Original Paper

مقاله پژوهشی

تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس در برابر زلزله مبتنی بر روش Fuzzy WASPAS

DOR : https://dorl.net/dor/20.1001.1.23453915.1402.12.2.8.4

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲

آرام خضرلو

۱- مربی و عضو هیئت‌علمی گروه معماری، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (a.khezerlou@urmia.ac.ir)

چکیده

نیاز به امنیت و ایمنی با قرار گرفتن در پله دوم سلسله‌مراتب نیازهای بشری تعریف‌شده توسط مازلو از اهمیت بسزایی در شکوفایی شهروندان برخوردار است. با توجه به گستره جغرافیایی شهرها و نقش و اهمیت و تجمع مراکز ثقل، تأسیسات و نیروی انسانی در رأس تهدیدات، برنامه‌ریزی مناسب می‌تواند نقشی اساسی در مدیریت ریسک و کاهش میزان آسیب‌پذیری شهر در برابر سوانح ایفا نماید. لذا، این تحقیق با هدف تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل انجام‌شده است. نوع تحقیق حاضر کاربردی بوده و روش انجام کار توصیفی- تحلیلی است و گردآوری اطلاعات نیز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی صورت گرفته است. برای نیل به هدف تحقیق تعداد ۱۲ شاخص انتخاب شده و بر اساس توابع فازی در نرم‌افزار GIS استانداردسازی شده است. سپس شاخص‌های ۱۲ گانه فازی شده همپوشانی شده و نقشه آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس بر اساس رویکرد پدافند غیرعامل استخراج شده است. برای نمایش آسیب‌پذیری در محلات ۱۳ گانه شهر سلماس نیز از روش WASPAS بهره گرفته‌شده و داده‌های آن در نرم‌افزار MATLAB تحلیل شده است. نتایج بیانگر آن بوده که ۱۶ درصد از محدوده شهر سلماس در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۲۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. هم‌چنین کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به محله ۱۰ و بیش‌ترین میزان آسیب‌پذیری به محله ۱۳ مربوط بوده است.

واژه‌های کلیدی: **فضا، آسیب‌پذیری، محله، WASPAS، MATLAB**

Spatial Analysis of Vulnerability of the Neighborhoods of Salmas City against Earthquake based on Fuzzy WASPAS Method

Aram Khezerlou

1. Instructor and Faculty Member of Architecture Dept., Faculty of Architecture, Urban Planning & Art, Urmia University, Urmia, Iran (a.khezerlou@urmia.ac.ir)

Abstract

The need for security and safety, being on the second step of the hierarchy of human needs defined by Maslow, is of great importance in the prosperity of citizens. Considering the geographical extent of cities and the role and importance and accumulation of centers of gravity, facilities and human resources at the top of threats, proper planning can play a fundamental role in risk management and reducing the city's vulnerability to accidents. Therefore, this research has been conducted with the aim of spatial analysis of the vulnerability of neighborhoods of Salmas city against earthquakes with a non-active defense approach. The current type of research is applied and the method of carrying out the work is descriptive-analytical and the collection of information is done through library and field studies. To achieve the goal of the research, 12 indicators have been selected and standardized based on fuzzy functions in GIS software. Then the 12 fuzzified indicators are overlapped and the vulnerability map of neighborhoods of Salmas city is extracted based on the passive defense approach. WASPAS method was used to show vulnerability in 13 neighborhoods of Salmas city and its data was analyzed in MATLAB software. The results showed that 16% of the area of Salmas is in the very low vulnerability zone, 33% in the low vulnerability zone, 29% in the medium vulnerability zone, 19% in the high vulnerability zone and 3% in the very high vulnerability zone. Also, the lowest level of vulnerability was related to neighborhood 10 and the highest level of vulnerability was related to neighborhood 13.

Keywords: Space, Vulnerability, Neighborhood, WASPAS, MATLAB.

۱- مقدمه

امروزه، اغلب جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند. اگر روند رشد کنونی ادامه پیدا کند، نسبت جمعیت ساکنان شهری به دوسوم جمعیت جهان رسیده و تا سال ۲۰۳۰ زمین به مناطق شهری تبدیل خواهد شد [۱]. شهر به‌عنوان بستر کالبدی فعالیت‌های انسان، تجلی نیازها، فرهنگ‌ها و اهداف جامعه در گذر زمان است و ضمن تأثیرپذیری از جامعه، بر آن اثرگذار نیز هست. دراین‌بین نیاز به امنیت و ایمنی با قرار گرفتن در پله دوم سلسله‌مراتب نیازهای بشری تعریف‌شده توسط مازلو از اهمیت بسزایی در شکوفایی شهروندان برخوردار است [۲]. آبراهام مازلو با طرح سلسله‌مراتب نیازها، ایمنی و امنیت را یکی از نیازهای پایه جوامع بشری دانسته و ایمنی را پیش‌نیاز آسایش شهروندی خوانده است [۳].

با توجه به اینکه شهرها به دلیل گستره جغرافیایی وسیع و نقش و اهمیت و تجمع مرکز ثقل، تأسیسات و نیروی انسانی در رأس تهدیدات (طبیعی، صنعتی و انسان‌ساخت) قرار دارند و در مواردی به‌صورت هم‌افزایی عمل می‌کنند؛ برنامه‌ریزی مناسب می‌تواند نقشی اساسی در مدیریت ریسک و کاهش میزان آسیب‌پذیری شهر در برابر سوانح داشته باشد [۴]. مهم‌ترین اثر اهمیت و ضرورت تحلیل آسیب‌پذیری کمک به تصمیم‌گیری صحیح برای انتخاب راه‌حل‌های کنترل و مقابله با مخاطرات احتمالی است. نتایج ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری به جهت‌گیری صحیح در انتخاب راه‌حل‌ها و دفع تهدیدهای احتمالی کمک می‌کند [۵]. ازاین‌رو مدیران و برنامه‌ریزان شهری در سال‌های اخیر با استفاده از رویکردهای نوین برنامه‌ریزی و طراحی شهری از قبیل پدافند غیرعامل سعی کرده‌اند تا ساخت کالبدی، برنامه‌ریزی فضاهای شهری و چیدمان کاربری‌های مختلف را بر اساس راهبردهای نوین این رویکردها، ساختاربندی نمایند [۶].

برنامه‌ریزی و طراحی دقیق در سطح شهرها، تعیین نقاط آسیب‌پذیر، پهنه‌بندی مناطق مخاطره‌آمیز در شهرها و تقویت سازمان‌های دخیل در مدیریت بحران و امنیت می‌تواند در پایداری شهرها در برابر ناامنی بسیار مؤثر باشد [۷]. هدف از برنامه‌ریزی و اجرای پدافند غیرعامل حمایت و کاهش آسیب‌پذیری از منابع انسانی و دارایی‌های موجود در برابر تهدیدات و خطرات طبیعی و انسان‌ساز است [۸]. در مناطق شهری، ساختمان‌ها، جمعیت، شاهراه‌های اصلی و سیستم فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی عناصری در خطر هستند و ساختمان‌ها و سیستم‌های شاهراه که به‌طورکلی به آن محیط ساخته‌شده می‌گویند، از عناصر پراهمیت در آسیب‌پذیری شهری است که به‌تبع آن باعث آسیب‌پذیری دیگر موارد شهری می‌شوند [۹].

مناطق مسکونی به‌عنوان بخشی از شهر که هویتی یگانه دارند، ارکان شهر را تشکیل داده که در هنگام بروز حادثه درصورتی‌که برنامه‌ریزی و اقدام پیشگیرانه‌ای در مورد آن اعمال نشود، کارکرد مثبت و پویایی خود را از دست می‌دهند [۱۰]. در این میان مسائلی از قبیل ضعف کلی کالبد شهر و عدم برنامه‌ریزی صحیح در این خصوص، معابر نامناسب، تراکم جمعیتی و ساختمانی بالا، نحوه نامناسب پراکنش جمعیت و به‌طورکلی عدم توجه به مدیریت بحران در طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌ها باعث افزایش خسارت جانی و مالی می‌شود [۱۱]. در محلات شهری، خسارات شامل ترکیبی از ویرانه‌های کالبدی و اختلال در عملکرد عناصر شهری است. انهدام سازه‌ها و ساختمان‌ها، شبکه راه‌ها و دسترسی‌ها، تأسیسات اساسی مخازن آب، نیروگاه‌ها، خطوط ارتباطی تلفن، برق، آب، گاز و ... از آن جمله

هستند که باعث در تنگنا قرار گرفتن جمعیت ساکن شده و از توان مقاومت آن‌ها می‌کاهد [۱۲]. دراین‌بین شهر سلماس با جمعیت ۹۱۲۳۹ نفری (سرشماری سال ۱۳۹۵) بر اساس مطالعات طرح کالبدی ملی ایران (پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران)، در منطقه با خطر نسبی بالا قرار قرارگرفته است.

قرارگیری این شهر روی گسل، سابقه زلزله ویرانگر ۷/۲ ریشتری در سال ۱۳۰۹ اهمیت رعایت اصول پدافند غیرعامل را در آن دوچندان می‌کند. شرایط نامطلوب شاخص‌های کمی و کیفی مسکن، هم‌جواری کاربری‌های ناسازگار، عدم رعایت حریم گسل در ساخت‌وسازها، ناکارآمدی معابر در بافت‌های فرسوده و سکونت‌گاه‌های غیررسمی، عدم کاربرد مصالح بومی و استاندارد، نبود مطالعات ریز پهنه‌بندی لرزه‌خیزی، غفلت از مطالعات طرح‌های فرادست و ... از جمله مسائلی هستند که باعث افزایش آسیب‌پذیری ساختار کالبدی محلات شهر سلماس شده است که در صورت بروز دوباره زلزله، چه در حین خطر و چه در زمان امدادرسانی پس از بحران، خطرپذیری و ناپایداری بالای آن می‌تواند خسارات بزرگی را به بار بیاورد که همین مسئله لزوم توجه بیشتر به رعایت اصول پدافند غیرعامل را دوچندان می‌کند. لذا، این پژوهش با هدف تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل انجام‌شده است.

۲- مبانی نظری

شهر به‌عنوان یکی از زیست‌گاه‌های متراکم انسانی، به دلیل حضور انسان، نیازمند ایمنی و امنیت در همه ابعاد کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، مدیریتی است و به‌طورکلی خواستار هر نوع اقدامی است که جامعه انسانی و محیط طبیعی و مصنوع آن را بیمه کند [۱۳]. در این میان برنامه‌ریزی فضایی یک ابزار کلیدی برای ایجاد چارچوب بلندمدت و پایدار برای توسعه اقتصادی اجتماعی و سرزمینی است که بر توزیع منابع فضایی و مدیریت متمرکز شده است و مهم‌ترین هدف آن توجه به نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی منطقه و رسیدن به توسعه پایدار فضایی است [۱۴].

در این میان، معماری و شهرسازی به‌عنوان یک واسطه قدرت دفاعی را بالا برده و در ارضای نیاز به امنیت در سلسله‌مراتب پله‌ای مازلو اثر مثبت داشته و باعث بقای انسان می‌شود. با این رویکرد روان‌شناسانه به معماری و شهرسازی بحث ایمنی و امنیت باید در کلیه سطوح برنامه‌ریزی و طراحی از موضوعات کلان و جزئیات فنی مدنظر قرار گیرد تا موجبات کاهش آسیب‌پذیری فراهم شود [۱۵]. تعاریف زیادی برای آسیب‌پذیری ارائه‌شده است؛ به‌عنوان مثال، از نظر سازمان ملل متحد استراتژی بین‌المللی کاهش بلایای طبیعی، آسیب‌پذیری به این صورت تعریف می‌شود: حالت ترکیبی از عوامل فیزیکی، اقتصادی و محیطی که حساسیت سیستم را در برابر خطر افزایش می‌دهد [۱۶].

در این رابطه یکی از مؤثرترین راهکارها برای کاهش خسارات اجتماعی و اقتصادی ناشی از زلزله کاهش آسیب‌پذیری جامعه با استفاده از ارزیابی دقیق ریسک است [۱۷]. یکی از وجوه بارز مخاطرات طبیعی زلزله است که لرزش زمین در نتیجه آزاد شدن ناگهانی انرژی درونی آن اطلاق می‌شود که می‌تواند در مناطق آسیب‌پذیر روستاها و شهرها خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری برجای گذارد. دفع، خنثی‌سازی و کاهش تأثیرات آسیب‌پذیری، گویای مفهوم کلی پدافند است و پدافند همه‌جانبه، پدافندی است؛ که فقط در عرصه نیروهای نظامی خلاصه نمی‌شود، بلکه باید توسط سازمان‌های دولتی، بخش خصوصی و همه شهروندان یک کشور انجام

جدول شماره ۱- شاخص‌های آسیب‌پذیری محلات شهری در برابر مخاطره زمین‌لرزه

شاخص	منبع
دسترسی به فضاهای باز عمومی، دسترسی به معابر، فاصله از گسل، مساحت، اندازه قطعات، تراکم جمعیت، کاربری اراضی، نوع مصالح، تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، جنس زمین، تراکم ساختمانی، فاصله از مراکز درمانی، تأسیسات شهری، قدمت ابنیه، سازگاری‌های کاربری‌های شهری هم‌جوار، مساحت همکف ساختمان، نوع نمای ساختمانی، عرض معبر، درجه محصوریت، ریزدانگی، توپوگرافی و شیب، تراکم واحدهای مسکونی، طرح ساختمان، وضعیت مالی ساکنان، سطح فرهنگ، تراکم جمعیت زیر ۱۰ سال، تراکم جمعیت بالای ۱۰ سال، فاصله از مراکز تهدید، ترکیب توده و فضا، نوع بافت، ارتباط شبکه‌ای زیرساخت‌ها با یکدیگر	[۱۴ ,۲۱،۲۲،۲۳،۲۴،۲۵]

شود که خود شامل پدافند عامل و پدافند غیرعامل می‌شود. پنج بعد پدافند همه‌جانبه شامل پدافند نظامی، پدافند اقتصادی، پدافند اجتماعی، پدافند روانی و شهری است [۱۸].

پدافند غیرعامل به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که مستلزم به‌کارگیری جنگ‌افزار نیست و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارت‌های مالی به تجهیزات و تأسیسات حیاتی و حساس و بروز تلفات انسانی جلوگیری کرد یا میزان این خسارت‌ها و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داد [۱۹]. از مهم‌ترین اصول پدافند غیرعامل که رعایت آن‌ها در فضاهای شهری ضروری می‌نماید، می‌توان به موارد مقابل اشاره کرد:

۱- تعیین مقیاس بهینه استقرار جمعیت و فعالیت در فضا؛ ۲- پراکندگی در توزیع عملکردها متناسب با تهدیدات و جغرافیا؛ ۳- مقاوم‌سازی، استحکامات و ایمن‌سازی سازه‌های حیاتی؛ ۴- مکان‌یابی استقرار عملکردها؛ ۵- مدیریت بحران دفاعی در صحنه‌ها؛ ۶- پوشش در همه زمینه‌ها؛ ۷- فریب، ابتکار عمل و تنوع در کلیه اقدامات [۲۰].

بر پایه مطالعات انجام‌شده در زمینه آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل، شاخص‌های متنوعی بیان شده که در جدول ۱ خلاصه‌ای از شاخص‌های مهم کالبدی ارائه شده است.

۳- پیشینه تحقیق

تحقیقات مختلفی در ارتباط با آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله از منظر پدافند غیرعامل انجام گرفته که در ذیل برخی از آنها اشاره می‌شود:

الکساندر (۲۰۰۷) سرویس‌های مدیریت بلایا را به ۱۰ هدف تقسیم می‌کند که مردم برای حفظ امنیت‌شان را از لحاظ برتری اساسی بین پدافند غیرعامل و حفاظت مدنی مطرح می‌کند [۲۶].

که و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود به بررسی مسئله تخصیص ریسک‌های موجود در راستای پیاده‌سازی قراردادهای زیرساخت‌های پدافندی پروژه‌های ساخت‌وساز کشور چین با استفاده از تکنیک دلفی پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بخش دولتی تنها مسئولیت ریسک (سبک مالکیت و بومی‌سازی) را بر عهده خواهد داشت و مسئولیت اکثریت ریسک‌های شناسایی‌شده بعدی مربوط به مقامات دولتی بوده و مستلزم اقدامات آن‌ها خواهد بود. علاوه بر این، ۱۴ ریسک که بخش‌های اجرایی و عملیاتی قادر به مقابله با آن‌ها نیستند، باید به‌طور مساوی در بین آن‌ها به هماهنگی و یکپارچگی ایجاد شود. بخش اجرایی مسئولیت ۱۰ ریسکی که در سطح پروژه قرار دارد را برعهده

داشته و بر این اساس باید راهکارهای اجرایی در راستای برون‌رفت از ریسک‌های شناسایی‌شده پیشنهاد نمایند [۲۷].

وایت و همکاران (۲۰۱۴)، مدلی را برای ارزیابی آسیب‌پذیری دارایی‌ها همراه با مقیاسی از ریسک استراتژیک و احتمال شکست دارایی‌ها در مقابل حمله‌های انتحاری با استفاده از نظریه بازی ارائه می‌دهند [۲۸].

رودانس و همکاران (۲۰۱۸) پژوهشی با نام «تخمین آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها» به ارائه یک ساختار روش‌شناختی برای سناریوهای برنامه‌ریزی قبل از وقوع زلزله در مناطق شهری پرداخته‌اند [۲۹].

تاماری و همکاران (۲۰۱۹)، در مقاله‌ای با عنوان «نمونه‌ای از توسعه مدل زمینی سه‌بعدی برای تحلیل پاسخ زلزله با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی ساده زمین» با هدف توسعه مدل زمینی سه‌بعدی برای تجزیه‌وتحلیل واکنش زمین‌لرزه با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی ساده زمین به این نتیجه رسیده‌اند که مدل سه‌بعدی با وجود تعداد محدودی از تحلیل‌ها، مربوط به گمانه، می‌تواند با استفاده از این سیستم به‌طور مؤثر توسعه یابد [۳۰].

علیپور و عطائیان (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای با عنوان «اصول و چارچوب‌های طراحی شهرک‌های مرزی با رویکرد آمایش دفاعی امنیتی و پدافند غیرعامل» بر اساس اصول پدافند غیرعامل، اصول و چارچوب‌های طراحی شهرک‌های مرزی را ارائه کرده‌اند که عبارت است از: اصل کاهش نفوذپذیری، اصل انعطاف‌پذیری، ایجاد جاذبه‌های اقتصادی، رفاهی و فرهنگی، اصل هماهنگی با طبیعت و اصل توسعه زیرساخت‌های شهری، اصل لایه‌بندی مرزهای شهر و اصل اقلیم [۳۱].

صفری و عبدالملکی (۱۴۰۰)، مقاله‌ای با عنوان «پهنه‌بندی حریم امن زیرساخت شهرهای پشتیبان جنگ از منظر پدافند غیرعامل مطالعه موردی شهر بروجرد» انجام داده‌اند. در این تحقیق شاخص‌های زیرساخت‌های ویژه، خدمات اضطراری، عمومی و مردمی و مدیریتی در قالب ۱۰۶۲ زیرساخت دسته‌بندی و استخراج شده‌اند. نتایج مکانی و ریز پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در سطح شهر بروجرد نشان می‌دهد که ۵۳۹ زیرساخت یعنی ۴۷/۵ درصد از زیرساخت‌ها در وضعیت کاملاً آسیب‌پذیر قرار دارند. هم‌چنین حدود ۵۹ درصد از پهنه شهر در وضعیتی از آسیب‌پذیر تا کاملاً آسیب‌پذیر است که اهمیت دوچندان اصول و الزامات پدافند غیرعامل را در این شهر نشان می‌دهد [۳۲].

رحمتی‌نیا و مختاری (۱۴۰۰)، در مقاله‌ای با عنوان «مکان‌گزینی مراکز دفاعی از منظر پدافند غیرعامل در مناطق شمال غرب کشور با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی «GIS با استفاده از شاخص‌هایی نظیر معیارهای اقلیمی شامل (تعداد روزهای یخبندان، بارانی، برفی، طوفانی و گردوغبار، تعداد روزهای با حداقل دید کمتر از دید ۲۰۰۰ متر و سرعت باد) ژئومورفولوژی- زمین‌شناسی (شیب، جهت شیب، ارتفاع، سنگ‌شناسی) دسترسی به مراکز انسان‌ساخت (فاصله از نقاط شهری، فاصله از سدهای مخزنی) زیرساختی شامل (فاصله از راه‌های ارتباطی، فاصله از فرودگاه‌ها، فاصله از دالان‌های هوایی) و هیدرولوژیکی (فاصله از آبراهه)» به این نتیجه رسیده‌اند که پهنه‌های بسیار محدود و پراکنده‌ای از منطقه مورد مطالعه شرایط کاملاً مناسبی برای ایجاد مراکز نظامی و غیرنظامی از بعد پدافند غیرعامل را دارند [۳۳].

کریمی و قربانی (۱۴۰۱)، در تحقیقی با عنوان «سنجش و مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی با تأکید بر پدافند غیرعامل» با استفاده از شاخص‌های تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، سازه ابنیه، قدمت ابنیه، نمای ابنیه، فاصله از مراکز آتش‌نشانی،

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 و بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چند معیاره BWM، آماره موران و تحلیل لکه‌های سرد و داغ به این نتیجه رسیده‌اند که ۱۲ درصد از شهر ارومیه 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 واقع‌شده است [۳۴].

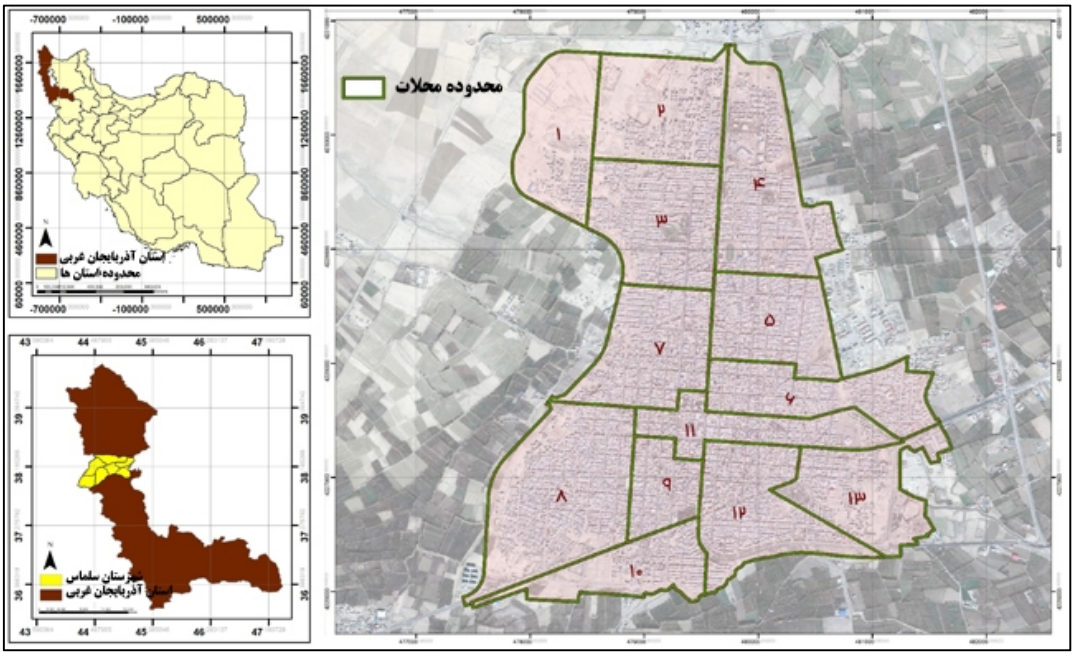
عالم و هاک (۲۰۲۲)، در تحقیقی با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله چندبعدی محله‌های مسکونی شهر میمن سینگ ، بنگلادش: یک رویکرد مبتنی بر تحلیل چند معیاره فضایی» به ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله مناطق مسکونی با استفاده از یک رویکرد بر مبنای تحلیل‌های چند معیاره مکانی پرداخته‌اند به‌طوری‌که از مجموع ۲۳ معیار مکانی در ۴ بعد معیارهای زمین‌شناسی، سیستماتیک، ساختاری و اجتماعی- اقتصادی استفاده‌شده است. نتایج بیانگر آن بوده که از ۲۴۱ محله مسکونی شهر میمن سینگ ۵۱ محله به شدت آسیب‌پذیر، ۱۲۳ محله در معرض آسیب‌پذیری متوسط و ۶۷ محله در معرض آسیب‌پذیری پایین قرار دارند [۳۵].

۴- روش تحقیق

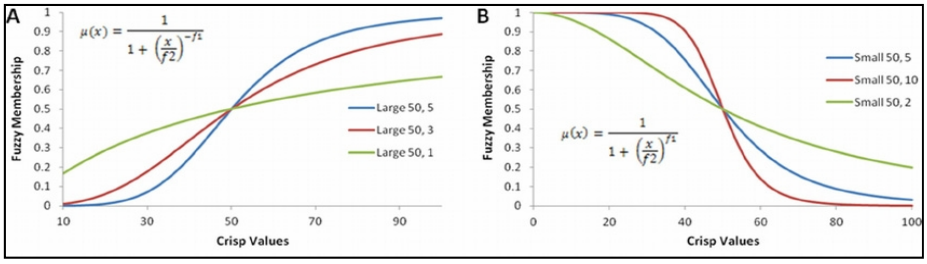
این تحقیق با توجه به هدف آن از نوع تحقیقات کاربردی بوده و با توجه به روش انجام کار، از ماهیتی توصیفی- تحلیلی برخوردار است. جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات موجود و مطالعات میدانی صورت گرفته است. پس از مطالعه منابع مرتبط با آسیب‌پذیری با رویکرد پدافند غیرعامل، تعداد ۱۲ شاخص از بین عوامل مختلف، مبتنی بر نظرات ۱۵ نفر از جامعه نخبگان، به‌صورت تصادفی از میان اساتید دانشگاه و دانشجویان دکتری انتخاب شده است که شامل تراکم ساختمانی، فاصله از گسل، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، قدمت ابنیه، سازه ابنیه، محدوده بافت فرسوده، فاصله از راه‌های اصلی، فاصله از مراکز امداد و نجات، فاصله از مراکز خطرزا، فاصله از فضاهای باز و مساحت قطعات بوده است. پس از تعیین شاخص‌ها، در مرحله بعد برای انجام تحلیل‌های مکانی نسبت به رقومی سازی و ایجاد پایگاه داده هریک از شاخص‌ها در نرم‌افزار GIS پرداخته‌شده است.

این اطلاعات از طرح جامع شهر سلماس و برداشت‌های میدانی محقق به‌دست‌آمده به‌طوری‌که این مرحله بیش‌ترین زمان تحقیق را به خود اختصاص داده است. در گام بعدی عملیات ژئورفرنس کردن لایه‌های اطلاعاتی اجراشده و درنهایت ساخت نقشه‌های معیار انجام‌شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، تمامی شاخص‌های فوق به نقشه‌های رستر تبدیل شده است. با توجه به اینکه هرکدام از شاخص‌ها، رابطه متفاوتی با هدف تحقیق دارند لذا از توابع فازی Small و Large در نرم‌افزار GIS به منظور استانداردسازی شاخص‌ها اقدام شده است (تصویر ۲).

بر همین اساس شاخص‌های تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، قدمت ابنیه، فاصله از راه‌های اصلی، فاصله از مراکز امداد و نجات و فاصله از فضاهای باز با تابع Large و شاخص‌های فاصله از گسل، کیفیت ابنیه، سازه ابنیه، فاصله از مراکز خطرزا و مساحت قطعات با تابع Small و محدوده بافت فرسوده شهر بر اساس منطق بولین استانداردسازی شده و مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته‌اند. در گام بعد شاخص‌های فازی شده آسیب‌پذیری، ترکیب شده و نقشه آسیب‌پذیری



تصویر شماره ۱- موقعیت شهرستان سلماس در کشور و استان به همراه محدوده محلات شهر



تصویر شماره ۲- توابع Small و Large در نرم‌افزار GIS برای استانداردسازی شاخص‌ها

محلات شهر سلماس استخراج شده است. در نهایت نقشه آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس به تفکیک محلات و بر اساس مدل WASPAS در نرم‌افزار MATLAB مورد تحلیل و ارزیابی قرارگرفته و رتبه‌بندی شده است. صحت و دقت خروجی مدل مذکور نیز بر اساس مقدار λ (Landa) تعیین‌شده است.

۴-۱- شناخت محدوده مورد مطالعه

شهر سلماس در طول‌های جغرافیایی ۴۵°،۲′،۰۰ و ۴۴°،۴۶′،۰۰ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۸°،۱′،۳۰ و ۳۸°،۱۸′،۰۰ شمالی در محدوده استان آذربایجان غربی قرارگرفته است. فاصله سلماس از ارومیه ۹۲ کیلومتر، از خوی ۴۵ کیلومتر و از شبستر و تسوج به ترتیب ۹۲ و ۵۵ کیلومتر است. جمعیت شهر سلماس بر اساس نتایج سرشماری ۱۳۹۵، ۹۲۸۱۱ نفر با ۲۷۱۱۵ خانوار بوده و بر اساس تقسیمات شهرداری دارای ۱۳ محله است (تصویر ۱).

۵- بحث و نتایج

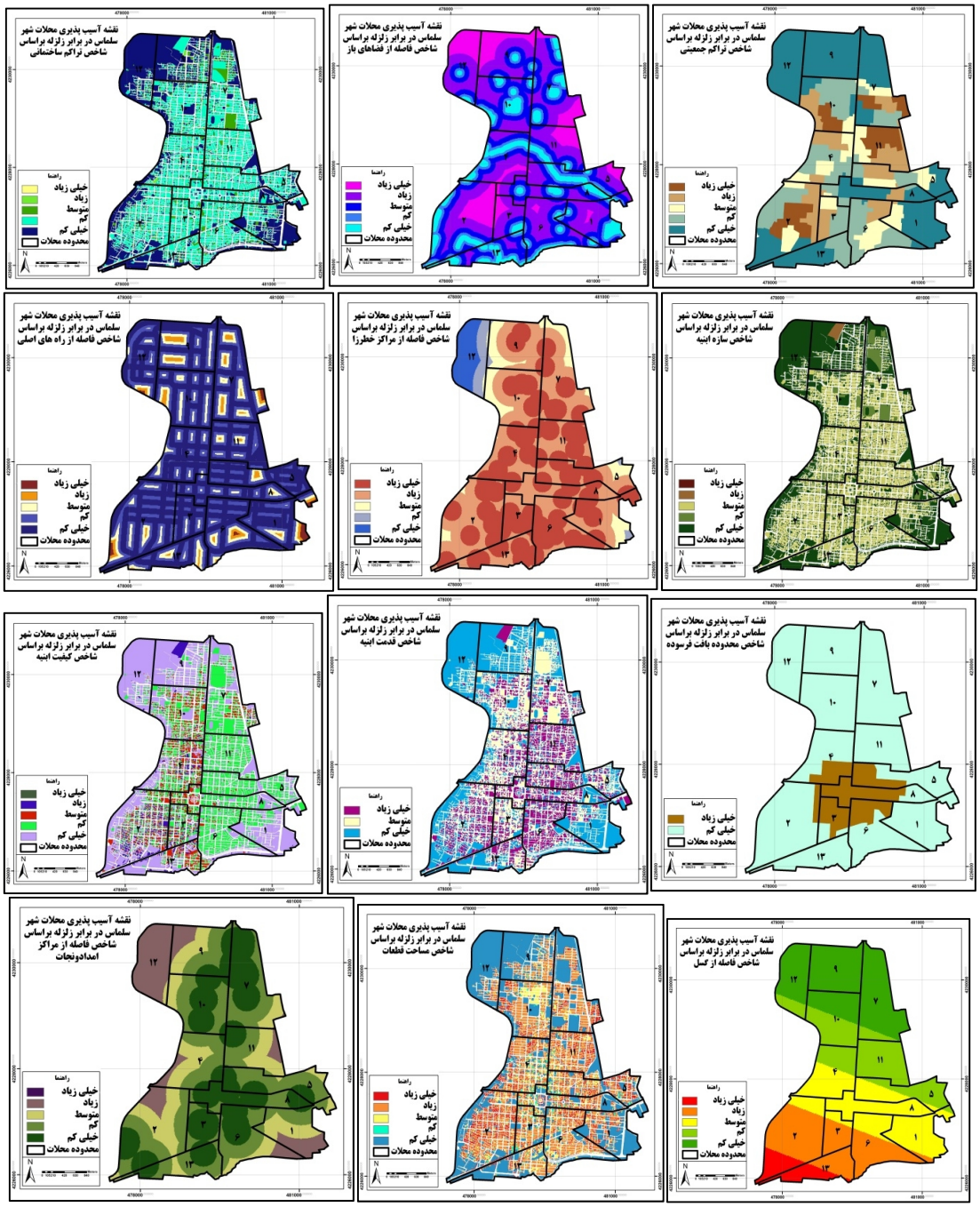
تحلیل نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس مبتنی بر شاخص مساحت قطعات، بیانگر آن است که ۴۴ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس مبتنی بر

شاخص فاصله از فضاهای باز شهری، نشان می‌دهد که ۱۲ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۲۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است.

تحلیل نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس بر اساس شاخص تراکم ساختمانی، بیانگر آن است که ۳۷ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۵۰ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط قرارگرفته است. ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس مبتنی بر شاخص محدوده بافت فرسوده شهری، نشان می‌دهد که ۸۵ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم و ۱۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس بر اساس شاخص قدمت ابنیه، نشان می‌دهد که ۴۹ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط و ۲۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. تحلیل نتایج حاصل از آسیب‌پذیری شهر سلماس مبتنی بر شاخص فاصله از گسل، بیانگر آن است که ۲۹ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۲۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۲۰ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است.

ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس بر اساس شاخص کیفیت ابنیه، نشان می‌دهد که ۴۸ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد قرارگرفته است. بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس مبتنی بر شاخص فاصله از مراکز امداد و نجات، نشان می‌دهد که ۳۱ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد قرارگرفته است. بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس بر اساس شاخص فاصله از مراکز خطرزا، نشان می‌دهد که ۵ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۵۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس بر اساس شاخص تراکم جمعیتی، نشان می‌دهد که ۴۱ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است.

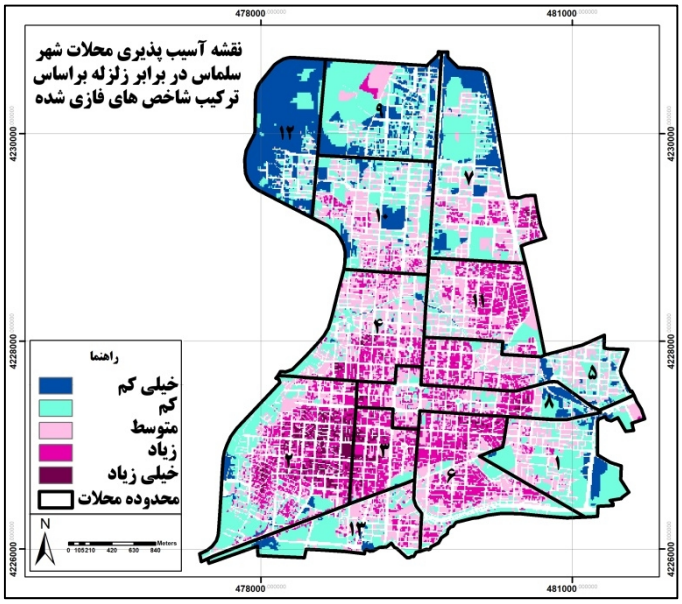
بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر سلماس مبتنی بر شاخص فاصله از معابر اصلی، نشان می‌دهد که ۵۸ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۰ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. تحلیل نتایج حاصل از آسیب‌پذیری شهر سلماس بر اساس شاخص سازه ابنیه، بیانگر آن است که ۴۶ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۳۹درصد در پهنه آسیب‌پذیری.



تصویر شماره ۳- نقشه‌های آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس بر اساس شاخص‌های استانداردشده توابع فازی

متوسط، ۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و درصد بسیار ناچیزی در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است (تصویر ۳) پس از تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری در محلات شهر سلماس بر اساس رویکرد پدافند غیرعامل، عملیات همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی فازی شده اجراشده تا نقشه آسیب‌پذیری مبتنی بر شاخص‌های ۱۲ گانه استخراج شود (تصویر ۴).

نتایج حاصل از ترکیب شاخص‌های ۱۲ گانه فازی شده آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که ۱۶ درصد از محدوده شهر سلماس در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۲۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. در



تصویر شماره ۴- نقشه آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس بر اساس هم‌پوشانی شاخص‌های ۱۲ گانه فازی شده

جدول شماره ۱- ماتریس خام آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس

آسیب‌پذیری / محله	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	۰/۰۰۳	۰/۰۶۲	۰/۲۵۳	۰/۵۷۶	۰/۱۰۵
۲	۰/۰۳۱	۰/۳۱۴	۰/۲۰۵	۰/۳۲۱	۰/۱۲۹
۳	۰/۰۱۲	۰/۲۱۳	۰/۵۰۶	۰/۲۴۸	۰/۰۲۱
۴	۰/۰۶۸	۰/۲۴۳	۰/۴۶۴	۰/۲۲۴	۰/۰۰۲
۵	۰/۰۰۸	۰/۱۶۱	۰/۴۵۵	۰/۳۷۳	۰/۰۰۳
۶	۰/۲۲۵	۰/۴۱۹	۰/۲۷۶	۰/۰۷۵	۰/۰۰۵
۷	۰/۱۶۸	۰/۳۶۹	۰/۳۸۷	۰/۰۷۵	۰/۰۰۱
۸	۰/۲۷۰	۰/۵۷۸	۰/۱۳۴	۰/۰۱۹	۰
۹	۰/۱۱۱	۰/۵۶۳	۰/۳۰۰	۰/۰۲۷	۰
۱۰	۰	۰/۱۹۸	۰/۳۳۳	۰/۴۵۳	۰/۰۱۶
۱۱	۰/۱۱۷	۰/۲۰۲	۰/۳۳۸	۰/۳۲۱	۰/۰۲۲
۱۲	۰/۰۶۸	۰/۵۱۷	۰/۳۰۲	۰/۱۱۳	۰
۱۳	۰/۸۰۶	۰/۱۶۲	۰/۰۳۲	۰	۰

این مرحله برای اینکه بتوان نتایج حاصل از آسیب‌پذیری را در سطح محلات شهر مورد تحلیل قرار داد، از روش WASPAS در نرم‌افزار MATLAB استفاده شده که در گام اول نسبت به تدوین ماتریس خام شاخص‌ها در محلات ۱۳ گانه بر اساس نتایج تصویر ۴ اقدام شده است (جدول ۲).

در این گام با استفاده از فرمول‌های زیر ماتریس تصمیم را نرمال می‌کنیم. نرمال کردن برای معیارهای مثبت از فرمول اول و برای معیارهای منفی از فرمول دوم استفاده می‌کنیم (جدول ۳).

(۱)

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{max_i\ x_{ij}} \quad \text{for benefi l criteria,}$$

(۲)

$$\bar{x}_{ij} = \frac{min_i\ x_{ij}}{x_{ij}} \quad \text{for non- beneficial criteria}$$

جدول شماره ۲- ماتریس نرمال شده وزنی

آسیب‌پذیری / محله	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	۰/۰۰۳	۰/۱۰۸	۰/۵۰۰	۰	۰/۰۰۱
۲	۰/۰۳۸	۰/۵۴۳	۰/۴۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
۳	۰/۰۱۵	۰/۳۶۹	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵
۴	۰/۰۸۴	۰/۴۲۱	۰/۹۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۵۶
۵	۰/۰۱۰	۰/۲۷۹	۰/۸۹۹	۰/۰۰۱	۰/۰۲۹
۶	۰/۲۷۹	۰/۷۲۶	۰/۵۴۵	۰/۰۰۳	۰/۰۲۰
۷	۰/۲۰۹	۰/۶۳۹	۰/۷۶۵	۰/۰۰۳	۰/۱۹۵
۸	۰/۳۳۵	۱	۰/۲۶۴	۰/۰۱۴	۱
۹	۰/۱۳۸	۰/۹۷۴	۰/۵۹۲	۰/۰۱۰	۱
۱۰	۰	۰/۳۴۳	۰/۶۵۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶
۱۱	۰/۱۴۵	۰/۳۴۹	۰/۶۶۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵
۱۲	۰/۰۸۴	۰/۸۹۵	۰/۵۹۷	۰/۰۰۲	۱
۱۳	۱	۰/۲۸۰	۰/۰۶۳	۱	۱

گام چهارم برآورد واریانس مقادیر معیارهای استانداردشده اولیه از طریق رابطه (۳) است [۳۶].

$$\sigma^2(\bar{x}_{ij}) = (0.05\ \bar{x}_{ij})^2 \qquad (۳)$$

گام پنجم محاسبه واریانس‌های Q2(Qi(1)) و Q2(Qi(2)) از طریق توابع ۴ و ۵ است (جدول ۵).

$$\delta^2(Q_i^{(1)}) = \sum_{j1}^{n} \bar{x}_{ij}\ w_j^2 \delta^2(\bar{x}_{ij}) \qquad (۴)$$

$$\delta^2(Q_i^{(2)}) = \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{\prod_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{w_j} \times w_j}{(\bar{x}_{ij})^{w_j}\ (\bar{x}_{ij})^{(1-w_j)}} \right)^2 \delta^2(x_{ij}) \qquad (۵)$$

گام سوم محاسبه وزن هریک از شاخص‌ها بر اساس روش وزن دهی آنتروپی شانون است (جدول ۴).

گام ششم محاسبه مقدار Qi و λ برای رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت توابع ۶ و ۷ است [۳۶] (جدول ۶) (تصویر ۵).

$$\lambda = \frac{\delta^2(Q_i^{(2)})}{\delta^2\left(Q_i^{(1)}\right) + \delta^2(Q_i^{(2)})} \qquad (۶)$$

$$Q_i = \lambda \sum_{j=1}^{n} \bar{x}_{ij}\ w_{j+(1-\lambda)} \prod_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{w_j}.\lambda = 0 \ldots\ldots 1 \qquad (۷)$$

بر اساس خروجی به‌دست‌آمده از تحلیل آسیب‌پذیری بر اساس مدل WASPAS در نرم‌افزار MATLAB، نتایج گویای آن است که به ترتیب از بیش‌ترین تا کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری محلات شماره ۱۳، ۸، ۹، ۷، ۶، ۱۲، ۴، ۱۱، ۲، ۳، ۵، ۱ و ۱۰ قرارگرفته‌اند.

جدول شماره ۳- وزن شاخص‌ها

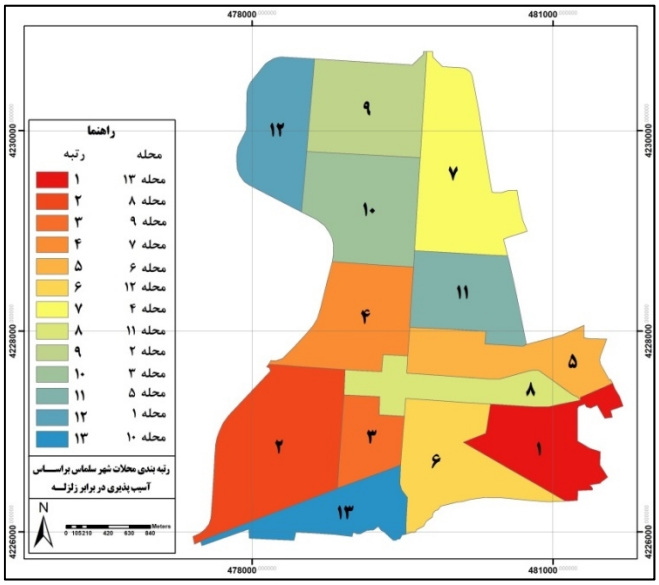
پهنه‌بندی	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
وزن	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۳۶

جدول شماره ۴- واریانس محاسبه‌شده

آسیب‌پذیری / محله	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	۰	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶۳	۰	۰
۲	۰	۰/۰۰۰۷۴	۰/۰۰۰۴۱	۰	۰
۳	۰	۰/۰۰۰۳۴	/۰۰۲۵۰	۰	۰
۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴۴	۰/۰۰۲۱۰	۰	۰/۰۰۰۰۱
۵	۰	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۲۰۲	۰	۰
۶	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۱۳۲	۰/۰۰۰۷۴	۰	۰
۷	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۱۴۶	۰	۰/۰۰۰۰۹
۸	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۲۵۰	۰/۰۰۰۱۷	۰	۰/۰۰۲۵۰
۹	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۲۳۷	۰/۰۰۰۸۸	۰	/۰۰۲۵۰
۱۰	۰	۰/۰۰۰۲۹	۰/۰۰۱۰۸	۰	۰
۱۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۰۱۱۲	۰	۰
۱۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲۰۰	۰/۰۰۰۸۹	۰	۰/۰۰۲۵۰
۱۳	۰/۰۰۲۵۰	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲۵۰	۰/۰۰۲۵۰

جدول شماره ۵- محاسبه امتیاز نهایی و رتبه‌بندی محلات شهر سلماس

محله	رتبه	Score	Landa	q2	q1	WPM	WSM
محله ۱	۱۲	۰/۰۱۸۶	۰/۰۰۷۵۴	۰	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۱۷۷۴	۰/۱۳۱۵۷
محله ۲	۹	۰/۰۷۶۷	۰/۰۴۰۸۳	۰	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۶۹۴۵	۰/۲۴۷۱۴
محله ۳	۱۰	۰/۰۶۴۱	۰/۰۱۸۱۳	۰	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۵۹۵۴	۰/۳۰۹۰۳
محله ۴	۷	۰/۱۴۱۴	۰/۰۷۸۶۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۲	۰/۱۲۵۰۳	۰/۳۳۳۵۸
محله ۵	۱۱	۰/۰۴۹۹	۰/۰۱۴۷۴	۰	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۴۶۶۷	۰/۲۶۲۶۵
محله ۶	۵	۰/۲۵۳۸	۰/۱۶۹۵۹	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۶	۰/۲۲۱۱۷	۰/۴۱۳۷۴
محله ۷	۴	۰/۲۶۰۰	۰/۱۸۰۳۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۵	۰/۲۲۵۷۸	۰/۴۱۵۴۰
محله ۸	۲	۰/۳۴۸۰	۰/۲۰۶۴۶	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲۴	۰/۳۰۹۷۳	۰/۴۹۵۱۱
محله ۹	۳	۰/۲۸۶۳	۰/۱۵۲۶۰	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۲۳	۰/۲۵۱۰۸	۰/۴۸۱۸۱
محله ۱۰	۱۳	۰/۰۰۹۱	۰/۰۰۰۷۹	۰	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۸۹۱	۰/۲۲۷۹۸
محله ۱۱	۸	۰/۱۳۵۴	۰/۱۰۷۷۹	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۸	۰/۱۱۷۴۷	۰/۲۸۳۹۱
محله ۱۲	۶	۰/۱۹۶۸	۰/۰۹۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲۰	۰/۱۷۲۷۰	۰/۴۴۰۵۵
محله ۱۳	۱	۰/۴۴۸۶	۰/۲۱۹۹۰	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۳۸	۰/۴۰۲۷۷	۰/۶۱۱۱۰



تصویر شماره ۵- نقشه رتبه‌بندی محلات شهر سلماس بر اساس آسیب‌پذیری در برابر زلزله مبتنی بر روش WASPAS

۶- نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به روند روبه فزاینده شهرنشینی و رشد تصاعدی ریسک‌پذیری شهر و شهروندان در ارتباط با سوانح و از جمله زلزله، ضرورت اهتمام به مسئله ایمنی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم و تعیین‌کننده یک شهر ایمن بیش‌ازپیش احساس می‌شود و این چالش نظریه‌پردازان را به‌سوی رعایت اصول پدافند غیرعامل و نیز مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر سوق داده است. بر همین اساس این پژوهش با هدف تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محلات شهر سلماس در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل انجام‌شده است. برای رسیدن به هدف ۱۲ شاخص از بین عوامل تأثیرگذار انتخاب شده و پس از تشکیل پایگاه داده در نرم‌افزار GIS و استانداردسازی شاخص‌ها بر اساس توابع فازی نسبت به هم‌پوشانی شاخص‌ها اقدام شده است.

در گام بعد برای اینکه بتوان آسیب‌پذیری محلات شهری را مدل‌سازی کرد از مدل WASPAS استفاده شده و نتایج حاصل از واردسازی داده‌های محلات ۱۳ گانه در نرم‌افزار MATLAB مورد تحلیل قرارگرفته است. نتایج بیانگر آن بوده که کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به محله ۱۰ و بیش‌ترین میزان آسیب‌پذیری به محله ۱۳ متعلق بوده است. به‌طورکلی میزان آسیب‌پذیری در بخش‌های مرکزی، جنوبی شهر بیش‌تر است به‌طوری‌که هرچقدر از سمت جنوب شهر به سمت بخش‌های شمالی حرکت می‌کنیم از میزان آسیب‌پذیری کاسته می‌شود.

۷- منابع

۱- صفائی‌پور، مسعود؛ پیوند، ندا (۱۳۹۸). اولویت‌بندی مؤلفه‌های ایمن‌سازی بافت فرسوده شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی: بافت فرسوده منطقه یک کلان‌شهر اهواز). چشم‌انداز زاگرس، دوره ۱۱، شماره ۴۲، صص ۱۲۱-۱۴۵.

۲- محمدی، حامد؛ حسینی، بهشید (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری ریخت‌های شهری در برابر حملات هوایی با رویکرد پدافند غیرعامل بررسی موردی: منطقه ۶ شهر تهران. نامه معماری و شهرسازی، دوره ۱۱، شماره ۲۱، صص ۵۹-۷۶.

3. Van den Berg, L. (2007). The Safe City: Safety and Urban Development in European Cities, Ashgate Publishing Company.
۴- رشیدکلویر، حجت اله (۱۳۹۹). ارزیابی الزامات پدافند غیرعامل در راستای برنامه‌ریزی مدیریت بحران در حوزه مدیریت شهری اردبیل. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱۱، شماره ۴۳، صص ۲۰۹-۲۲۲.
۵- شماعی، علی؛ دانشور، عاطفه؛ روان‌بخش، احمد؛ افسر، مجید (۱۳۹۹). تحلیل آسیب‌پذیری بافت‌های قدیمی شهر کاشان در برابر زلزله. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۵۲، شماره ۱، صص ۱۱۱-۱۳۰.
۶- ریاحی‌پور، مجید؛ کلانتری، محسن؛ پرهیز، پریا (۱۴۰۰). بررسی سیستم تأسیسات آب شرب از دیدگاه پدافند غیرعامل در شهر یاسوج. آمایش جغرافیایی فضا، سال ۱۱، شماره ۳۹، صص ۱۸۳-۱۹۸.
۷- محمدیان، محمود؛ حسینی، علی؛ حاجی‌آقائی، منیره (۱۳۹۷). تحلیلی بر نقش پدافند غیرعامل در کلان‌شهر تبریز با رویکرد مدیریت بحران. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۹، شماره ۳۵، صص ۶۹-۸۲.
۸- کرمی، فریبا؛ قنبری، ابوالفضل؛ حسن‌دوست، داود (۱۳۹۹). مکان‌یابی سایت‌های حیاتی و حساس در شهرستان بجنورد با رویکرد پدافند غیرعامل. جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۴، شماره ۷۳، صص ۲۵۷-۲۷۵.
9. Erdik, M. (2008). Earthquake Vulnerability of Buildings and a Mitigation Strategy: Case of Istanbul, The 14 th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
۱۰- خضرلو، آرام (۱۴۰۰). طراحی پناهگاه‌ها و مکان‌های امن در شهرها بر اساس اصول پدافند غیرعامل. دومین همایش سراسری سازه‌های مقاوم در برابر ضربه و انفجار، دانشگاه بناب، صص ۱-۶.
۱۱- مبارکی، امید؛ اسمعیل‌پور، مرضیه؛ امینی، شیرین (۱۳۹۸). ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهر آذرشهر در برابر زلزله. شهر ایمن، دوره ۲، شماره ۷، صص ۱-۱۲.
۱۲- خداداد، مهدی؛ سارلی، رضا؛ ربیعی، حسین (۱۳۹۸). واکاوی آسیب‌پذیری ساختار شهری از منظر پدافندی در زمان جنگ با تأکید بر عامل فاصله (موردمطالعه: شهر بندر ترکمن). پدافند غیرعامل، سال ۱۰، شماره ۱ (پیاپی ۳۷)، صص ۵۹-۷۲.
۱۳- عبداله‌زاده فرد، علیرضا (۱۳۹۹). جستاری بر نقش و جایگاه امنیت شهری در پدافند غیرعامل (مورد: شهر شیراز). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱۱، شماره ۴۰، صص ۱۸۹-۲۰۰.
۱۴- دلشاد، مهدیه؛ طبیبیان، منوچهر؛ حبیبی، محسن (۱۴۰۰). واکاوی مفهوم تاب‌آوری فضایی- کالبدی در برابر زلزله، معرفی و اولویت‌بندی مهم‌ترین معیارهای آن با استفاده از مدل Fuzzy-AHP مورد مطالعاتی: بافت مرکزی شهر رشت. معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، شماره ۳۶، صص ۲۰۴-۲۲۳.
۱۵- آزادی، نیلوفر؛ میرحسینی، محمدعلی؛ ترک‌فر، احمد (۱۳۹۸). طراحی مجتمع صنفی ورزشی با رویکرد پدافند غیرعامل جهت تأمین پناهگاه در زمان زلزله در استان کرمان. جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، سال ۱۰، شماره ۱، صص ۱-۲۲.
16. Peng, Y. (2012). Regional Earthquake Vulnerability Assessment Using a Combination of MCDM Methods. Ann Oper Res, 234, 95-110.
17. Wei, B., Nie, G., Su, G., Sun, L., Bai, X., & Qi, W. (2017). Risk Assessment of People Trapped in Earthquake based on KM Grid: a Case Study of the 2014 Ludian Earthquake, China, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8 (2), 1289-1305.
۱۸- بکرائی، هما؛ آزموده، مریم (۱۳۹۹). بازخوانی عناصر طراحی منظر شهری با رویکرد پدافند غیرعامل. شهر تاب‌آور، سال ۲، شماره ۲، صص ۱۷-۲۸.
19. Hartel, D. (2007). A Mathematical Model for Passive Defense by GIS in New York City, Journal of Urban Planning and Development, 33, 71-87.
۲۰- مختاری، رضا؛ سقایی، محسن؛ گنخکی، عقیل (۱۳۹۹). ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری نقاط حساس شهری بر اساس اصول پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: بندر دیّر). جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، سال ۱۰، شماره ۲، صص ۸۴۱-۸۵۶.
۲۱- خدادادی، فاطمه؛ انتظاری، مژگان؛ ساسان‌پور، فرزانه (۱۳۹۹). تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش) ELECTRE FUZZYمطالعه موردی: کلان‌شهر کرج). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۰، شماره ۵۶، صص ۹۳-۱۱۳.
۲۲- نظم‌فر، حسین، علوی، سعیده (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر شدت‌های مختلف زلزله مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران. اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۷، شماره ۱۰۸، صص ۱۶۵-۱۸۱.
۲۳- ابراهیم‌زاده، عیسی؛ کاشفی، دیمن؛ حسینی، احمد (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب‌پذیری محله‌های شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر پیرانشهر). برنامه‌ریزی فضایی، سال ۵، شماره ۱، صص ۱-۲۶.

۲۴- رحمانی، اسماعیل؛ نمازی، عبدالرشید؛ پیروزاده، سلیمان (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری کالبد شهر در برابر زلزله با استفاده از تحلیل شبکه فازی FANP مطالعه موردی: شهر راسک. چشم‌انداز زاگرس، دوره ۱۰، شماره ۳۸، صص ۱۴۵-۱۶۷.
۲۵- هاشمی، مهدی؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ ملک، محمدرضا (۱۳۹۳). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله به کمک GIS) مطالعه موردی: شهر تهران). علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۶، شماره ۹۳، صص ۳۰۵-۳۱۴.
26. Alexander, D. (2007). Disaster Management: From Theory to Implementation, Journal of Seismology and Earthquake Engineering, 9 (1), 49-59.
27. Ke, Y.J., Wang, S.Q., Chan, A.P.C., & Lam, P.T.I. (2010). Preferred Risk Allocation in China's Public- Private Partnership (PPP) Projects, International Journal of Project Management, 28 (5), 482-492.
28. White, R., Boult, T., & Chow, E. (2014). A Computational Asset Vulnerability Model for the Strategic Protection of the Critical Infrastructure, International Journal of Critical Infrastructure Protection, 7(3), 167-177.
29. Rodenas, J. L., García-Ayllón, S., & Tomás, A. (2018). Estimation of the Buildings Seismic Vulnerability: A Methodological Proposal for Planning Ante- Earthquake Scenarios in Urban Areas, Applied Sciences, 1208 (8), 2-17.
30. Tamari, Y., Suzuki, Y., Nakagama, Y., & Otsuka, Y. (2019). An Example of Three Dimensional Ground Model Development for Earthquake Response Analysis by Using a Simple Ground Modeling System, Japanese Geotechnical Society Special Publication, 6 (2), 45-52.
۳۱- علیپور، عباس؛ عطاییان، امیرعباس (۱۳۹۸). اصول و چارچوب‌های طراحی شهرک‌های مرزی با رویکرد آمایش دفاعی امنیتی و پدافند غیرعامل. جغرافیای نظامی و امنیتی، سال ۲، شماره ۵، صص ۹۲-۱۰۶.
۳۲- صفری، مهدی؛ عبدالملکی، علی (۱۴۰۰). پهنه‌بندی حریم امن زیرساخت شهرهای پشتیبان جنگ از منظر پدافند غیرعامل مطالعه موردی شهر بروجرد. پدافند غیرعامل، دوره ۱۲، شماره ۳، صص ۸۷-۱۰۰.
۳۳- رحمتی‌نیا، وحید؛ مختاری، داود (۱۴۰۰). مکان‌گزینی مراکز دفاعی از منظر پدافند غیرعامل در مناطق شمال غرب کشور با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. پدافند غیرعامل، سال ۱۲، شماره ۱ (پیاپی ۴۵)، صص ۶۵-۸۰.
۳۴- کریمی، رضا؛ قربانی، رسول (۱۴۰۱). سنجش و مدل‌سازی فضایی آسیب‌پذیری شهر ارومیه در برابر آتش‌سوزی با تأکید بر پدافند غیرعامل. برنامه‌ریزی شهری و توسعه منطقه‌ای، دوره ۱، شماره ۱، صص ۵۵-۷۲.
35. Alam, M. S. & Haque, S. M. (2022). Multi-Dimensional Earthquake Vulnerability Assessment of Residential Neighborhoods of Mymensingh City, Bangladesh: A Spatial Multi- Criteria Analysis based Approach, Journal of Urban Management, 11(1), 37-58.
۳۶- دیانی، لیلا؛ پورطاهری، مهدی؛ رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ احمدی، حسن (۱۳۹۹). ارزیابی بافت‌های فرسوده مناطق روستایی با تأکید بر سازه‌های فرم روستایی (مطالعه موردی: پیرامون کلان‌شهر تهران). فضای جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۶۹، صص ۱۳۱-۱۵۰.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License