Geographical Engineering of Territory
P-ISSN: 2538-1490
E-ISSN: 2538-3922
www.jget.ir

Vol. 9 Issue 3 (No. 25), Autumn 2025, Pp. 1-16
DOI: 10.22034/jget.2024.444226.1545

Research Article

Evaluating the Seismic Vulnerability of Important and Vital Buildings in Urban Spaces: A Case Study of Khorramabad City

Maryam Biranvandzadeh[1], Mostafa Fallahi Khoshhi [2] Siamak Sharfi [3] & Amir Hosseinian Rad [4*]

[1.] Ph.D. in Geography and Urban Planning, and Researcher of Lorestan Academic Jihad, Khorramabad, Iran.
[2.] PhD in Climatology, Lorestan Academic Jihad Researcher, Khorramabad, Iran.
[3.] Associate Professor, Department of Geography, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
[4.] Assistant Professor, Department of Geography, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
* Corresponding Author, hoseinianrad.a@lu.ac.ir

Receive Date: 16 February 2024
Accept Date: 25 July 2024

ABSTRACT

Introduction: Earthquakes, potent harbingers of devastation, cast a long shadow over urban landscapes. Beyond the immediate threat of building collapse and human casualties, their impact often ripples through the intricate texture of city life, disrupting critical infrastructure and hindering post-disaster recovery. In this perilous scenario, ensuring the resilience of "important and vital buildings" becomes paramount. One of the fundamental steps in mitigating earthquake risk is to determine the vulnerability of existing buildings and identify their weaknesses against earthquakes.

Objectives: This research uses an exploratory method to evaluate seismic vulnerability and provide a crisis management model for critical, sensitive, and vital buildings in Khorramabad.

Methodology: The research utilizes a researcher-made checklist, 1:25000 geological maps, a 10-meter resolution digital elevation model (DEM), and 1:2000 scale urban land use maps. First, the criteria affecting the vulnerability of the studied buildings were extracted from the mentioned resources and maps. Then, by visiting the case study areas, the designed checklist was completed, and the data was analyzed in Arc GIS software using fuzzy logic. The vulnerability of the studied spaces was determined based on the extracted indicators.

Geographical Context: The research's geographical scope includes 50 important and vital buildings in Khorramabad, the center of Lorestan province, such as hospitals, fire stations, shelters, fuel distribution centers, food warehouses, political, administrative, and religious activities centers, and urban facilities centers.

Results and Discussion: The results showed that 22% of the studied buildings are in the very low vulnerability class, 38% have moderate vulnerability, 34% have high vulnerability, and 6% are in the very high vulnerability class.

Conclusion: The most important factors affecting the vulnerability of the studied spaces include the distance from the fault, hazardous facilities, structural system, age of structures, and plan shape.

KEYWORDS: Seismic Vulnerability, Earthquake, Crisis Management, Khorramabad City.

مهندسی جغرافیایی سرزمین
شاپای چاپی ۱۴۹۰- ۲۵۳۸
شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲- ۲۵۳۸
www.jget.ir

دوره ۹، شماره ۳ (پیاپی ۲۵)، پاییز ۱۴۰۴، صص. ۱-۱۶
DOI: 10.22034/jget.2024.444226.1545

مقاله پژوهشی

ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های مهم و حیاتی در فضاهای شهری(مطالعه موردی: شهر خرم‌آباد)

مریم بیرانوندزاده [۱]، مصطفی فلاحی‌خوشحی [۲]، سیامک شرفی [۳]، امیر حسینیان‌راد [۴*]

۱. دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، و پژوهشگر جهاد دانشگاهی لرستان، خرم آباد، ایران.
۲. دکتری اقلیم شناسی، پژوهشگر جهاد دانشگاهی لرستان، خرم آباد، ایران.
۳. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۴. استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
* نویسنده مسئول، Email: hoseinianrad.a@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۷ بهمن ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۰۴ مرداد ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: زمین لرزه‌ها که منادی قوی ویرانی هستند، سایه‌ای طولانی بر فضاهای شهری می‌افکند. فراتر از تهدید فوری فروریختن ساختمان و تلفات انسانی، تأثیر آنها اغلب در بافت پیچیده زندگی شهری موج می‌زند، زیرساخت‌های حیاتی را مختل می‌کند و مانع از بازیابی پس از فاجعه می‌شود. در این سناریوی خطرناک، اطمینان از انعطاف‌پذیری ساختمان‌های مهم و حیاتی در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. یکی از گام‌های اساسی در کاهش خطر زلزله، تعیین میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود و شناخت نقاط ضعف آنها در برابر زلزله می‌باشد.

هدف: پژوهش حاضر با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و ارائه مدل مدیریت بحران جهت ساختمان‌های مهم، حساس و حیاتی شهر خرم آباد با روش اکتشافی تدوین شده است.

روش‌شناسی: ابزار مورد استفاده شامل تهیه چک لیست محقق‌ساخته و استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۱۰ متر و نقشه کاربری اراضی شهری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ می‌باشند. ابتدا معیارهای اثرگذار بر آسیب پذیری ساختمان های مورد مطالعه از منابع و نقشه‌های ذکر شده استخراج شد. سپس با حضور در فضاهای مورد مطالعه، چک لیست طراحی شده، تکمیل و در ادامه داده‌ها در محیط نرم افزار Arc GIS با استفاده از منطق فازی مورد تحلیل قرار گرفتند و میزان آسیب‌پذیری فضاهای مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های استخراج شده مشخص گردید.

قلمرو جغرافیایی: قلمرو جغرافیایی تحقیق شامل ۵۰ ساختمان مهم و حیاتی شهر خرم‌آباد در مرکز استان لرستان مانند بیمارستان‌ها، مراکز آتش نشانی، پناهگاه‌ها، مراکز توزیع سوخت، انبارهای مواد غذایی، مراکز فعالیت‌های سیاسی، اداری، مذهبی، مراکز تاسیسات شهری می‌باشد.

یافته‌ها و بحث: نتایج نشان داد که ۲۲ درصد ساختمان‌های مورد مطالعه، در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۸ درصد ساختمان‌ها آسیب‌پذیری متوسط، ۳۴ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۶ درصد در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار دارند.

نتیجه‌گیری: مهمترین شاخص‌های اثر گذار بر میزان آسیب‌پذیری فضاهای مورد مطالعه شامل معیار فاصله از گسل، فاصله از تأسیسات خطرزا، سامانه سازه‌ای، عمر سازه‌ها و شکل سازه پلان می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: آسیب‌پذیری لرزه‌ای، زلزله، مدیریت بحران، شهر خرم آباد.

مقدمه

مخاطرات بخش اجتناب‌ناپذیر زندگی به شمار می‌روند(اسمیت، ۱۳۹۰: ۱۱) و این پدیده اساساً اثراتی نسبی بر روی سیستم‌های انسانی و طبیعی اعمال می‌کند. به این مفهوم که درجه‌ی آسیب‌پذیری کشورها و واکنش انسان‌ها نسبت به مخاطرات محیطی از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر تفاوت دارد(جوان و همکاران، ۱۴۰۴: ۴۴). اصولاً هدف از کاهش خطر می تواند تلاش بیشتر به‌منظور ایجاد روندی پایدار در کاهش یافتن یا حذف نمودن دوره‌های بلند مدت مخاطرات بر روی سیستم‌های انسانی و نیز رسیدن به توانایی بیشتر برای پیشگیری معقولانه مخاطرات باشد. اساساً مخاطرات به‌صورت تهدیدی چه به‌صورت مکرر و چه کمیاب در مقیاسی وسیع ناشی از تغییرات محیطی جهانی می‌باشد(کرمی، ۱۳۹۴: ۳۴). مخاطرات طبیعی، پیشامدهای ناگهانی یا تدریجی با خاستگاه طبیعی یا انسانی به شمار می‌روند که متاثر از آن، سلامت و امنیت گستره زیست و اسکان بشر با خطر مواجه می شود(برقی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۴۸؛ صادقی و جوان، ۱۴۰۴: ۱۵۴). شهرها سیستم‌های پیچیده و وابسته به هم هستند که به دلیل تمرکز جمعیت، ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در برابر مخاطرات طبیعی بسیار آسیب‌پذیر هستند(گودزچالک، ۲۰۰۳: ۱۳۶؛ مونتویا و ماسر، ۲۰۰۵: ۴۹۳). هنگام برنامه‌ریزی محیط‌های شهری معمولا فقط پارامترهای اقتصادی و اجتماعی در نظر گرفته می‌شوند. در نتیجه شهرها در مکان های مستعد رخداد مخاطرات طبیعی احداث و خسارات زیادی در آنها در نتیجه این مخاطرات به وجود می آید(باترلُس و همکاران، ۲۰۱۲: ۵۳۷؛ صادقی و جوان، ۱۴۰۳: ۸۶). افزایش جمعیت و رشد سریع شهرنشینی همراه با دخالت های نسنجیده انسانی در محیط‌های طبیعی از جمله ساخت وسازهای بی قاعده انسان در حریم گسل‌ها، بی توجهی به ضوابط و رعایت استانداردهای ساخت و ساز و عوامل دیگر سبب شده است تا تهدید بحران‌های ناشی از مخاطرات طبیعی به ویژه زلزله تشدید شود و بر اثر وقوع آن بحران یا فاجعه انسانی پیش آید(ناطق الهی، ۱۳۷۹). کاهش آسیب‌پذیری جوامع شهری در برابر زلزله زمانی به وقوع خواهد پیوست که ایمنی در برابر زلزله در تمامی سطوح برنامه‌ریزی مد نظر قرار گیرد که در میان تمامی سطوح میانی برنامه‌ریزی کالبدی یعنی شهرسازی یکی از کارآمدترین سطوح برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله می‌باشد(حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۹). ایران در ردیف ۱۰ کشور بلاخیز دنیا قرار دارد و زلزله مسبب بیشترین تلفات انسانی آن می‌باشد(آوازه و جعفری، ۱۳۸۵: ۲)، زیرا به طور متوسط هر ۴/۲ سال یک زلزله با بزرگی ۵/۶ ریشتر یا بزرگتر رخ می دهد. براساس گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۲ میلادی، ایران در میان کشورهای جهان رتبه نخست را از نظر تعداد زلزله‌های با شده ۵/۵ ریشتر در سال به خود اختصاص داده است(شریف زادگان و فتحی، ۱۳۸۷: ۱۰۹). در ایران بیشتر ساختمان‌های کوتاه از نوع ساختمان‌های بنای غیرمسلح هستند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که ساختمان‌های بنا شده به دلیل ضعف مصالح، شکل‌پذیری کم و عدم وجود انسجام و یکپارچگی کافی بین عناصر تشکیل دهنده آن، در برابر زمین لرزه‌ها آسیب‌پذیر هستند و بیشتر تلفات جانی و مالی در هنگام وقوع زلزله‌ها، از گسیختگی و انهدام این ساختمان‌ها ناشی می‌شود(خلیل‌زاده وحیدی، ۱۳۸۶). یکی از موثرترین روش‌ها برای کاستن صدمات و تلفات ناشی از زمین لرزه‌ها به ویژه در محیط‌های شهری، ساختن ساختمان‌هایی است که در برابر زلزله مقاومت کافی داشته باشند. هم چنین مکان یابی مناسب سکونتگاه‌ها و توسعه منطقی و اصولی شهرها، نقش اساسی در کاهش آسیب‌پذیری و خسارات ناشی از زلزله ایفا می‌کند(ناطقی، ۲۰۰۰: ۲۰۵). اما با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از محیط‌های شهری و ساختمان‌های مهم در شهرها، در چند دهۀ گذشته و یا حتی در زمان حاضر بدون توجه به مخاطرات محیطی از جمله زلزله ساخته شده‌اند و جابجایی و تغییر مکان آنها یا امکان‌پذیر نیست و یا نیاز به صرف هزینه‌های هنگفت دارد، بنابراین می‌توان به بررسی و ارزیابی آسیب‌پذیری آنها پرداخت. اما با این وجود به دلیل پیچیدگی و فراوانی پارامترهای موثر در مورد ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها، دانش کافی و یا به عبارتی مدل‌ها و روش‌های ارزیابی جامع وجود ندارد(بهادری و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۱۸). ارزیابی ریسک لرزه‌ای ساختمان‌ها شامل تجزیه و تحلیل سطح خطر زلزله منطقه، آسیب‌پذیری ساختمان و در معرض قرار گرفتن آن است(ویسنته و همکاران، ۲۰۱۴: ۳۰۷) که در بیشتر مطالعات این موارد به صورت جامع مورد بررسی قرار نمی‌گیرند.

تحلیل وضعیت لرزه خیزی شهر خرم آباد در مرکز استان لرستان به عنوان منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که در نقشه لرزه‌خیزی ایران، این شهر در پهنه با خطر بالا قرار گرفته است. هم چنین نتایج تحقیق زهرا و همکاران(۱۳۹۰) بیانگر این است که گسل زاگرس مرتفع می‌تواند بیشترین تاثیر را بر روی شهر خرم آباد داشته باشد. از ۹ زلزله ای که در ۴۵ سال اخیر در شعاع ۱۰ و ۲۰ کیلومتری شهر خرم آباد رخ داده است، ۸ زلزله آن در روی خط گسل جنوب خرم‌آباد(گسل پنهان) و یا بسیار نزدیک به آن اتفاق افتاده و تنها یک مورد در فاصله زیاد از این گسل اتفاق افتاده است. از طرفی وجود باقت های فرسوده وسیع و ساختمان های مهم شهری بنا شده در داخل و یا خارج از این بافت ها مربوط به چندین دهه گذشته که اصول پایداری لرزه ای در آنها لحاظ نشده است، می طلبد که این این ساختمانها از نظر آسیب‌پذیری لرزه‌ای بررسی شوند. بنابراین در این پژوهش، ضرورت مطالعه و بررسی این موضوع یعنی بررسی و ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان های حساس و حیاتی موجود در شهر خرم‌آباد، به منظور کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی صورت گرفته است. زیرا وقوع زمین لرزه، ایمنی سکونت گاه ها، تاسیسات حیاتی، مراکز امداد رسانی و... را به مخاطره می اندازد. پس راهبرد کاهش آسیب پذیری فضاهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی در برابر زلزله ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است و بی توجهی به آن بحران‌ها و فجایع انسانی را به دنبال دارد. بنابراین در تحقیق حاضر هدف آن است تا آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های مهم در شهر خرم‌آباد بررسی شده و راهکارهایی در راستای بالا بردن کیفیت و مقاوم سازی آنها در صورت وقوع زمین لرزه ارائه گردد. هم چنین به سوال" چگونه می-توان میزان آسیب‌پذیری ساختمان های مهم و حیاتی شهر خرم آباد را بر اساس شاخص‌های مستخرج شده، مورد ارزیابی قرار داد" پاسخ داده شود.

این مقاله به وظیفه حیاتی ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای چنین ساختمان‌های حیاتی در فضاهای شهری می‌پردازد. ما فراتر از شناسایی ساختارهای حساس حرکت می کنیم تا چارچوبی جامع برای ارزیابی آسیب پذیری آنها ایجاد کنیم. این چارچوب شامل تعریف معیارهای روشن برای "اهمیت" و "سرزندگی"، جمع آوری و تجزیه و تحلیل دقیق داده ها، و انتخاب عاقلانه روش های ارزیابی آسیب پذیری است. با اولویت‌بندی ساختمان‌های آسیب‌پذیر بر اساس ریسک لرزه‌ای و بحرانی بودن آن‌ها، هدف ما ارائه بینش‌های عملی برای استراتژی‌های کاهش هدفمند و مقاوم‌سازی است. هدف نهایی ما کمک به آینده ای است که در آن فضاهای شهری خرم آباد بتوانند با انعطاف پذیری بیشتر در برابر حوادث لرزه ای مقاومت کنند.

ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های حیاتی در فضاهای شهری مستلزم بکارگیری یک چارچوب نظری چندوجهی است که بر مفاهیمی از رشته‌های مختلف تکیه می‌کند. در اینجا، نظریه های کلیدی شکل دهنده این تحلیل را به صورت مختصر مرور می کنیم:

نخستین دیدگاه به آسیب پذیری لرزه ای و عملکرد[1]مربوط می شود که شامل مهندسی زلزله[2]و طراحی لرزه ای مبتنی بر عملکرد[3]می شود. مهندسی زلزله به اصول تحلیل و دینامیک سازه به درک چگونگی واکنش ساختمان‌ها به نیروهای لرزه‌ای، شناسایی نقاط ضعف بالقوه و پیش‌بینی سطوح آسیب کمک می‌کند. (چوپرا، ۲۰۰۰) و چارچوب طراحی لرزه ای مبتنی بر عملکرد با تعریف سطوح عملکرد مطلوب ساختمان برای سناریوهای زلزله خاص، و تطبیق ارزیابی آسیب پذیری بر اساس بحرانی سازه ها، فراتر از کدهای تجویزی حرکت می کند. (FEMA P-۴۴۱، ۲۰۱۶). دومین نظریه کلیدی به سیستم های شهری و ملاحظات فضایی[4]شامل جغرافیای شهری و تحلیل فضایی[5] و تئوری سیستم‌های پیچیده[6]مربوط می شود. جغرافیای شهری و تحلیل فضایی، با اذعان به پیوستگی ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در بافت شهری، به ما اجازه می‌دهد تا شکست‌های آبشاری و الگوهای فضایی آسیب‌پذیری در سراسر شهر

[1] Seismic Vulnerability and Performance
[2] Earthquake Engineering
[3] Performance-Based Seismic Design (PBSD(
[4] Urban Systems and Spatial Considerations
[5] Urban Geography and Spatial Analysis
[6] Complex Systems Theory

را در نظر بگیریم. (جا و همکاران، ۲۰۱۳) تئوری سیستم‌های پیچیده شامل تعاملات پیچیده بین ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و شبکه‌های اجتماعی نیازمند تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری فراتر از ساختارهای فردی است، و درک اینکه چگونه اختلالات در یک منطقه می‌تواند بر مناطق دیگر تأثیر می‌گذارند. (لوین، ۲۰۱۱) سومین دیدگاه و نظریه مربوط به تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی[1]می شود که شامل تصمیم گیری چند معیاره[2]و تجزیه و تحلیل هزینه-فایده اجتماعی می باشد. چارچوب تصمیم گیری چند معیاره به اولویت بندی مداخلات در هنگام برخورد با عوامل آسیب پذیری متعدد و اهداف رقیب کمک می کند، نه تنها جنبه های فنی بلکه ارزش های اجتماعی و امکان سنجی اقتصادی را نیز در نظر می گیرد. (کالاماراس و همکاران، ۲۰۱۸) و دیدگاه تجزیه و تحلیل هزینه-فایده اجتماعی[3]با کسب درآمد از خسارات احتمالی زلزله و مقایسه آنها با هزینه های کاهش، به اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها بر اساس تأثیر کلی اجتماعی-اقتصادی آنها کمک می کند. (رز، ۲۰۰۴). چهارمین دیدگاه تاب آوری و پایداری[4]است. این دیدگاه شامل کاهش خطر بلایا[5]و توسعه پایدار[6]می‌باشد. چارچوب کاهش خطر بلایا یک رویکرد فعال را اتخاذ می‌کند و بر اهمیت ارزیابی آسیب‌پذیری و استراتژی‌های کاهش برای ایجاد انعطاف‌پذیری و به حداقل رساندن اختلالات پس از زلزله تأکید می‌کند. (استراتژی بین المللی کاهش سوانح سازمان ملل متحد[7] ۲۰۰۴) و دیدگاه توسعه پایدار با تشخیص پیوند بین یکپارچگی محیطی و آمادگی در برابر بلایا، تشویق می‌کند تا ملاحظات پایداری بلندمدت را در ارزیابی آسیب‌پذیری و استراتژی‌های کاهش ایجاد کند. (کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه[8] ۱۹۸۷).

پیشینه تحقیقتلفات جانی و مالی ناشی از رخداد زلزله ها در محیط های شهری که هر ساله چند شهر در جهان را متاثر می سازد، باعث شده در بین مخاطرات طبیعی زلزله بیشتر مورد تحقیق و پژوهش قرار گیرد که در زیر چند مورد از تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور در زمینه تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفته اند.

درخشان(۱۳۸۷) در پژوهشی با هدف ایجاد و توسعه یک روش کلی برای ایجاد سناریوهای آسیب پذیری ابنیه در برابر زلزله که مشخصه های سیمای شهری شهرهای ایران را داشته باشد، به ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های مسکونی شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته است. عزیزی و همافر(۱۳۹۱) آسیب پذیری لرزه‌ای معابر شهری محله کارمندان شهر کرج را مطالعه نموده اند. براساس نتایج تحلیل سلسله مراتبی، از میان ۱۰ معیار آسیب پذیری معیارهای جمعیت مرتبط با معبر، موقعیت و ویژگی های زیرساخت‌های شهری و شیب معبر بیشترین و معیارهای دسترسی و کیفیت کف معبر از کمترین اهمیت در تعین سطح آسیب پذیری معبر برخوردارند. کامل باسمنج و همکاران (۱۳۹۱) بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه یک شهر تبریز را با استفاده از مدل ارزیابی چند متغیره فضایی[9]مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که بخش های شمالی و شرقی منطقه یک به عنوان محدوده های بحرانی از نظر میزان آسیب پذیر بودن در برابر زلزله احتمالی شناخته شده اند. نزدیکی به گسل، افزایش شیب زمین، فرسودگی بافت ساختمان ها و عدم دسترسی مناسب به شبکه معابر شهری به ترتیب از عوامل مهم افزایش آسیب های ناشی از زلزله در این منطقه است. قائد رحمتی و همکاران(۱۳۹۲) به تحلیل میزان ریسک پذیری سکونت گاههای شهری استان لرستان از دیدگاه خطر زلزله پرداخته و نتیجه گرفتند که مناطق مسکونی در حریم گسل ها قرار گرفته و در معرض خطر و آسیب پذیری بالا قرار دارند. حسینی و همکاران(۱۳۹۳) آسیب پذیری لرزه ای و شبیه سازی آن در مدیریت بحران در ناحیه ۱۳ شهر کرمان را با استفاده از تحلیل های مکانی و کارمانیا خطر بررسی نموده اند. بررسی گزارش ها و نقشه های آسیب پذیری سناریوی زلزله ۶/۳ ریشتری گسل کوهبنان در نرم افزار کارمانیا

[1] Decision-Making and Prioritization
[2] Multi-Criteria Decision Making (MCDM(
[3] Social Cost-Benefit Analysis (SCBA(
[4] Resilience and Sustainability
[5] Disaster Risk Reduction (DRR(
[6] Sustainable Developmen
[7] UNISDR
[8] World Commission on Environment and Development
[9] SMCE

خطر، به غیر از ۷ بیمارستان، بقیه مراکز واکنش اضطراری غیر قابل استفاده خواهند شد و همچنین، با توجه به جمعیت بیش از ۲۸ هزار نفر ساکن در ناحیه، فضای باز کافی برای اسکان اضطراری و موقت و برپایی مراکز امدادی وجود ندارد. احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۹۴) ارزیابی آسیب پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران منطقه یک شهر تبریز را بررسی نموده و نتیجه گرفتند که آسیب‌پذیری شبکه معابر محدوده‌ی مورد مطالعه (جز در محلات نوساز)، بیشتر از حد متوسط، و عمدتاً زیاد و خیلی زیاد است. آسیب‌پذیری شبکه معابر در محلات اسکان غیررسمی بیشتر به چشم می‌خورد که در برنامه‌ریزی‌ها باید در اولویت قرار بگیرند. عباسی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی مخاطرات ژئومورفیک تهدید کننده سکونت گاه های شهری استان لرستان، به این نتیجه رسیدند که شهرهای غرب استان لرستان در معرض خطر سیلاب و شهرهای شرق استان در معرض زلزله قرار دارند.

باربات و همکاران(۲۰۰۴) آسیب پذیری لرزه ای و روش های ارزیابی ریسک برای مناطق شهری (مروری بر کاربردها در شهر بارسلونا اسپانیا) را با یک رویکرد جامع نگر مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که بیشتر ساختمان های این شهر آسیب پذیری بالایی در برابر زلزله دارند. ال حمومی و همکاران (۲۰۰۹) ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانهای شهری در مراکش را مطالعه نموده اند. آنها با استفاده انواع مختلف مسکن و ساختار آنها و اطلاعات آسیب زلزله های گذشته، ساختمانها را به ۴ کلاس از A تا D تقسیم کردند. سپس روش نیمه تجربی را برای محاسبه شاخص آسیب پذیری ساختمان استفاده نموده و نتیجه گرفتند که عواقب برای کلاس A فاجعه آمیز و تاثیر بسیار کمی بر ساختمان های کلاس D خواهد داشت.

رفعت سعادت و همکاران(۲۰۱۰) ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای شهر داکا را با روش نمایش سریع بصری (R.V.S) و روش ترکیه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که که اکثر ساختمان های مناطق هدف بدون توسعه سیستم مناسب پیشگیری از حوادث در برابر زمین لرزه های احتمالی ساخته شده اند. هم چنین برای تجزیه و تحلیل بیشتر ساختمان ها، از روش ترکی و نرم افزارETABS استفاده شود. دولس و همکاران(۲۰۱۲) یک روش چند منظوره برای ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای مناطق شهری را در منطق شهری ایتالیا در ۳ سطح مورد تجزیه و تحلیل قرار داه اند. رِدل و همکاران(۲۰۱۵) ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای در محیط های شهری با خطر متوسط تا کم در فرانسه را با روش های یادگیری ماشین و قوانین وابستگی مطالعه نموده اند. نتایج نشان داد که به دلیل تغییر شکل آسیب پذیری در شهرها، در صورت وقوع زمین لرزه های تاریخی می توان انتظار داشت که تعداد ساختمانهای آسیب دیده دو یا سه برابر شود. مایو و همکاران (۲۰۱۶) ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای مراکز تاریخی شهری: مطالعه موردی مرکز قدیمی شهر فارو، پرتغال را روش مبتنی بر آسیب پذیری را بررسی نموده و نتیجه گرفتند که کاربرد این روش وزن دهی در مقیاس بزرگ، مقادیر متوسط تا زیاد را برای آسیب پذیری این منطقه خاص که همراه با لرزه خیزی بالای آن است، تأیید کرده است. رودناس و همکاران (۲۰۱۸) برآورد آسیب پذیری لرزه ای ساختمانها: پیشنهاد روش شناسی برای برنامه ریزی سناریوهای ضد زلزله در مناطق شهری لورکا(جنوب شرقی اسپانیا) را بعد از زلزله ۱۱ مه سال ۲۰۱۱ مورد مطالعه قرار داده اند. نتایج نشان داد که این روش، زمانی که با تکنیک های اطلاعات جغرافیایی همراه است، اطلاعات ارزشمندی را برای برنامه ریزی و مدیریت شرایط اضطراری پس از زلزله فراهم می کند.

روش‌شناسی

نوع تحقیق کاربردی و روش آن اکتشافی می‌باشد. از ابزارهای مختلفی مانند نقشه‌های کاربری شهری با مقیاس ۱:۲۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۱۰ متر و نرم افزارهای Arc GIS و SPSS در مراحل مختلف تحقیق جهت رسیدن به نتایج مورد نظر استفاده شده است. در ابتدا با نظر متخصصین و کارشناسان ۵۰ ساختمان مهم و حیاتی شهر خرم آباد در مرکز استان لرستان مانند بیمارستان‌ها، مراکز آتش‌نشانی، پناهگاه‌ها، مراکز توزیع سوخت، انبارهای مواد غذایی، مراکز فعالیت‌های سیاسی، اداری، مذهبی، مراکز تاسیسات شهری و... انتخاب شد (شکل ۱). سپس یک چک لیست با همکاری کارشناسان صاحب نظر طراحی و برای هر ساختمان معیارهای مورد نظر

که در جدول ۱ آمده است، تکمیل گردید. در مرحله بعد، میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های مورد مطالعه با استفاده از منطق فازی ارزیابی شد. به منظور وزن دهی، نخست مسئله تصمیم‌گیری به سلسله مراتبی که شامل مهم‌ترین عناصر تصمیم‌گیری است، تجزیه گردید. برای فازی‌سازی لایه‌ها بر اساس منطق فازی، از نرم‌افزار Arc GIS استفاده شده است. در این روش ابتدا بر اساس نظر کارشناسان و مبانی تئوری مطالعه شده، توابع عضویت فازی تعیین شده است. سپس مقادیر لایه‌ها در بازه صفر تا یک (بر اساس میزان مطلوبیت) قرار گرفته و میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های مورد مطالعه طبقه‌بندی گردید. در ادامه، تحلیل عوامل درونی و بیرونی اثر گذار بر میزان و کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های مورد مطالعه در قالب مدل تحلیلی SWOT مورد بررسی و نتایج نهایی ارائه شد.

جدول ۱. چک لیست ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های مورد مطالعه در شهر خرم‌آباد

ردیف	عنوان	الزامات (امتیاز دهی بر اساس میزان انطباق با الزامات زیر خواهد بود)
۱	نوع کاربری	مسکونی- تجاری- اداری- صنعتی- تاسیسات و تجهیزات شهری
۲	نوع مصالح	- بادوام که شامل اسکلت فلزی، بتنی، سنگ و آهن، و آجر و آهن است. - نیمه بادوام که شامل آجر و چوب، سنگ و چوب، بلوک سیمانی، تمام آجر و سنگ و آجر است. - کم دوام که شامل تمام چوب، خشت و چوب، و خشت و گل است. - بی دوام که شامل چادر، حصیر و مشابه آن است.
۳	سامانه سازه ای	سازه با سامانهٔ دیوارهای باربر، سازه با سامانهٔ قاب ساختمانی ساده، سازه با سامانهٔ قاب خمشی، سازه با سامانهٔ دوگانه یا ترکیبی و سایر سامانه های سازه ای.
۴	عمر سازه	- بیش از ۵۰ سال: آسیب پذیری بسیار زیاد - تا ۵۰ سال: آسیب پذیری زیاد - تا ۲۰ سال: آسیب پذیری متوسط - کمتر از ۷ سال: آسیب پذیری کم
۵	تعداد طبقات	معادل با ارتفاع ساختمان می باشد. اگر افزایش ارتفاع ساختمانها با اصول ایمنی همراه نباشد، آسیب پذیری را بالا خواهد برد، حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات مناسب صورت گیرد. چون در این صورت عملیات تخلیه، جستجو و کمک رسانی را با سختی مواجه می کند.
۶	شبکه های ارتباطی	- معابر با عرض بیشتر از ۱۴ متر: آسیب پذیری کم - معابر با عرض کمتر از ۹ تا ۱۴ متر: آسیب پذیری متوسط - معابر با عرض کمتر از ۳ تا ۹ متر: آسیب پذیری زیاد - معابر با عرض کمتر از ۶ متر و بن بست: آسیب پذیری بسیار زیاد
۷	بررسی میزان سازگاری زمین با کاربری واقع در آن	- سایت بسیار کم خطر(احتمال خیلی کم نشست خاک) - سایت کم خطر(احتمال کم نشست خاک) - سایت خطرناک(احتمال متوسط نشست خاک و داشتن پتانسیل متوسط روانگرایی و ۳۰۰ متری از گسل ها) - سایت پرخطر(احتمال بالای نشست خاک و آثار جابه جایی زمین ناشی از جنبش گسل ها تا فاصله کمتر از ۳۰۰ متر از خط گسل اصلی و داشتن پتانسیل زمین لغزش و پتانسیل)
۸	آسیب پذیری ناشی از تراکم جمعیت	- تراکم های مساوی یا کمتر از ۴۰۰ نفر در هکتار: آسیب پذیری کم - ۴۰۰ تا ۵۰۰ نفر در هکتار: متوسط - ۵۰۰ تا ۶۰۰ نفر در هکتار: آسیب پذیری قابل توجه - بیشتر از ۶۰۰ نفر در هکتار: آسیب پذیری زیاد
۹	سازگاری بین کاربری ها	سازگاری و ناسازگاری بین کاربری های شهری به دلیل اثرات مثبت و منفی است که کاربریهای همسایه برروبهم دارند.
۱۰	شکل سازه پلان	- متقارن - نامتقارن
۱۱	تراکم ساختمانی	درصدی از مساحت زمین است که به صورت عمودی برای ساختمان سازی استفاده می شود و با بیشتر شدن آن، احتمال تخریب و آسیب پذیری بیشتر می شود. برای مثال رایج است که ۶۰ درصد سطح زمین را به بنا اختصاص دهند، از این رو تراکم ۱۲۰ درصد، یعنی از یک ساختمان دو طبقه ۶۰ درصد زمین زیر بنای هر طبقه خواهد بود. شایان ذکر است که در بحث تراکم ساختمانی، باید به عرض معبر در چگونگی روند اعطای تراکم ها توجه کرد که از دسته مقوله های مهم در امر ساختمان سازی است.
۱۲	مساحت قطعات	آسیب پذیری در قطعات کوچک‌تر به علت خرد شدن فضای باز و کاسته شدن فضای مفید و امن برای کمک رسانی

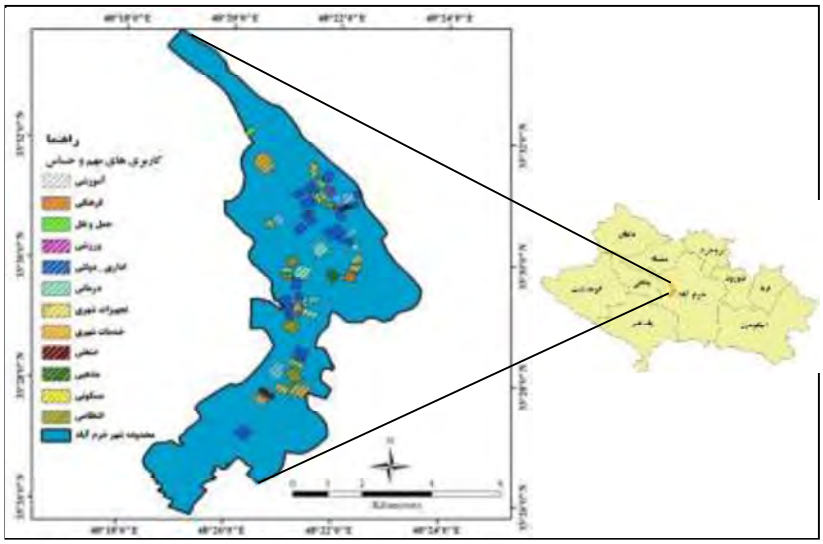
		نسبت به قطعات بزرگ بیشتر است. بنابراین هر چه مساحت قطعات پایین تر باشد، به تبع آن آسیب پذیری نیز بیشتر خواهد بود.
۱۳	درجه محصوریت	به معنای نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر آن است که با افزایش مقدار آن آسیب پذیری ساختمانها افزایش می یابد. با افزایش درجه محصوریت احتمال بسته شدن معابر افزایش می یابد که باعث می شود با ریختن آوار ساختمانها در خیابان ها و بسته شدن آن ها، در کمک رسانی های مختلف مانند خاموش کردن آتش ساختمان مشکل پیش آید
	سازندهای سطحی	در خاک نرم، به ویژه در جایی که بافت مواد ریز و از آب اشباع شده اند، تکان ها و شتاب بعدی، امواج ارتعاشی را خیلی بیشتر می کنند. ثابت شده است که در بیشتر موارد، خسارت ایجاد شده در خاک های نرم ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از مناطق سنگی سخت مجاور است.
۱۴	فاصله از گسل	هر چه فاصله ساختمان ها از گسل موجود کمتر باشد، آسیب پذیری بیشتر خواهد بود و برعکس، کارشناسان حداقل فاصله از گسل را ۳۰۰ متر در نظر گرفته اند (کامل باسمنج و همکاران، ۱۳۹۱).
۱۵	فاصله از تأسیسات خطر زا	استقرار کاربری های با پتانسیل بالای آسیب رسانی در کنار سایر کاربری ها، میزان آسیب پذیری را افزایش می دهد.
۱۶	شتاب افقی(g)	بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ و نقشه پهنه بندی خطر زلزله استان

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲

قلمرو جغرافیایی پژوهش

خرم‌آباد، مرکز استان لرستان، در ناحیهٔ غربی ایران و میان رشته‌کوه‌های زاگرس واقع شده است. این شهر در دره‌ای سرسبز و بر کرانهٔ رودخانهٔ کشکان قرار دارد و از نظر طبیعی یکی از زیباترین شهرهای کشور محسوب می‌شود. با ارتفاعی حدود ۱,۱۴۷ متر از سطح دریا، دارای اقلیم معتدل کوهستانی با زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً گرم است. خرم‌آباد علاوه بر طبیعت چشم‌نواز خود، آثار تاریخی ارزشمندی چون قلعهٔ فلک‌الافلاک، پل شکسته و سنگ‌نوشته‌های کهن را در دل دارد و از نظر فرهنگی و قومی غنی است؛ مردم آن عمدتاً از قوم لر با زبان لری هستند. از لحاظ شهری، خرم‌آباد یکی از مراکز مهم غرب ایران است که نقش اداری، آموزشی، تجاری و فرهنگی استان لرستان را بر عهده دارد. بافت شهری آن ترکیبی از مناطق تاریخی و نوساز است؛ مرکز شهر پیرامون قلعهٔ فلک‌الافلاک شکل گرفته و توسعه شهری به‌ویژه در سال‌های اخیر به سمت جنوب و شرق گسترش یافته است. وجود پارک‌ها و فضاهای سبز مانند پارک شریعتی و کیو، دانشگاه لرستان و چند مرکز آموزش عالی، به همراه رشد زیرساخت‌های شهری در حوزهٔ حمل‌ونقل و خدمات عمومی، خرم‌آباد را به شهری پویا و در حال توسعه تبدیل کرده است، هرچند در برخی نواحی با چالش‌های رشد نامتوازن و بافت‌های فرسوده روبه‌رو است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱. نقشه نوع کاربری‌های مهم و حساس مورد مطالعه در شهر خرم‌آباد

یافته ها و بحث

پس از مشخص شدن کاربری های مهم و حیاتی شهر خرم آباد که شامل کاربری اداری، درمانی، آموزشی، تجهیزات شهری، خدمات شهری، صنعتی، مذهبی، مسکونی، انتظامی، فرهنگی، حمل و نقل و ورزشی می باشند، با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصان به مقایسه زوجی معیارها و نرمال سازی آنها با استفاده از مدل AHP فازی پرداخته شد که نتایج آن در جداول شماره ۲ و ۳ آمده است.

جدول ۲. ماتریس مقایسات زوجی اولیه

شاخص ها	حداکثر مدت تداوم زلزله	فاصله از تأسیسات خطر زا	فاصله از گسل	سامانه سازه ای	عمر سازه	سازندهای سطحی	شکل سازه پلان	درجه محصوریت	تعداد طبقات	نوع مصالح	آسیب پذیری ناشی از تراکم	شبکه های ارتباطی	مساحت قطعات	نوع کاربری	تراکم ساختمانی	بررسی میزان سازگاری زمین با کاربری ها	همجواری بین کاربری ها
حداکثر مدت تداوم زلزله		۱	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۴	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۲
فاصله از تأسیسات خطر زا	۱		۳	۲	۲	۳	۱	۴	۲	۱	۲	۲	۲	۵	۱	۲	۵
فاصله از گسل	۱	۰.۳۳۳ ۳۳		۴	۲	۲	۳	۲	۵	۱	۳	۳	۵	۳	۱	۲	۳
سامانه سازه ای	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵		۳	۲	۱	۵	۲	۴	۵	۲	۲	۱	۱	۲	۳
عمر سازه	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳		۴	۲	۳	۱	۵	۲	۱	۲	۴	۲	۲	۳
سازندهای سطحی	۱	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵		۴	۲	۱	۱	۲	۴	۱	۲	۲	۳	۲
شکل سازه پلان	۱	۱	۰.۳۳۳ ۳۳	۱	۰.۵	۰.۲۵		۴	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۴
درجه محصوریت	۰.۵	۰.۲۵	۰.۵	۰.۲	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۵	۰.۲۵		۴	۱	۳	۱	۲	۳	۴	۱	۲
تعداد طبقات	۰.۲۵	۰.۵	۰.۲	۰.۵	۱	۱	۰.۵	۰.۲۵		۲	۲	۲	۴	۱	۱	۴	۱
نوع مصالح	۰.۵	۱	۱	۰.۲۵	۰.۲	۱	۰.۵	۱	۰.۵		۲	۳	۲	۲	۴	۵	۲
آسیب پذیری ناشی از تراکم جمعیت	۱	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۲	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۵	۰.۵		۴	۲	۳	۵	۴	۳
شبکه های ارتباطی	۱	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۵	۱	۰.۲۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۱	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۲۵		۴	۲	۳	۴	۲
مساحت قطعات	۱	۰.۵	۰.۲	۰.۵	۰.۵	۱	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵		۴	۴	۵	۲
نوع کاربری	۰.۵	۰.۲	۰.۳۳۳	۱	۰.۲۵	۰.۵	۰.۵	۰.۳۳۳	۱	۰.۵	۰.۳۳۳	۰.۵	۰.۲۵		۴	۲	۳

تراکم ساختمانی	۱	۱	۱ ۳۳	۱	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۲۵ ۳۳	۱	۰.۲۵	۰.۲ ۳۳	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۲۵	۰.۲۵		۸	۹
بررسی میزان سازگاری زمین با کاربری واقع در آن	۱	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۵	۱	۰.۲۵	۰.۲	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۲	۰.۵	۰.۱۲۵		۲
همجواری بین کاربری ها	۰.۵	۰.۲	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۵	۰.۲۵	۰.۵	۱	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۳۳۳ ۳۳	۰.۱۱۱ ۱۱	۰.۵		

جدول ۳. ماتریس مقایسات نرمال شده

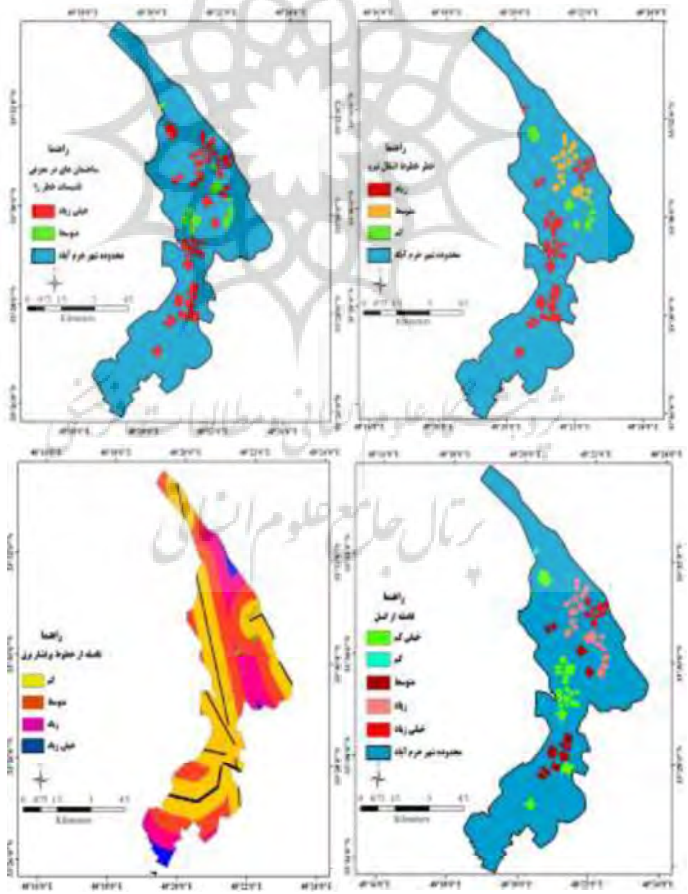
متغیرها	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	R	S
حداکثر مدت تداوم زلزله	۰	۰.۱۱۳۴	۰.۰۹۶۹	۰.۱۳۵	۰.۱۳۴۵	۰.۰۵۴۵	۰.۰۶۱۲	۰.۰۷۳۶	۰.۱۵۳۸	۰.۰۹۱۸	۰.۰۳۸۷	۰.۰۳۵۹	۰.۰۳۳۱	۰.۰۵۷	۰.۰۲۸۴	۰.۰۲۱۱	۰.۰۴۱۷
فاصله از تأسیسات خطر زا	۰.۰۸۱۶	۰	۰.۲۹۰۸	۰.۱۳۵	۰.۱۳۴۵	۰.۱۶۳۶	۰.۰۶۱۲	۰.۱۴۷۲	۰.۰۷۶۹	۰.۰۴۵۹	۰.۰۷۷۳	۰.۰۷۱۹	۰.۰۶۶۲	۰.۱۴۲۵	۰.۰۲۸۴	۰.۰۴۲۱	۰.۱۰۴۲
فاصله از گسل	۰.۰۸۱۶	۰.۰۳۷۸	۰	۰.۲۷	۰.۱۳۴۵	۰.۱۰۹۱	۰.۱۸۳۷	۰.۰۷۳۶	۰.۱۹۲۳	۰.۰۴۵۹	۰.۱۱۶	۰.۱۰۷۸	۰.۱۶۵۶	۰.۰۸۵۵	۰.۰۲۸۴	۰.۰۴۲۱	۰.۰۶۲۵
سامانه سازه ای	۰.۰۴۰۸	۰.۰۵۶۷	۰.۰۲۴۲	۰	۰.۲۰۱۸	۰.۱۰۹۱	۰.۰۶۱۲	۰.۱۸۴	۰.۰۷۶۹	۰.۱۸۳۶	۰.۱۹۳۳	۰.۰۷۱۹	۰.۰۶۶۲	۰.۰۲۸۵	۰.۰۲۸۴	۰.۰۴۲۱	۰.۰۶۲۵
عمر سازه	۰.۰۴۰۸	۰.۰۵۶۷	۰.۰۴۸۵	۰.۰۲۲۵	۰	۰.۲۱۸۲	۰.۱۲۲۴	۰.۱۱۰۴	۰.۰۳۸۵	۰.۲۲۹۵	۰.۰۷۷۳	۰.۰۳۵۹	۰.۰۶۶۲	۰.۱۱۴	۰.۰۵۶۸	۰.۰۴۲۱	۰.۰۶۲۵
سازندهای سطحی	۰.۰۸۱۶	۰.۰۳۷۸	۰.۰۴۸۵	۰.۰۳۳۷	۰.۰۱۶۸	۰	۰.۲۴۴۹	۰.۰۷۳۶	۰.۰۳۸۵	۰.۰۴۵۹	۰.۰۷۷۳	۰.۱۴۳۷	۰.۰۳۳۱	۰.۰۵۷	۰.۰۵۶۸	۰.۰۶۳۲	۰.۰۴۱۷
شکل سازه پلان	۰.۰۸۱۶	۰.۱۱۳۴	۰.۰۳۲۳	۰.۰۶۷۵	۰.۰۳۳۶	۰.۰۱۳۶	۰	۰.۱۴۷۲	۰.۰۷۶۹	۰.۰۹۱۸	۰.۰۷۷۳	۰.۱۰۷۸	۰.۰۶۶۲	۰.۰۵۷	۰.۰۵۶۸	۰.۰۴۲۱	۰.۰۸۳۳
درجه محصوریت	۰.۰۴۰۸	۰.۰۲۸۴	۰.۰۴۸۵	۰.۰۱۳۵	۰.۰۲۲۴	۰.۰۲۷۳	۰.۰۱۵۳	۰	۰.۱۵۳۸	۰.۰۴۵۹	۰.۱۱۶	۰.۰۳۵۹	۰.۰۶۶۲	۰.۰۸۵۵	۰.۱۱۳۵	۰.۰۲۱۱	۰.۰۴۱۷
تعداد طبقات	۰.۰۲۰۴	۰.۰۵۶۷	۰.۰۱۹۴	۰.۰۳۳۷	۰.۰۶۷۳	۰.۰۵۴۵	۰.۰۳۰۶	۰.۰۰۹۲	۰	۰.۰۹۱۸	۰.۰۷۷۳	۰.۰۷۱۹	۰.۱۳۲۵	۰.۰۲۸۵	۰.۰۲۸۴	۰.۰۸۴۲	۰.۰۲۰۸
نوع مصالح	۰.۰۴۰۸	۰.۱۱۳۴	۰.۰۹۶۹	۰.۰۱۶۹	۰.۰۱۳۵	۰.۰۵۴۵	۰.۰۳۰۶	۰.۰۳۶۸	۰.۰۱۹۲	۰	۰.۰۷۷۳	۰.۱۰۷۸	۰.۰۶۶۲	۰.۰۵۷	۰.۱۱۳۵	۰.۱۰۵۳	۰.۰۴۱۷
آسیب پذیری ناشی از تراکم جمعیت	۰.۰۸۱۶	۰.۰۵۶۷	۰.۰۳۲۳	۰.۰۱۳۵	۰.۰۳۳۶	۰.۰۲۷۳	۰.۰۳۰۶	۰.۰۱۲۳	۰.۰۱۹۲	۰.۰۲۳	۰	۰.۱۴۳۷	۰.۰۶۶۲	۰.۰۸۵۵	۰.۱۴۱۹	۰.۰۸۴۲	۰.۰۶۲۵
شبکه های ارتباطی	۰.۰۸۱۶	۰.۰۵۶۷	۰.۰۳۲۳	۰.۰۳۳۷	۰.۰۶۷۳	۰.۰۱۳۶	۰.۰۲۰۴	۰.۰۳۶۸	۰.۰۱۹۲	۰.۰۱۵۳	۰.۰۰۹۷	۰	۰.۱۳۲۵	۰.۰۵۷	۰.۰۸۵۱	۰.۰۸۴۲	۰.۰۴۱۷
مساحت قطعات	۰.۰۸۱۶	۰.۰۵۶۷	۰.۰۱۹۴	۰.۰۳۳۷	۰.۰۳۳۶	۰.۰۵۴۵	۰.۰۳۰۶	۰.۰۱۸۴	۰.۰۰۹۶	۰.۰۲۳	۰.۰۱۹۳	۰.۰۰۹	۰	۰.۱۱۴	۰.۱۱۳۵	۰.۱۰۵۳	۰.۰۴۱۷
نوع کاربری	۰.۰۴۰۸	۰.۰۲۲۷	۰.۰۳۲۳	۰.۰۶۷۵	۰.۰۱۶۸	۰.۰۲۷۳	۰.۰۳۰۶	۰.۰۱۲۳	۰.۰۳۸۵	۰.۰۲۳	۰.۰۱۲۹	۰.۰۱۸	۰.۰۰۸۳	۰	۰.۱۱۳۵	۰.۰۴۲۱	۰.۰۶۲۵
تراکم ساختمانی	۰.۰۸۱۶	۰.۱۱۳۴	۰.۰۹۶۹	۰.۰۶۷۵	۰.۰۳۳۶	۰.۰۲۷۳	۰.۰۳۰۶	۰.۰۰۹۲	۰.۰۳۸۵	۰.۰۱۱۵	۰.۰۰۷۷	۰.۰۱۲	۰.۰۰۸۳	۰.۰۰۷۱	۰	۰.۱۶۸۴	۰.۱۸۷۵

لازم به ذکر است که در ماتریس سازگار محاسبه وزن نسبی ساده بوده و از نرمال کردن ستون‌های ماتریس به دست آمد. در ماتریس‌های ناسازگار، محاسبه مقدار ناسازگاری از اهمیت بالایی برخوردار است.

بعد از نرمال کردن داده ها، وزن نهایی معیارهای مورد مطالعه محاسبه گردید(جدول۴) و شاخص های اثر گذار به ترتیب میزان اهمیت رتبه بندی شدند. بر اساس محاسبات صورت گرفته، مهم ترین معیارهای اثر گذار بر میزان آسیب پذیری فضاهای مورد مطالعه شامل معیار فاصله از گسل، فاصله از تأسیسات خطر زا، سامانه سازه‌ای، عمر سازه ها و شکل سازه پلان می‌باشند (شکل ۲). دیگر معیارها و متغیرها اثر گذار هستند و در مراحل بعدی قرار دارند.

جدول ۴. وزن نهایی شاخص‌های مورد مطالعه

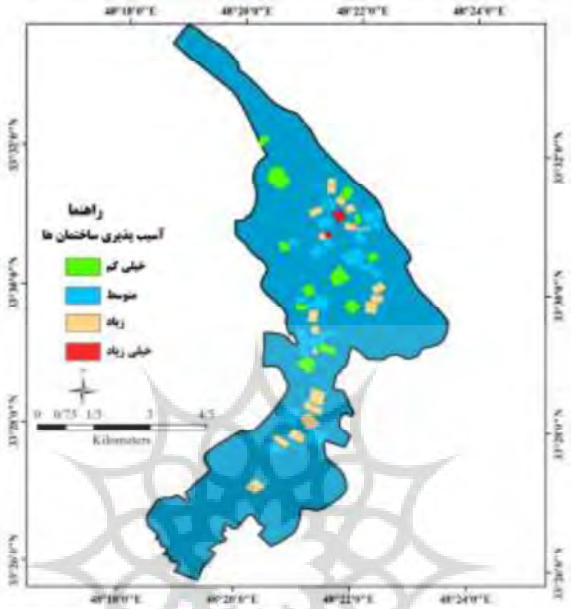
رتبه	وزن معیارها	شاخص
۱۷	۰.۰۰۱۱۲	نوع کاربری
۲	۰.۱۰۴۳۴	فاصله از تأسیسات خطر زا
۱	۰.۱۰۸۵۲	فاصله از گسل
۳	۰.۰۸۹۴۶	سامانه سازه ای
۴	۰.۰۸۳۹	عمر سازه
۶	۰.۰۶۸۳۸	سازندهای سطحی
۵	۰.۰۷۱۷۹	شکل سازه پلان
۱۰	۰.۰۵۴۷۴	درجه محصوریت
۱۱	۰.۰۵۱۷	تعداد طبقات
۷	۰.۰۶۱۹۷	نوع مصالح
۸	۰.۰۵۷۱۴	آسیب پذیری ناشی از تراکم جمعیت
۱۲	۰.۰۴۹۲	شبکه های ارتباطی
۱۳	۰.۰۴۷۷۵	مساحت قطعات
۱۴	۰.۰۳۵۵۶	حداکثر مدت تداوم زلزله
۹	۰.۰۵۶۳۲	تراکم ساختمانی
۱۵	۰.۰۲۷۷۱	بررسی میزان سازگاری زمین با کاربری واقع در آن
۱۶	۰.۰۲۰۸۶	همجواری بین کاربری ها



شکل ۲. نقشه میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های مورد مطالعه بر اساس فاصله از خطوط انتقال نیرو، تاسیسات خطر زا، فاصله از گسل، خطوط پرفشار برق

بررسی‌ها نشان داد که اکثر کاربری های مورد مطالعه در فاصله بیش از ۱۰۰۰ متری گسل های موجود در شهر خرم آباد قرار دارند و بر اساس طبقه بندی صورت گرفته به لحاظ آسیب پذیری در رده متوسط قرار دارند. به لحاظ فاصله از تأسیسات خطرزا، اکثر ساختمان های مورد مطالعه دارای آسیب پذیری خیلی زیادی می باشند. فاصله از خطوط انتقال نیرو نشان می دهد که اکثر واحدهای مورد مطالعه در رده ساختمان های با آسیب پذیری کم می باشند.

همپوشانی لایه‌های مورد مطالعه نشان می دهد که ۲۲ درصد ساختمان های مورد مطالعه در رده آسیب پذیری خیلی‌کم، ۳۸ درصد ساختمان‌ها آسیب پذیری متوسط، ۳۴ درصد آسیب پذیری زیاد و ۶ درصد در رده آسیب پذیری خیلی زیاد قرار دارند(شکل ۳).



شکل ۳. میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌ها بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه

در ادامه برای تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای اثرگذار بر میزان آسیب‌پذیری فضاهای مورد مطالعه، از روش‌های برنامه‌ریزی و مدیریت راهبردی[1]استفاده شد که نتایج تحلیل‌ها با استفاده از این روش در جداول ۵ و ۶ آمده است.

جدول ۵. تحلیل عوامل درونی اثر گذار بر میزان و کاهش آسیب‌پذیری فضاهای مورد مطالعه

	قوت	اهمیت(وزن)	رتبه(امتیاز عامل)	نمره (امتیاز نهایی)	رتبه
قوت	استفاده از مصالح مناسب و بادام و مقاوم در برابر حوادث طبیعی	۰.۰۴۰۷	۳	۰.۱۲۲۱	۴
	شبکه ارتباطی مناسب در فضاهای مورد مطالعه	۰.۰۳۴۱	۲.۵۱	۰.۰۸۵۵	۶
	شکل متقارن سازه ها	۰.۰۵۲۶	۳.۸۸	۰.۲۰۴۲	۱
	اعطای تسهیلات و وام های بلندمدت به ساختمانهای آسیب پذیر جهت تقویت آنها در برابر حوادث غیرمترقبه	۰.۰۴۲۳	۳.۱۲	۰.۱۳۲۱	۳
	ارتفاع نسبتا یکسان و کم واحدهای مسکونی آسیب پذیر	۰.۰۲۸۵	۲.۱	۰.۰۵۹۸	۹
	تدوین قوانین مدیریت بحران در کشور	۰.۰۳۱۵	۲.۳۲	۰.۰۷۳	۷
	تدوین برخی از طرح های مدیریت بحران از جمله پدافند غیرعامل، طرح امداد و نجات هلال احمر، طرح پایگاه اطلاعاتی جمعیت در اداره ثبت احوال، طرح جامع مدیریت بحران به وسیله شهرداری ها	۰.۰۴۰۷	۳	۰.۱۲۲۱	۴
	افزایش آموزش های عمومی به مردم و آموزش های تخصصی مدیران	۰.۰۴۴۹	۳.۳۱	۰.۱۴۸۶	۲

[1]SWOT Analysis

	شکل گیری مبانی اولیه و ضرورت مدیریت بحران در دستگاه های اجرایی	۰.۰۲۹۴	۲.۱۷	۰.۰۶۳۹	۸
	واگذاری بخشی از اقدامات مدیریت بحران به بخش خصوصی	۰.۰۱۷۹	۱.۳۲	۰.۰۲۳۶	۱۰
	عمر بالای برخی واحدهای مسکونی مورد مطالعه	۰.۰۴۸۳	۳.۵۶	۰.۱۷۱۹	۴
	تراکم بالای جمعیتی	۰.۰۳۴۱	۲.۵۱	۰.۰۸۵۵	۱۱
	تراکم بالای ساختمانی	۰.۰۲۷۱	۲	۰.۰۵۴۳	۱۵
	درجه بالای محصوریت	۰.۰۲۰۶	۱.۵۲	۰.۰۳۱۳	۱۶
	نزدیکی برخی ساختمان های مورد مطالعه به گسل	۰.۰۵۸۷	۴.۳۳	۰.۲۵۴۴	۱
	نزدیکی به تاسیسات خطر زای عمومی	۰.۰۵۷۷	۴.۲۵	۰.۲۴۵	۲
	نزدیکی به خطوط انتقال نیرو برق	۰.۰۴۲۲	۳.۱۱	۰.۱۳۱۲	۸
	مجهز نبودن واحدهای مسکونی به سیستم اطفاء حریق در هنگام زلزله	۰.۰۳۵۸	۲.۶۴	۰.۰۹۴۶	۹
	آشفتگی سیما و منظر شهری ساختمانهای آسیب پذیری در داخل شهر	۰.۰۴۷۱	۳.۴۷	۰.۱۶۳۴	۵
ضعف	نبود برنامه ریزی برای مراحل مختلف پیش گیری، آمادگی، مقابله و بازسازی	۰.۰۴۲۳	۳.۱۲	۰.۱۳۲۱	۷
	تمرکز برنامه ریزی ها بر مقابله با بحران بدون توجه به مراحل قبل و بعد آن	۰.۰۳۱۳	۲.۳۱	۰.۰۷۲۴	۱۳
	ناکافی بودن برنامه های آموزشی چه آموزشهای تخصصی برای مدیران و چه آموزش های عمومی برای شهروندان	۰.۰۵۴۳	۴	۰.۲۱۷۱	۳
	عدم کاربردی بودن جلسه های بین سازمانی و مانورهای برگزار شده	۰.۰۳۵۴	۲.۶۱	۰.۰۹۲۴	۱۰
	موازی کاری، ناهماهنگی، تداخل وظایف و گاهاً نامشخص بودن متولیان برخی امور مرتبط با مدیریت بحران	۰.۰۳۱۵	۲.۳۲	۰.۰۷۳	۱۲
	اجرایی نشدن مفاد قوانین و دستور کارهای پیشین در میان قوانین و دستورالعمل	۰.۰۴۲۵	۳.۱۳	۰.۱۳۲۹	۶
	کلی گویی قوانین و نپرداختن به جزییات منجر به عدم پاسخگویی سازمان ها در صورت بروز مشکلات و فرافکنی آنها می شود	۰.۰۲۸۵	۲.۱	۰.۰۵۹۸	۱۴

بعد از شناسایی عوامل داخلی اقدام به رتبه بندی عوامل قوت ها و ضعف ها گردید. نتایج حاصل از عوامل قوت ها(جدول ۵)، نشان می‌دهد که شکل تقارن سازه ها با کسب امتیاز ۰,۲۰۴ در جایگاه نخست واقع شده است و نشان دهنده بیشترین اهمیت آن در بین عوامل ذکر شده می‌باشد. همچنین عوامل نیاز مانند افزایش آموزش های عمومی به مردم و آموزش های تخصصی مدیران با کسب امتیاز ۰,۱۴۸ و در نهایت عامل اعطای تسهیلات و وام های بلندمدت به ساختمانهای آسیب پذیر جهت تقویت آنها در برابر حوادث غیرمترقبه با کسب امتیاز ۰,۱۳۲ در جایگاه سوم واقع شده اند و سایر عوامل نیز در جایگاه های بعدی قرار دارند. در بین ضعف‌ها می توان به نزدیکی برخی ساختمان های مورد مطالعه به گسل، نزدیکی به تاسیسات خطرزای عمومی و ناکافی بودن برنامه‌های آموزشی چه آموزش های تخصصی برای مدیران و چه آموزش های عمومی برای شهروندان به ترتیب با کسب امتیازهای (۰,۲۵۴، ۰,۲۴۵ و ۰,۲۱۷) در جایگاه های اول تا سوم واقع شده اند و بیانگر میزان اهمیت هر یک از آنها در افزایش اسیب پذیری ساختمانها در هنگام زلزله می باشد و باید برنامه هایی جهت برون رفت از آنها سنجیده شود تا میزان خسارت حاصل از زلزله به حداقل ممکن برسد.

در نهایت عوامل تهدید نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت که در آن مولفه عدم مقاوم‌سازی ساختمان ها با عمر بالا، فقدان سیاست کلان و برنامه‌های میان مدت و کوتاه مدت در عرصه مدیریت بحران برای ساختمانهای کم مقاوم و ناپایداری منابع درآمدی شهرداری در جهت حمایت از ساختمانهای آسیب پذیر به ترتیب در جایگاه های اول تا سوم قرار دارند. سایر عوامل نیز در جایگاه های بعد قرار دارند که با توجه میزان امتیاز هر یک از آنها نشان دهنده تهدید کننده ساختمانهای مورد مطالعه در شهر خرم‌آباد می باشد(جدول ۶).

جدول ۶. تحلیل عوامل بیرونی اثر گذار بر میزان کاهش آسیب‌پذیری فضاهای مورد مطالعه

	فرصت	امتیاز	وزن	وزن نهایی	رتبه
فرصت	برگزاری دوره ها و مانورهای زلزله برای شهروندان و دانش آموزان	۰,۱۸۴۸۰۴	۳,۲	۰,۰۵۷۷۵۱	۱۳
	توجیه شهروندان و مدیران اجرایی نسبت به مقاوم سازی ساختمان	۰,۱۶۲۴۲۶	۳	۰,۰۵۴۱۴۲	۴
	تدوین ضوابط و آیین نامه های مقررات ساختمانی	۰,۲۲۱۰۷۹	۳,۵	۰,۰۶۳۱۶۵	۵
	ورود مباحث پدافند غیرعامل در راستای مقاوم سازی ساختمانها	۰,۰۴۱۱۵	۱,۵۱	۰,۰۲۷۲۵۱	۳
	بالا بودن امکان مشارکت مردم و مسئولین در ساماندهی ساختمانهای آسیب پذیر	۰,۰۹۸۸۲	۲,۳۴	۰,۰۴۲۲۳۱	۸
	عدم آسیب پذیری بخش قابل توجهی از مساکن منطقه	۰,۲۴۸۴۰۵	۳,۷۱	۰,۰۶۶۹۵۵	۶
	توجه مسئولان به اموزش و اقدامات عملی موردی در خصوص ساختمانهای آسیب پذیر و بحران آنها	۰,۰۹۶۳۰۲	۲,۳۱	۰,۰۴۱۶۸۹	۲
	تعیین و مشخص نمودن پهنه های آسیب پذیر در هنگام وقوع زلزله	۰,۲۸۸۷۵۷	۴	۰,۰۷۲۱۸۹	۷
	نگاه صرف سودگرا بودن پیمانکاران به ساخت و سازها	۰,۰۹۵۴۷	۲,۳۰	۰,۰۴۱۵۰۹	۱
	عدم مقاوم سازی ساختمان ها با عمر بالا	۰,۲۸۷۳۱۵	۳,۹۹	۰,۰۷۲۰۰۹	۹
	عدم کارایی مناسب ساختمانهای قدیمی و اسیب پذیر در برابر حوادث	۰,۱۷۵۶۷۹	۳,۱۲	۰,۰۵۶۳۰۸	۱
	ناتوانی توان مالی مردم و عدم مشارکت بخش خصوصی در جهت باسازی ساختمانهای آسیب پذیر	۰,۱۰۸۳۲۹	۲,۴۵	۰,۰۴۴۲۱۶	۴
	بالا بودن تعداد ساختمانهای اسیب پذیر و مشکل بودن آنها در هنگام وقوع زلزله و غیره	۰,۰۸۷۳۴۹	۲,۲	۰,۰۳۹۷۰۴	۷
تهدید	محدودیت تحرک و پویایی در شیوه های ساخت و الگوی مساکن مقاوم	۰,۱۷۳۴۳۴	۳,۱۰	۰,۰۵۵۹۴۷	۱۰
	ناپایداری منابع درآمدی شهرداری در جهت حمایت از ساختمانهای آسیب پذیر	۰,۱۹۶۵۳۵	۳,۳	۰,۰۵۹۵۵۶	۵
	عدم توجه به زیرساخت های مورد نیاز ساختمانهای اسیب پذیر	۰,۰۳۷۹۴۴	۱,۴۵	۰,۰۲۶۱۶۹	۳
	عدم توجه مسئولان شهر مورد مطالعه برای ایجاد برنامه های پیشگیری از ساختمانهای با عمر بالا	۰,۱۲۲	۲,۶	۰,۰۴۶۹۲۳	۱۲
	ضعف مدیریت در برنامه ریزی و مدیریت بحران برای اقدامات سازنده جهت کاهش خسارت ناشی از ساختمانهای اسیب پذیر	۰,۰۴۳۳۵۹	۱,۵۵	۰,۰۲۷۹۷۳	۶
	عدم توجه به ضوابط ساخت و ساز در سطح شهر مورد مطالعه	۰,۰۹۶۳۰۲	۲,۳۱	۰,۰۴۱۶۸۹	۱۱
	فقدان سیاست کلان و برنامه های میان مدت و کوتاه مدت در عرصه مدیریت بحران برای ساختمانهای کم مقاوم	۰,۲۱۷۳۰۶	۳,۴۷	۰,۰۶۲۶۲۴	۸
	مجموع	۲,۹۸۲۸	۵۵,۴۱	۱	

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای و ارائه مدل مدیریت بحران جهت ساختمانهای مهم، حساس و حیاتی شهر خرم آباد با روش اکتشافی تدوین شده است. نتایج تحقیق نشان داد که ۲۲ درصد ساختمان های مورد مطالعه در رده آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۸ درصد ساختمانها در رده آسیب پذیری متوسط، ۳۴ درصد آسیب پذیری زیاد و ۶ درصد در رده آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار دارند. نتایج حاصل از بررسی عوامل قوت های اثر گذار بر میزان یا کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های مورد مطالعه نشان می دهد که شکل تقارن سازها با کسب امتیاز ۰.۲۰۴ در جایگاه نخست واقع شده است و نشان‌دهنده بیشترین اهمیت آن در بین عوامل ذکر شده می باشد. همچنین عوامل نیاز مانند افزایش آموزش‌های عمومی به مردم و آموزش های تخصصی مدیران با کسب امتیاز ۰,۱۴۸ و در نهایت عامل اعطای تسهیلات و وام های بلندمدت به ساختمانهای آسیب پذیر جهت تقویت آنها در برابر حوادث غیرمترقبه با کسب امتیاز ۰,۱۳۲ در جایگاه سوم واقع شده اند و سایر عوامل نیز در جایگاه های بعدی قرار دارند.

در بین عوامل ضعف می‌توان به نزدیکی برخی ساختمان‌های مورد مطالعه به گسل، نزدیکی به تاسیسات خطر زای عمومی و ناکافی بودن برنامه های آموزشی چه آموزشهای تخصصی برای مدیران و چه آموزش های عمومی برای شهروندان به ترتیب با کسب امتیازهای (۰,۲۵۴، ۰,۲۴۵ و ۰,۲۱۷) در جایگاه های اول تا سوم واقع شده اند و بیانگر

میزان اهمیت هر یک از آنها در افزایش آسیب پذیری ساختمانها در هنگام زلزله می باشد و باید برنامه های جهت برون‌رفت از آنها سنجیده شود تا میزان خسارت حاصل از زلزله به حداقل ممکن برسد.

در بین عوامل فرصت‌های نیز می توان به تعیین و مشخص نمودن پهنه‌های آسیب‌پذیر در هنگام وقوع زلزله اشاره کرد که با کسب امتیاز ۰,۰۷۲۱ در جایگاه نخست واقع شده است و مهمترین فرصت پیش‌روی منطقه مورد مطالعه است. دومین عامل می‌توان به عدم آسیب‌پذیری بخش قابل توجهی از مساکن منطقه می‌توان اشاره کرد که در جایگاه دوم واقع شده است و در نهایت مولفه تدوین ضوابط و آیین نامه‌های مقررات ساختمانی اشاره کرد که با قرار گرفتن در جایگاه سومین بیانگر میزان اهمیت آن در مقاوم‌سازی ساختمانها در برابر زلزله می باشد.

در نهایت ارزیابی عوامل تهدید نشان داد که مولفه عدم مقاوم سازی ساختمان‌ها با عمر بالا، فقدان سیاست کلان و برنامه‌های میان‌مدت و کوتاه‌مدت در عرصه مدیریت بحران برای ساختمانهای کم مقاوم و ناپایداری منابع درآمدی شهرداری در جهت حمایت از ساختمانهای آسیب‌پذیر به ترتیب در جایگاه های اول تا سوم قرار دارند. سایر عوامل نیز در جایگاه‌های بعدی قرار دارند که با توجه میزان امتیاز هر یک از آنها می توانند تهدید کننده ساختمانهای مورد مطالعه در شهر خرم‌آباد باشند. از مهمترین راهکارهای پیشنهادی تحقیق جهت کاهش آسیب پذیری ساختمانهای مورد مطالعه و یا در حال ساخت در محدوده شهر خر م آباد می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- ✓ مقاوم سازی ساختمان های با عمر زیاد در راستای کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله مانند مقاوم‌سازی بیمارستان شهدای عشایر خرم آباد که در چند سال گذشته انجام شده و یا در حال انجام است؛
- ✓ تهیه نقشه ریز پهنه‌بندی زلزله در محدوده قانونی شهر و مشخص نمودن وضعیت ساختمان‌های مهم در ارتباط با پهنه‌های با خطر بالای زلزله و اقدام به مقاوم‌سازی و یا جابجایی آنها؛
- ✓ جابجایی ساختمان‌های مهم به نقاط امن و دور از پهنه‌های خطرزا مانند جابجایی ساختمان استانداری لرستان به نقطه‌ای دیگر که در حال ساخت است؛
- ✓ بررسی وضعیت لرزه‌خیزی محل ساخت سازه‌های مهم و جدید در محدوده شهر قبل از آغاز عملیات عمرانی پروژه‌ها. زیرا به دلیل واقع شدن بخش عمده‌ای از محدوده شهر در واحدهای آبرفتی، احتمال وجود گسل‌های پنهان وجود دارد؛
- ✓ به منظور آمادگی و مقابله با بحران، دوره بازگشت گسل‌های اصلی اطراف شهر مانند گسل زاگرس مرتفع و گسل درود مشخص شود؛
- ✓ با توجه به این که شهر خرم‌آباد در پهنه لرزه خیزی بالا قرار دارد، ضروری است از مکان‌یابی مراکز حساس و کلیدی و سرمایه بر در این پهنه‌ها جلوگیری شود و اصول مکان‌یابی ساختمان‌های با کاربری مهم در نظر گرفته شود؛
- ✓ در نظر گرفتن محل اسکان موقت یا جایگزین برای هر یک از ساختمان‌های مهم و حیاتی شهر خرم‌آباد در صورت رخداد زلزله؛
- ✓ تهیه نقشه مسیرهای تخلیه اضطرای ساختمان های حیاتی شهر خرم‌آباد در هنگام وقوع رخداد زلزله یا دیگر مخاطرات طبیعی مانند سیل؛ و
- ✓ با توجه به نقش مهم و حیاتی شبکه‌های ارتباطی شهر در امر امدادرسانی در هنگام وقوع بحران و پراکنش ساختمان-های مهم شهر خرم آباد در نقاط مختلف محدوده شهر، بررسی دقیق وضعیت این شبکه‌ها در شهر، همچنین اصلاح هندسی و بازسازی تمام نقاط و گره‌های شبکه‌های ارتباطی ضروری به نظر می‌رسد تا امر امدادرسانی با تکیه بر شاخص زمان دسترسی و ارتباط مستقیم تسهیل شود.

منابع

احدنژاد روشتی، محسن، روستایی، شهریور و کاملی فر، محمد جواد، ۱۳۹۴، ارزیابی آسیب پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران مطالعه موردی: منطقه۱ شهرتبریز، اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، شماره (۹۵) ۲۴، ۵۰-۳۷.

اسمیت، کیت، ۱۳۹۲، مخاطرات محیطی، ترجمه ابراهیم و شاپور گودرزی نژاد، سمت.

آوازه، آذر، جعفری، نسرین، ۱۳۸۵، بررسی توانمندی های و محدودیتهای بیمارستان های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان در مدیریت بحران، همایش سراسری راهکارهای ارتقاء مدیریت بحران در حوادث و سوانح غیر مترقبه، زنجان.

برقی، حمید، حسنی نژاد، آسیه و شایان، محسن، ۱۳۹۶، ارزیابی آثار سموم شیمیایی کشاورزی بر محیط زیست روستاها: مطالعه موردی روستاهای شهرستان زرین دشت، مدیریت مخاطرات محیطی، شماره ۴، ۳، ۲۴۷-۲۶۲.

جوان، فرهاد، آتش‌بهار، رامین و مطلب پور، آزاده. (۱۴۰۴). پهنه‌بندی مخاطرات محیطی در مقاصد گردشگری با تأکید بر سیلاب (مطالعه موردی: شهرستان سروآباد، استان کردستان). پژوهش های محیطی در قلمروهای کوهستانی، ۱(۳)، ۵۶-۴۳.

حبیبی، کیومرث، پوراحمد، احمد، مشکینی، ابوالفضل، عسگری، علی، نظری عدلی، سعید، ۱۳۸۷، تعیین عوامل سازه ای/ ساختمانی موثر درآسیب پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از FUZZY LOGIC و GIS، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۳، ۳۶-۲۷.

حسینی، زهرا، علوی، اکبر، حسن زاده، رضا و دهقانی، مژگان، ۱۳۹۳، آسیب پذیری لرزه‌ای و شبیه‌سازی آن در مدیریت بحران (مطالعه موردی: ناحیه ۱۳ شهر کرمان)، تحقیقات جغرافیایی، شماره (۴) ۲۹، ۱۶۴-۱۴۷.

خلیل زاده وحیدی، ابراهیم، ۱۳۸۶، بررسی رفتار ساختمانهای بنایی در برابر زلزله و نحوه تقویت آنها، دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، تهران.

درخشان، سحر، ۱۳۸۷، ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های مسکونی شهر زنجان در برابر زلزله، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

رفیعه، زهرا ، زارع، مهدی، قیطانچی، محمد رضا، ملکی، زهرا، ۱۳۹۰، پهنه بندی و تحلیل خطر زمین لرزه در گستره استان لرستان، نشریه زمین، شماره ۶، ۶ ۱۹، ۶۳-۵۱.

شریف زادگان، محمد حسین، فتحی، حمید، ۱۳۸۷، طراحی و کاربرد مدل های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب پذیری لرزه ای در برنامه ریزی و مدیریت شهری، نشریه صفه، شماره ۱۷، ۱۲۴-۱۰۹.

صادقی، حجت و جوان، فرهاد. (۱۴۰۳). ارزیابی روستاهای گردشگری ایران از لحاظ آسیب‌پذیری ژئوفیزیکی با استفاده از سناریوهای فازی. پژوهش های روستائی، ۱۵(۴)، ۸۵-۱۰۰.

صادقی، حجت و جوان، فرهاد. (۱۴۰۴). آسیب پذیری روستاهای گردشگری ایران از لحاظ مخاطره زمین لغزش با استفاده از GIS. جغرافیا (نشریهٔ انجمن جغرافیایی ایران)، ۲۳(۸۴)، ۱۵۳-۱۷۰.

عباسی، حامد، شرفی، سیامک، مریانجی، زهره، ۱۳۹۶، تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفیک تهدیدکننده مجتمعهای زیستی شهری در استان لرستان، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۲، ۱۲۵-۱۰۷.

عزیزی، محمد مهدی؛ همافر، میلاد، ۱۳۹۱، آسیب شناسی لرزه ای معابر شهری (مطالعه موردی: محله کارمندان شهر کرج)، هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، شماره (۳) ۱۷، ۱۵-۵.

قائد رحمتی، صفر، خادم الحسینی، احمد، سیاوشی، طاهره، ۱۳۹۲، تحلیل میزان ریسک پذیری سکونت‌گاه‌های شهر استان لرستان از خطر زلزله، جغرافیا و آمایش شهری، شماره ۹، ۱۴-۱.

کامل باسمنج، بتول، میرجعفری، بابک، علوی، سید علی، ۱۳۹۱، بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه یک شهر تبریز با استفاده از مدل تحلیل چندمعیاره فضایی، برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره (۲) ۱۶، ۱۴۰-۱۲۲.

کرمی، احمد ،۱۳۹۴، ارزیابی مخاطرات ناشی از توسعه فیزیکی شهرصحنه طی ۵۰ سال گذشته و پیش بینی برای آینده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

ناطق الهی، فریبرز، ۱۳۷۹، مدیریت بحران زلزله ابر شهرها با رویکرد به برنامه مدیریت بحران زلزله شهر تهران، تهران: پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی

Bahadori, H., Hasheminezhad, A., & Karimi, A. 2017. Development of an integrated model for seismic vulnerability assessment of residential buildings: application to Mahabad City, Iran. Journal of Building Engineering, 12, 118-131. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jobe.۲۰۱۷,۰۵,۰۱٤

Barbat, A. H., Carreño, M. L., Pujades, L. G., Lantada, N., Cardona, O. D., & Marulanda, M. C. 2010. Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area. Structure and Infrastructure Engineering, 6(1-2), 17-38. https://doi.org/10.1080/15732470802663763

Bathrellos, G. D., Gaki-Papanastassiou, K., Skilodimou, H. D., Papanastassiou, D., & Chousianitis, K. G. 2012. Potential suitability for urban planning and industry development using natural hazard maps and geological–geomorphological parameters. Environmental earth sciences, 66(2), 537-548. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1263-x

Chopra, A. K. 2000. Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering. Prentice Hall.

Dolce, M., Di Pasquale, G., Speranza, E., & Fumagalli, F. 2012. A multipurpose method for seismic vulnerability assessment of urban areas. In Proceedings of the 15th world conference on earthquake engineering. Lisbon, September (pp. 24-28).

El Hammoumi, Abdallah, Iben Brahim, Aomar, Birouk, Abdelouhad, Toto, El Arbi, El Mouraouah, Azelarab, Kerroum, Mohamed, Gueraoui, Kamal & Kasmi, Mohamed 2009. Assessment of Seismic Vulnerability of Urban Buildings in Morocco, international journal of earthquake engineering and hazard mitigation, 3(1), 44-48.

FEMA P-441 2016. Performance-based seismic design of new buildings and other structures. Federal Emergency Management Agency.

Godschalk, D. R. 2003. Urban hazard mitigation: creating resilient cities. Natural hazards review, 4(3), 136-143. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136)

Jha, A. K., Sheherbani, A., & Shaw, R. 2013. Building urban resilience: Municipalities in a changing climate. World Bank Publications.

Kalamaras, I., Kapsiris, S., & Karapentakis, M. 2018. Seismic vulnerability assessment methodologies for buildings: A multi-criteria decision making approach. Engineering Structures, 169, 1-12.

Levine, S. (2011). A guidance framework for coupled infrastructure system resilience analysis. Journal of Infrastructure Systems, 17(1), 32-43.

Maio, R., Ferreira, T. M., Vicente, R., & Estêvão, J. 2016. Seismic vulnerability assessment of historical urban centres: Case study of the old city centre of Faro, Portugal. Journal of Risk Research, 19(5), 551-580.Montoya, L., & Masser, I. 2005. Management of natural hazard risk in Cartago, Costa Rica. Habitat International, 29(3), 493-509.

Nateghi-A, F. 2000. Existing and proposed earthquake disaster management organization for Iran. Disaster prevention and management, 9(3), 200. https://doi.org/10.1108/09653560010335130

Riedel, I., Guéguen, P., Dalla Mura, M., Pathier, E., Leduc, T., & Chanussot, J. 2015. Seismic vulnerability assessment of urban environments in moderate-to-low seismic hazard regions using association rule learning and support vector machine methods. Natural hazards, 76(2), 1111-1141. DOI: 10.1007/s11069-014-1538-0

Ródenas, J., 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, 8(7), 1208. https://doi.org/10.3390/app8071208

Rose, A. 2004. Economic principles of risk analysis: Applications to natural hazards. Cambridge University Press.

Sadat, M. R., Huq, M. S., & Ansary, M. A. 2010. Seismic vulnerability assessment of buildings of Dhaka city. J Civil Eng (IEB), 38(2), 159-172. https://doi.org/10.18485/ijdrm.2022.4.2.5

UNISDR 2004. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

Vicente, R., Dina, D., Ferreira, T. M., Varum, H., Costa, A., da Silva, J. M., & Lagomarsino, S. 2014. Seismic vulnerability and risk assessment of historic masonry buildings. In Structural Rehabilitation of Old Buildings (pp. 307-348). Springer, Berlin, Heidelberg.

World Commission on Environment and Development. 1987. Our common future. Oxford University Press.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی