره ۱۰، شماره ۱، صص ۳۱-۶۳.
- زیرکی، محمدرضا؛ سعادت، حسن (۱۳۹۷)، رویکرد پدافند غیرعامل در پهنه بندی فضایی اردوگاه های اسکان موقت با استفاده از روش تلفیقی AHP-FUZZY و GIS (مطالعه میدانی: منطقه ۸ شهر تهران)، پدافند غیرعامل، سال ۹، شماره ۳، صص ۷۷-۸۶.
- سازمان جمعیت هلال احمر (۱۳۸۲)، طرح جامع امداد و نجات کشور، انتشارات روابط عمومی جمعیت هلال احمر، تهران.
- شادی‌فر، غزاله؛ واعظی، مهسا (۱۳۹۶)، تمهیدات کاهش آسیب‌پذیری فضاهای دانشگاهی در برابر زلزله و آتش‌سوزی: پیشنهادهایی برای دانشکده حقوق دانشگاه شهید بهشتی، دانش پیش‌گیری و مدیریت بحران، دوره ۷، شماره ۲، صص ۱۰۵-۱۱۶.
- شاهپوندی، احمد (۱۳۹۶)، سنجش میزان آسیب‌پذیری محلات شهری در تطابق با اصول پدافند غیرعامل، مدیریت بحران، شماره ۱۱، صص ۴۷-۶۲.
- صدیقی، رامین (۱۳۹۷)، بررسی و تبیین عوامل مؤثر بر ایمنی شهری (مورد مطالعه: سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی شهر تبریز)، دو ماهنامه مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه، سال ۳، شماره ۱ (۹ پیاپی)، صص ۳۹-۱۳.
- ظفری، حسین؛ زرین، جلیل (۱۳۹۹)، شناسایی و اولویت‌بندی مخاطرات و تهدیدات، مبتنی بر الگوی ماتریس ریسک (مطالعه موردی: منطقه عسلویه)، دانش پیش‌گیری و مدیریت بحران، دوره ۱۰، شماره ۱، صص ۲۳-۳۷.
- فاضل، سوگند؛ تقوایی، مسعود؛ محمودزاده، امیر (۱۳۹۶)، پهنه بندی آسیب‌پذیری لرزه ای شهری با استفاده از مدل ANP مطالعه موردی: شهر نجف آباد، مدیریت بحران، شماره ۱۱، صص ۱۳۲-۱۲۱.

- فلاحی، علیرضا؛ امیدخواه، عاطفه (۱۳۹۴)، رویکردهای کاهش آسیب‌پذیری و آمادگی در برابر آتش‌سوزی احتمالی در ساختمان‌های بلندمرتبه، *دانش‌پیش‌گیری و مدیریت بحران*، دوره ۵، شماره ۱، صص ۴۳-۵۷.
 - فنی، زهره؛ روشن، عبدالله (۱۳۹۶)، مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با رویکرد پدافند غیرعامل مطالعه‌موردی: شهر بهبهان، *اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، دوره ۲۶، شماره ۱۰۱، صص ۸۱-۹۲.
 - قوچانی، محیا؛ تاجی، محمد؛ دربانیان، مجتبی (۱۳۹۸)، ارزیابی مؤلفه‌های مؤثر در افزایش ریسک خسارات ساختمان‌های شهری در آتش‌سوزی پس از بحران زلزله به روش AHP، *دانش‌پیش‌گیری و مدیریت بحران*، دوره ۹، شماره ۳، صص ۲۹۳-۳۰۶.
 - ملکی، مریم؛ ملکانی، لیلا؛ ولیزاده کامران، خلیل (۱۳۹۹)، مدل‌سازی وقوع و گسترش جبهه آتش‌سوزی با استفاده از روش اتوماتای سلولی (مطالعه‌موردی: منطقه حفاظت‌شده ارسباران)، *محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران*، دوره ۷۳، شماره ۱، صص ۱۲۹-۱۴۱.
 - مهندسان مشاور طرح‌و‌آمایش (۱۳۸۹)، *مطالعات طرح جامع تجدیدنظر شهر ارومیه: اداره کل راه‌وشهرسازی استان آذربایجان‌غربی*.
 - مؤمنی، کورش؛ عطاریان، کورش؛ دیده‌بان، محمد؛ حاج‌موسی، نگین؛ وثیق، بهزاد (۱۳۹۷)، مطالعه تطبیقی شهر باستانی جندی‌شاپور با شیوه شهرسازی شهرهای هم‌عصر آن‌ها، *معماری و شهرسازی آرمانشهر*، شماره ۲۵، صص ۳۷۵-۳۹۰.
 - میرسعیدی، لیلا؛ شمسی، آزاده (۱۳۹۷)، راهکارهای طراحی معماری به منظور افزایش ایمنی مدارس در برابر آتش‌سوزی، *دانش‌پیش‌گیری و مدیریت بحران*، دوره ۸، شماره ۲، صص ۱۱۸-۱۰۳.
-
- Alam, Sh., Haque, Sh. (2021). Multi- Dimensional Earthquake Vulnerability Assessment of Residential Neighborhoods of Mymensingh City, Bangladesh: A
 - Spatial Multi- Criteria Analysis based Approach, *Journal of Urban Management*, available at <https://doi.org/10.1016/j.jum.2021.09.001>.
 - Chisty, M.A., Rahman, M. (2020). Coping Capacity Assessment of Urban Fire Disaster: An Exploratory Study on Ward No: 30 of Old Dhaka Area, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, No. 51, pp: 1- 10.
 - Farshadmanesh, P., Mohammadi, J. (2019). A Probabilistic Methodology for Assessing Post-Earthquake Fire Ignition Vulnerability in Residential Buildings, *Fire Technology*, No. 55, pp: 1295-1318.
 - Granda, S., Ferreira, T.M. (2018). Assessing Vulnerability and Fire Risk in Old Urban Areas: Application to the Historical Centre of Guimaraes Santiago, *Fire Technology*, No. 55, pp: 105- 127.
 - Julia, P.B., Ferreira, T.M., Rodrigues, H. (2021). Post- Earthquake Fire Risk Assessment of Historic Urban Areas: A Scenario-based Analysis Applied to the Historic City Centre of Leiria, Portugal, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, No. 60, pp: 1-15.
 - Nehal, A.H., Hasan, M.R., Islam, M.K. (2019). Analyzing Vulnerability of a Community to Fire Hazard: A Case Study of Chandgaon Residential Area, *Proceedings on International Conference on Disaster Risk Management, Dhaka, Bangladesh*, pp: 588- 593.
 - Nishino, T. (2021). Probabilistic Analysis of the Vulnerability of Fire Departments to Ignitions Following Megathrust Earthquakes in the Nankai Trough Subduction Zone, Japan, *Fire Safety Journal*, No. 120, pp: 1- 8.
 - Rezaie, J. (2015). Best- Worst Multi- Criteria Decision- Making Method, *Omega*, (53): 49-57.
 - Stokkenes, S., Strand, R.D., Kristensen, L.M., Log, T. (2021). Validation of a Predictive Fire Risk Indication Model using Cloud-based Weather Data Services, *Procedia Computer Science*, No. 184, pp: 186- 193.

- UNDESA. (2018). 68% of the World Population Projected to Live in Urban Areas by 2050, Says UN. United Nations Department of Economic and Social Affairs.
- Xu, J., Lu, Y. (2018). Towards an Earthquake-Resilient World: from Post Disaster Reconstruction to Pre- Disaster Prevention, Environmental Hazards, Vol. 17, No. 4, pp: 269– 275.