



Evaluation and Analysis of Urban Housing Vulnerability in Metropolises Against Earthquake Crisis (A Case Study: District 4 of Shiraz City)

Meysam Rezaei¹  , Fatemeh Shaer²

1. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Urban Planning, Faculty of Engineering, Salman Farsi University of Kazerun, Kazerun, Iran.
2. PhD Student, Department of Rural Planning, Faculty of Geographic Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Article Information ABSTRACT

Vol: 1
No: 1
Page: 17-36

Received:
2025-05-28
Revised:
2025-06-01
Accepted:
2025-06-12
Published:
2025-08-01

Metropolises in Iran are vulnerable to natural disasters, including earthquakes. Due to insufficient preparedness and the lack of crisis management, an earthquake, especially in major cities, could result in high human and financial losses. Recognizing that while preventing certain crises may not be possible, mitigating their impacts is achievable, the primary objective of this study is to assess the earthquake risk level in District 4 of Shiraz City to contribute to this goal.

This research follows a descriptive-analytical methodology, with data collected through field surveys and library research. The study first identifies and selects key vulnerability indicators such as enclosure degree, building density, number of floors, and others. Subsequently, the Analytic Hierarchy Process (AHP) is used for layer weighting, followed by overlay operations and the development of a zoning map within the GIS environment.

The findings indicate that most of the plots in District 4 of Shiraz City fall within highly vulnerable zones. As seen in the vulnerability zoning map, the northeastern section and the western part (Koshan neighborhood) are classified as high and very high vulnerability zones, while other sections, depending on their urban texture, fall into medium to high vulnerability categories. In other parts of the district, patterns of vulnerability do not follow a specific rule.

Keywords: Crisis Management, Earthquake Crisis, Geographic Information System (GIS), Metropolis of Shiraz, District 4.

How to cite this article:

Meysam Rezaei, Fatemeh Shaer. (2025). Evaluation and Analysis of Urban Housing Vulnerability in Metropolises Against Earthquake Crisis (A Case Study: District 4 of Shiraz City). *Urban Regeneration Studies*, 1(1): 17-36.

Corresponding author's email: m.rezaei@kazerunfsu.ac.ir

Publisher: Hakim Sabzevari University

© Authors retain the copyright and full publishing rights



DOI: 10.22034/jurs.2025.526808.1004

Extended Abstract

1. Introduction

Earthquakes represent one of the most devastating natural hazards, posing serious risks to urban communities. Iran's geotectonic positioning within a major seismic belt renders the country particularly vulnerable to frequent and high-magnitude seismic events. The metropolis of Shiraz, surrounded by active fault lines such as Zarghan and Qalat, faces considerable seismic exposure. Among its administrative districts, District 4 is especially susceptible due to specific physical, social, and infrastructural characteristics. This study aims to evaluate the housing vulnerability of this district using multi-criteria analysis and spatial modeling within a GIS framework. The ultimate goal is to support crisis management planning and offer targeted strategies to mitigate risk in this densely populated urban sector.

2. Materials and Methods

The research is an applied research study utilizing a descriptive–analytical methodology. Data collection encompassed field surveys, urban maps, demographic statistics, and literature reviews. Spatial analysis was conducted using the Analytical Hierarchy Process (AHP) in combination with GIS tools. Key indicators included plot enclosure ratio, number of building stories, structural density, construction quality, material type, parcel dimensions, land-use adjacency, and access network configuration. Each criterion was standardized, weighted, and incorporated into an Index Overlay model to generate a seismic vulnerability map. The final output categorized the residential blocks into five classes: very low, low, moderate, high, and very high vulnerability.

3. Results and Discussion

Findings reveal that over 57% of building plots in District 4 fall within the "high" and "very high" vulnerability categories. Northeastern and western sub-zones, especially the Keshan neighborhood, exhibit elevated risk due to narrow street widths, non-engineered materials, irregular parcel layouts, and aged urban texture. Conversely, planned developments such as Valfajr Town, Kouy-e Farhangian, and other large-scale residential complexes benefit from durable construction, standardized networks, and organized layouts, placing them in lower-risk zones. Age analysis showed that 18% of buildings are older than 22 years, many constructed with low-durability or traditional materials (e.g., adobe and timber). These structures present heightened collapse risk. Social indicators such as household density (1.19 households per unit) and room occupancy rate (1.23 persons per room) further compound evacuation and emergency response challenges during an earthquake.

The district's access network is largely fragmented, with narrow, dead-end streets and corridors less than 6 meters wide. These access constraints magnify the difficulty of post-disaster rescue operations. The enclosure ratio, defined by the height of building facades relative to street width, is also notably high in older areas, reducing visibility and obstructing relief logistics. Land-use adjacency analysis revealed that residential blocks are in close proximity to hazard-prone zones such as industrial facilities, fuel stations, and critical infrastructure. This spatial incompatibility increases the likelihood of secondary disasters (e.g., fire, gas leakage). Moreover, the district displays an overall spatial heterogeneity in its urban morphology, where organic, fragmented, and large-scale patterns co-exist without a unified planning framework, a condition referred to in urban planning terminology as spatial discontinuity or uneven spatial distribution. Such inconsistencies elevate systemic risks and undermine urban resilience.

4. Conclusions

District 4 of Shiraz presents a high level of seismic vulnerability, particularly in older residential sectors characterized by irregular form, dense population, and inadequate access infrastructure. To reduce potential damages from future earthquakes, the following strategic interventions are recommended:

- Reconstruction and structural reinforcement of deteriorated buildings using advanced technologies;
- Reconfiguration of the access network to eliminate dead ends and widen emergency routes;
- Designation of safe zones for the deployment of rescue and relief facilities;
- Implementation of regulatory frameworks to manage the adjacency of hazardous land uses;
- Promotion of public crisis awareness through education, urban drills, and citizen engagement;
- Development of smart disaster management systems based on spatial data and predictive analytics.

This research underscores the utility of multi-criteria spatial modeling in GIS environments as a robust decision-support tool for urban crisis management and resilient planning.

5. Acknowledgment & Funding

- Authors are thankful to all interview participants for supporting this research.
- The manuscript did not receive a grant from any organization

6. Conflict of Interest

- The authors declare no conflict of interest.

ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر بحران زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهر شیراز)

میثم رضائی¹، فاطمه شاعر

۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه سلمان فارسی کازرون، کازرون، ایران.

۲- دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، شهر اصفهان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

کلان‌شهرهای کشور ایران در برابر بحران‌های طبیعی از جمله زلزله آسیب‌پذیر هستند. ممکن است به دلیل عدم آمادگی کافی و نبود مدیریت بحران، با وقوع زلزله به ویژه در کلان‌شهرها شاهد تلفات بالای جانی و مالی باشیم. با آگاهی از این موضوع که اگر جلوگیری از وقوع بعضی بحران‌ها امکان‌پذیر نیست، اما کاهش آسیب‌های ناشی از آن امکان‌پذیر است؛ مهمترین هدف این پژوهش ارزیابی خطرپذیری منطقه ۴ شهر شیراز در برابر بحران زلزله برای رسیدن به این مهم است.

روش تحقیق پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی است و اطلاعات مورد نیاز آن از طریق میدانی و کتابخانه‌ای گردآوری شده است. در این پژوهش ابتدا شاخص‌های موثر در آسیب‌پذیری از جمله شاخص درجه محصوریت، تراکم ساختمانی، تعداد طبقات و شناسایی و انتخاب گردید، سپس از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) لایه‌ها و وزن‌دهی و در نهایت عملیات روی هم‌گذاری آن‌ها و تهیه نقشه پهنه‌بندی در محیط GIS انجام پذیرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد غالب قطعات منطقه ۴ شهر شیراز در محدوده آسیب‌پذیر زیاد قرار دارند. همان‌گونه که از نقشه پهنه‌های آسیب‌پذیر محدوده مشخص است، شمال شرقی منطقه و همچنین غرب منطقه (محل کشن) در محدوده آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار دارد و سایر قسمت‌های منطقه با توجه به نوع بافت آن در محدوده آسیب‌پذیری متوسط و زیاد واقع شده‌اند. در سایر بخش‌های محدوده انواع آسیب‌پذیری از قانون خاصی تبعیت نمی‌کند.

دوره: ۱

شماره: ۱

صفحه: ۳۶-۱۷

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۳/۰۷

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش نهایی:

۱۴۰۴/۰۳/۲۲

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۰۵/۱۰

واژگان کلیدی: مدیریت بحران، بحران زلزله، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کلان‌شهر شیراز، منطقه چهار.

نحوه ارجاع به این مقاله:

میثم رضائی، فاطمه شاعر. (۱۴۰۴). ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر بحران زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهر شیراز). *مطالعات بازآفرینی شهری*، ۱(۱): ۳۶-۱۷.

نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی شهرسازی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه سلمان فارسی کازرون، کازرون، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: m.rezaei@kazerunsfu.ac.ir

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری



© نویسنده(گان) حق نشر و حقوق انتشار کامل را حفظ می‌کنند.

۱- مقدمه

بررسی‌های تاریخی نشان می‌دهد که زلزله یکی از شدیدترین مخاطرات طبیعی بوده که انسان‌ها با آن مواجه هستند و جان و مال انسان‌ها را تهدید می‌کند (رحمن^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). بر اساس ارزیابی‌های صورت پذیرفته بر روی ۱۱۰۰ زلزله اتفاق افتاده در قرن بیستم؛ ۹۰ درصد خسارات و تلفات انسانی بر اثر ریزش ساختمان‌هایی بوده که ایمنی لازم را نداشته‌اند (لانتادا^۲، ۲۰۰۸). گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۰۳ نشان می‌دهد ایران از نظر تعداد وقوع زلزله‌های بالای ۵/۵ ریشتری در رتبه اول جهان قرار دارد و از نظر تلفات مالی و جانی نیز رتبه بالایی دارد (گزارش سالانه سازمان ملل^۳، ۲۰۰۴). آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی و به ویژه بافت‌های فرسوده در برابر بحران زلزله، به عنوان یک مسأله بین‌المللی مطرح است؛ این مسأله برای کشورهای با درجه بالای مخاطرات طبیعی از جمله ایران بسیار بغرنج‌تر و پیچیده‌تر است (طاهری امیری و همکاران، ۱۳۹۹: ۶۲).

امروزه توسعه اقتصادی و شتاب شهرنشینی باعث شده جمعیت و ثروت با سرعت بیشتری در کلان‌شهرها متمرکز شوند. رشد سریع ساختمان‌ها و سیستم‌های زیربنایی در شهرها و وجود همزمان تأسیسات مهندسی جدید و قدیم شرایط پیچیده‌ای را برای محیط ساخته شده به وجود آورده است. در نتیجه، تکامل و تأثیر اجتماعی بلایای طبیعی از جمله زلزله پیچیده‌تر خواهد بود و مدیریت بحران با چالش‌های بیشتری مواجه خواهد شد (چانگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). از طرف دیگر بررسی‌ها نشان می‌دهد وضعیت نامطلوب برنامه‌ریزی شهری و عدم توجه کافی به شناسایی و کاهش خطرات شهری، منجر به بروز خسارات قابل توجهی می‌شود. عوامل متعددی از جمله کاربری نادرست زمین، ساخت و سازهای غیراستاندارد و زیرساخت‌های شهری فرسوده، میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی را افزایش می‌دهند. چنین عواقبی بر اثر وجود آسیب‌پذیری در ابعاد مختلف زندگی بشر پدید می‌آیند که بررسی و شناسایی آن‌ها متولیان مدیریت بحران را در کاهش خسارات ناشی از زلزله یاری خواهد داد (عیسی‌لو و همکاران، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر یکی از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند در کاهش یا افزایش خسارت‌های ناشی از بحران‌های طبیعی از جمله بحران زلزله اثرگذار باشد؛ وجود یک سیستم مدیریت بحران کارآمد است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۷).

طبق نظر پارک و همکاران یک سیستم مدیریت بحران کارآمد باید دربرگیرنده چرخه مدیریت بحران باشد. چرخه مدیریت بحران از نظر آن‌ها شامل چهار مرحله پیشگیری، آمادگی، پاسخگویی و بهبود است که بر اساس شرایط ویژه هر سکونتگاه باید ساختار آن طراحی شود و همین طور چارچوب سیاست‌گذاری‌ها، زیرساخت‌های اطلاعاتی و دیگر موارد وابسته به این ساختار است (پارک^۵ و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین ضروری است برای دستیابی به چنین ساختاری و برنامه‌ریزی برای هر کدام از مراحل مدیریت بحران بر روی شهرهای کشورهای مطالعات پژوهشی صورت پذیرد. از این رو در مطالعه حاضر جهت نیل به این هدف پژوهش حاضر بر روی شهر شیراز متمرکز شده است.

شهر شیراز به عنوان یکی از کلان‌شهرهای مهم کشور در منطقه‌ای با لرزه‌خیزی بالایی قرار گرفته است. با توجه به تعداد بسیار زیاد گسل‌ها (گسل زرقان، سلطان، بیدزرد، قلات، بزین) در سطح استان فارس و سوابق تاریخی فعالیت این گسل‌ها می‌توان به این نکته پی برد که امکان وقوع زلزله‌های عظیم در شیراز وجود دارد (مشک‌سار و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۷). آمارها نشان‌دهنده حداقل ۱۶ زلزله بزرگ در محدوده شیراز بین سال‌های ۱۲۹۱ تا ۱۸۹۴ میلادی است که بزرگی آن‌ها بین ۵/۹ تا ۷/۱ بوده است. در سوابق تاریخی شیراز زلزله‌های بزرگی مانند زلزله ۱۵۰۶ میلادی شیراز، ۱۶۲۳ میلادی مرودشت و شیراز، ۱۷۸۴، ۱۸۱۲، ۱۸۶۲، ۱۸۹۴ میلادی مرودشت شیراز ثبت شده است. بررسی‌ها گویای این مطلب‌اند که از سال ۱۹۲۵ میلادی به بعد، تقریباً هر ۲۰ سال یک بار زلزله‌ای با بزرگی ۵/۵ تا ۵/۷ در منطقه رخ داده است. طی ۹۰۰ سال اخیر بخش بزرگی از شهر شیراز حدود ۵ بار آسیب دیده است؛ در کنار عوامل مذکور عوامل متعددی سبب شده است تا احتمال آسیب‌پذیری شهر شیراز در برابر زلزله بیشتر شود؛ عوامل زمین‌شناسی از جمله وجود گسل‌های متعدد و موقعیت تکنونیک فعال، شیراز را به شهری با قابلیت لرزه‌خیزی بالا تبدیل کرده است. با توجه به عوامل فوق نیاز به انجام پژوهش در راستای شناسایی پهنه‌های پرخطر در برابر بحران زلزله لازم و ضروری به نظر می‌رسد؛ لذا پژوهش حاضر سعی دارد به ارزیابی و تحلیل فضایی آسیب‌پذیری منطقه ۴ کلان‌شهر شیراز در برابر بحران زلزله بپردازد.

1. Rahman
2. Lantada
3. United Nations Development Programme (UNDP)

4. Changhai
5. Park

۲- پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی در ارتباط با مدیریت بحران زلزله انجام پذیرفته است که تعدادی از آن‌ها به شرح ذیل است:

۱- کیانی^۱ و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود به بررسی آسیب‌پذیری شهر جدید عالی شهر بوشهر در برابر بحران زلزله با استفاده از GIS پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که رابطه مشخصی بین شاخص‌های آسیب‌پذیری، کیفیت فونداسیون، سقف، سن ساختمان و نوع مصالح ساختمانی وجود دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اگر فونداسیون ۸۲ درصد کیفیت داشته باشند، سقف و اسکلت ساختمان‌ها نیز به ترتیب ۵۸٪ و ۵۷٪ کیفیت ضعیف خواهند داشت.

۲- بسطامی^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای به توسعه توابع بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی در ایران پرداخته‌اند. هدف اصلی آن‌ها ارائه مدل‌های جدید آسیب‌پذیری لرزه‌ای هیبریدی برای ساختمان‌های مسکونی معمولی در ایران است و نهایتاً با استفاده از روش درخت منطبق برای ترکیب مدل‌های پایه استفاده کرده‌اند و ۲۶ مدل آسیب‌پذیری لرزه‌ای بر اساس سه ویژگی اصلی نوع مصالح، کیفیت ساخت و ارتفاع ساختمان توسعه داده‌اند.

۳- افشاری^۳ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بلوک‌های شهری تهران پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که ۲۹٪ از کل مساحت تهران در برابر زمین‌لرزه بسیار آسیب‌پذیر است و عواملی مانند نزدیکی به خطوط گسل، تراکم جمعیت بالا و عوامل محیطی برای ارزیابی آسیب‌پذیری زمین‌لرزه تأثیرگذاری بالاتری دارند. این رویکرد روش مند و انتخاب داده‌ها و روش‌ها می‌تواند بینشی در مورد مقیاس‌بندی مطالعه به مناطق دیگر ارائه دهد.

علاوه بر این؛

۴- هدف پژوهش یکرنگیان (۲۰۲۳)، تعیین امتیازات پایه RVS برای چهار ساختمان منتخب بدون تقویت بنایی^۴ (URM) و ساختمان‌های بنایی محدود شده^۵ (CM) متناظر آن‌ها بوده است. نتایج نشان می‌دهد که محصور کردن دیوارهای URM با بست‌های افقی و عمودی^۶ RC منجر به بهبود قابل توجهی در هر دو استحکام نهایی و نسبت شکل‌پذیری ساختمان‌های URM می‌شود و فرکانس طبیعی و استحکام ساختمان‌های مورد مطالعه به شدت تحت تأثیر مساحت نسبی دیوارها قرار دارند. علاوه بر این، میانگین امتیاز پایه RVS^۷ حاصل از ساختمان‌های CM، ۴۵ درصد بالاتر از امتیازهای پایه RVS ساختمان‌های URM متناظر آن‌ها بود و حساسیت آن‌ها به لرزه‌خیزی بالاتر منطقه، کمتر است؛ در نتیجه آسیب‌پذیری ساختمان‌های بنایی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

۵- منگ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش خود به بررسی و تحلیل مدیریت یکپارچه بحران زلزله بر ساختمان‌های شهری با استفاده از مدل مبتنی بر BIM-GIS پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد هم‌زمان فناوری‌های BIM و GIS می‌تواند موجب تقویت برنامه‌ریزی‌های استراتژیک مقابله با بحران زلزله شود و این موضوع می‌تواند به طور قابل توجهی خطرات بالقوه مرتبط با رویدادهای لرزه‌ای را کاهش دهد.

مشک‌سار و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای که با استفاده از روش RADIUS انجام شده نشان می‌دهند که منطقه ۳ کلان‌شهر شیراز به دلیل عواملی مانند جنس خاک، نزدیکی به گسل و بافت قدیمی شهر، در برابر زلزله بسیار آسیب‌پذیر است. این مطالعه هشدار می‌دهد که در صورت وقوع زلزله‌ای بزرگ، بیش از یک سوم ساختمان‌های این منطقه تخریب خواهند شد. همچنین، شبکه ارتباطی نامناسب و کمبود امکانات شهری، آسیب‌پذیری این منطقه را تشدید می‌کند.

زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)^۸ و با در نظر گرفتن ده شاخص مهم مانند دسترسی به مراکز درمانی و عمر ساختمان‌ها، کیفیت ساختمان، درجه محصوریت و... آسیب‌پذیری منطقه ۳ کلان‌شهر اصفهان در برابر زلزله را ارزیابی و پهنه‌بندی خطر کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بیش از نیمی از این منطقه در برابر زلزله بسیار آسیب‌پذیر است.

1. Kiani
2. Bastami
3. Afshari
4. Unreinforced Masonry (URM)

5. Confined Masonry (CM)
6. Reinforced Concrete (RC)
7. Rapid Visual Screening (RVS)
8. Inverse Hierarchical Weighted Process (IHWP)

نظم‌فر و علوی (۱۳۹۷) در پژوهشی به ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر شدت‌های مختلف زلزله، مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد در زلزله‌های با شدت ۶ و ۷ مرکالی به ترتیب بیش از ۶۵ و ۸۵ درصد ساختمان‌های این منطقه از شهر تهران آسیب‌پذیر هستند.

میردهقان اشکذری و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری شهر یزد در برابر زلزله پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین خسارت ناشی از بحران زلزله در شهر یزد متأثر از گسل مهریز- تفت خواهد بود و منطقه ۲ شهر یزد آسیب‌پذیرترین منطقه این شهر خواهد بود و مناطق ۱، ۴ و ۳ این شهر در مرتبه‌های بعدی آسیب‌پذیرترین مناطق شهری قرار دارند.

با بررسی پیشینه پژوهش می‌توان گفت که پژوهش حاضر با رویکردی نوین به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه چهار شهر شیراز در برابر زلزله پرداخته است. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر مدل‌های عمومی آسیب‌پذیری لرزه‌ای یا تحلیل‌های کلان‌مقیاس تمرکز داشته‌اند، این مقاله با تلفیق معیارهای کمی و کیفی، ارزیابی دقیق‌تری از سطح آسیب‌پذیری ارائه می‌دهد. به‌کارگیری شاخص‌های ترکیبی نه تنها امکان تحلیل جامع‌تری را فراهم کرده، بلکه شناخت بهتری از نقاط بحرانی منطقه مورد مطالعه را ارائه داده است، که می‌تواند مبنای مناسبی برای برنامه‌ریزی‌های مدیریت بحران و مقاوم‌سازی شهری باشد.

۳- مبانی نظری

بحران: بحران رویدادی است ناگهانی و شدید که به صورت طبیعی یا انسانی اتفاق می‌افتد و باعث خسارات گسترده از جمله مرگ و میر، آسیب‌های جسمی و تخریب زیرساخت‌ها می‌شود. این رویداد به قدری شدید است که امکان مقابله با آن با استفاده از امکانات و منابع معمولی و محلی وجود ندارد و نیازمند پاسخ‌دهی سریع و هماهنگ در سطح گسترده است (بروور و چارلز، ۲۰۰۰). به سخن دیگر بحران به موقعیتی اطلاق می‌شود که بیانگر درجه‌ای از تهدید نسبت به جان مردم، سلامتی آن‌ها و امکانات زندگی ایشان است (واو، ۲۰۰۰).

مدیریت بحران: مدیریت بحران علمی کاربردی است که با هدف پیش‌بینی، پیشگیری و آمادگی برای مقابله با بحران‌ها، به منظور کاهش خسارات و تسریع روند بهبود شرایط پس از وقوع بحران، طراحی شده است (تقوایی و همکاران، ۱۳۹۱: ۵).

چرخه مدیریت بحران: ۱- پیشگیری: با هدف کاهش احتمال وقوع بحران و آثار مخرب آن؛ ۲- آمادگی: با هدف افزایش آمادگی جامعه برای مقابله با بحران؛ ۳- مقابله: با هدف ارائه خدمات اضطراری در زمان وقوع بحران؛ و ۴- بازسازی: با هدف بازگرداندن جامعه به حالت پایدار (بدیع و رحیمی، ۱۳۹۷: ۴۴).

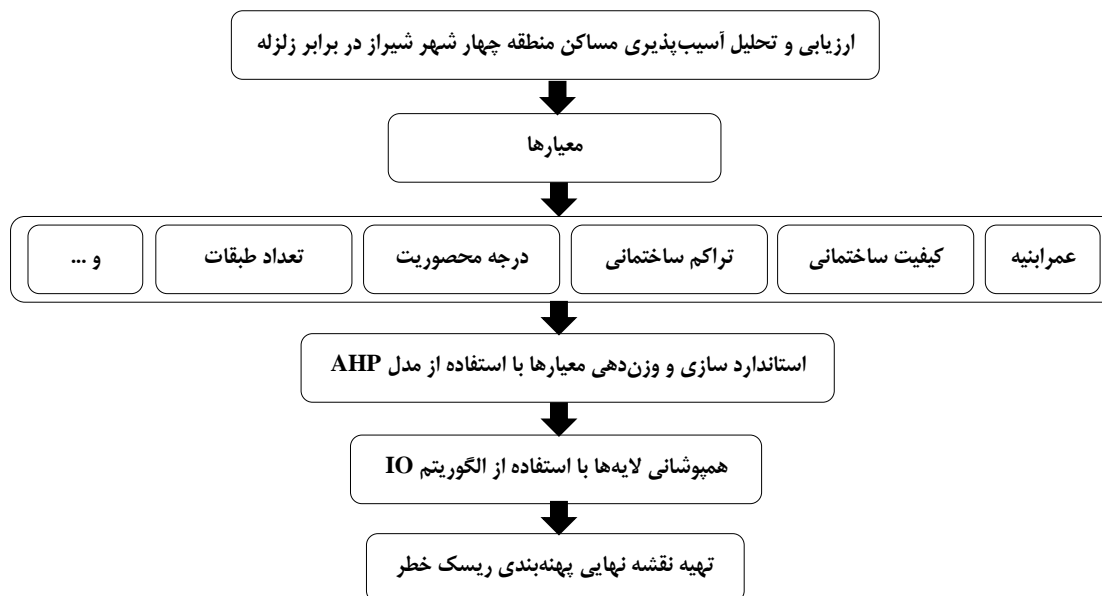
الگوی جامع مدیریت بحران: مدیریت بحران یک چرخه پیوسته است و چهار مرحله زمانی پیش از بحران، شروع بحران، حین بحران و پس از بحران می‌شود. بنابراین این چرخه را می‌توان در قالب نمودار شماره ۱ توصیف نمود. این الگو می‌تواند به عنوان یک الگوی جامع جهت مدیریت بحران مخاطرات طبیعی چه در مرحله پیاده سازی و چه در مرحله عملیاتی شدن مطرح باشد (قدمی و همکاران، ۱۴۰۲: ۶۰۹).



نمودار ۱. چرخه مدیریت بحران‌های طبیعی (قدمی و همکاران، ۱۴۰۲: ۶۱۰).

۴- روش پژوهش

پژوهش حاضر کاربردی است و روش تحقیق آن توصیفی-تحلیلی است که اطلاعات مورد نیاز آن به صورتی میدانی و کتابخانه‌ای گردآوری شده است. پژوهش ترکیبی از روش‌های تحقیق اسنادی، توصیفی و تحلیلی بوده است. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم افزار ArcGIS و ابزارهای تحلیل فضایی و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است.

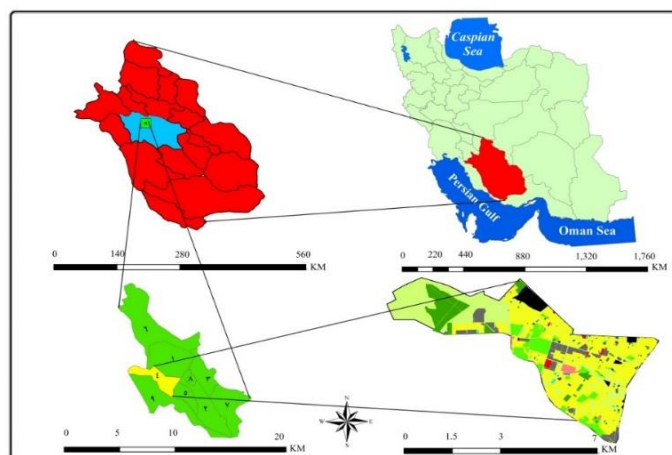


نمودار ۲. مدل مفهومی پژوهش

(مأخذ: نگارندگان)

• محدوده مورد مطالعه

شهر شیراز بزرگ‌ترین نقطه جمعیتی در نیمه جنوبی کشور است. این شهر در ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه طول جغرافیایی قرار گرفته است (وارثی و رضائی، ۱۳۹۱: ۱۱). ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۵۴۰ متر است (محمدی و رضائی، ۱۳۹۱). منطقه ۴ شهرداری شیراز یکی از مناطق ۱۱ گانه شهر شیراز است که در جنوب غربی این شهر واقع شده است. این منطقه در سال ۱۳۹۵ دارای ۲۵۷۱۱۸ نفر جمعیت بوده مساحت این منطقه در حال حاضر حدوداً ۴۱۰۳ هکتار است که بالغ بر ۲۵ درصد مساحت شهر شیراز را شامل می‌شود (سالنامه آماری شهرداری شیراز، ۱۴۰۰). شکل شماره ۱ موقعیت منطقه ۴ را در سطح کشور، استان و شهر شیراز نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت منطقه ۴ شهر شیراز در سطح کشور، استان و شهر شیراز

(ترسیم: نگارندگان)

۵- یافته‌ها

در این قسمت ابتدا به بررسی کلی و تحلیل وضعیت موجود مسکن منطقه ۴ شیراز از نظر شاخص‌های اجتماعی پرداخته شده است که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود:

- خانوار در واحد مسکونی

شاخص خانوار در واحد مسکونی یکی از شاخص‌های مهم در بررسی کیفیت مسکن است. اطلاعات موجود گویای آن است که ۳۹۳۳۵ خانوار در ۳۲۹۰۹ واحد مسکونی منطقه ۴ شهر شیراز ساکن هستند و بر این اساس، تراکم خانوار در واحد مسکونی در منطقه معادل ۱/۱۹ خانوار است (جدول شماره ۱).

جدول ۱. تراکم خانوار در واحد مسکونی در منطقه چهار و شهر شیراز

محدوده	تعداد خانوار	تعداد واحد مسکونی	خانوار در واحد مسکونی
منطقه ۴	۳۹۳۳۵	۳۲۹۰۹	۱/۱۹
شهر شیراز	۲۲۶۴۴۲	۱۸۹۲۸۶	۱/۱۹
نسبت منطقه ۴ به شهر شیراز	۱۷/۴	۱۷/۴	۱۰۰

منبع: سامانه اطلاعات جغرافیایی منطقه ۴ شهرداری شیراز

- شاخص نفر در واحد مسکونی

بر پایه نتایج سرشماری سال ۱۳۸۵، جمعیت منطقه ۴ معادل ۱۸۷۳۵۹ نفر بوده که بر این اساس و با توجه به وجود تعداد ۳۲۹۰۹ واحد مسکونی در منطقه، شاخص نفر در واحد مسکونی برابر با ۵/۷ نفر است (جدول شماره ۲).

جدول ۲. تراکم نفر در واحد مسکونی در منطقه چهار و شهر شیراز

محدوده	تعداد جمعیت	تعداد واحد مسکونی	نفر در واحد مسکونی	بعد خانوار
منطقه ۴	۲۳۶۹۰۰	۳۲۹۰۹	۵/۷	۴/۷۶
شهر شیراز	۱۲۰۴۸۸۲	۱۸۹۲۸۶	۵/۶	۴/۶۴
نسبت منطقه ۴ به شهر شیراز	۱۷/۸۰	۱۷/۳۹	۱۰۱/۷۸	۱۰۲/۵۸

منبع: سامانه اطلاعات جغرافیایی منطقه ۴ شهرداری شیراز

- تعداد اتاق در واحد مسکونی

بر اساس نتایج آخرین سرشماری، کل واحدهای مسکونی موجود در منطقه معادل ۳۲۹۰۹ دستگاه و تعداد کل اتاق‌ها برابر ۱۵۱۸۰۹ اتاق است که بر مبنای ارقام مذکور، شاخص متوسط تعداد اتاق در واحد مسکونی در منطقه معادل ۴/۶ اتاق است. بررسی‌ها حاکی از آن است که واحدهای مسکونی‌ای که دارای ۵ اتاق هستند بیشترین نسبت (۳۲ درصد) را به خود اختصاص داده‌اند. همانگونه که در جدول شماره ۳ آمده است تعداد متوسط اتاق نسبت به شهر شیراز وضعیت بهتری را دارد و دلیل اصلی آن به خاطر نوساز بودن و همچنین کوچکتر بودن وسعت اتاق‌ها نسبت به شهر شیراز است (جدول شماره ۳).

- تعداد نفر در اتاق

جمعیت منطقه در سال ۱۳۸۵ معادل ۱۸۷۳۵۹ نفر و تعداد کل اتاق‌های موجود ۱۵۱۸۰۹ اتاق بوده که بر این اساس، شاخص تعداد نفر در اتاق ۱/۲۳ نفر در اتاق محاسبه شده است (جدول شماره ۳).

جدول ۳. تراکم خانوار در واحد مسکونی در منطقه چهار و شهر شیراز

محدوده	تعداد جمعیت	تعداد اتاق	بعد خانوار
منطقه ۴	۱۸۷۳۵۹	۱۵۱۸۰۹	۱/۲۳
شهر شیراز	۱۰۵۳۰۲۵	۸۴۱۳۹۱	۱/۲۵
نسبت منطقه ۴ به شهر شیراز	۱۷/۷۹	۱۸/۰۴	۹۸/۴

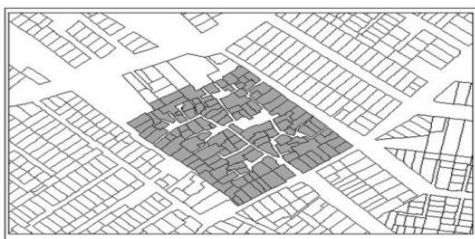
منبع: سامانه اطلاعات جغرافیایی منطقه ۴ شهرداری شیراز

- تحلیل و شناخت گونه‌های بافت مسکونی در منطقه

گونه‌های مختلف بافت مسکونی موجود در منطقه براساس شاخص‌های کیفیت مصالح بنا، اندازه قطعه، ترکیب قطعات و الگوی شبکه معابر بدین شرح‌اند: ۱- بافت ارگانیک، ۲- بافت تفکیکی مسأله‌دار، ۳- بافت تفکیکی متعارف، ۴- بافت از پیش طراحی شده (آماده‌سازی) ۵- بافت درشت مقیاس

- بافت ارگانیک

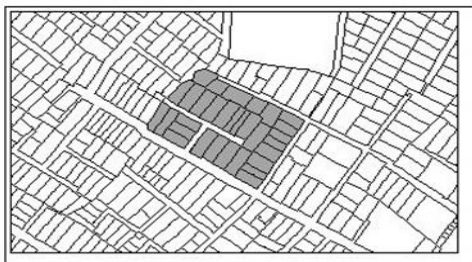
بافت ارگانیک شامل بافت روستاهای قدیمی‌ای است که به مرور زمان داخل محدوده شهر و منطقه چهار کنونی قرار گرفته‌اند. ابنیه قدیمی موجود در این بافت اغلب قدمت زیادی دارند و اکثراً با مصالح کم دوام (خشت و گل و یا خشت و چوب) ساخته شده‌اند. ساختمان‌های مسکونی موجود در این بافت نیز عمدتاً یک طبقه هستند. قدمت زیاد بناها، عدم رعایت اصول معماری و نامرغوب بودن مصالح ساختمان‌ها موجب شده که اکثر بناهای موجود در این بافت فرسوده شده و از کیفیت مناسبی در برابر بحران زلزله برخوردار نباشند. شبکه معابر این بافت‌ها پیچیده و دارای کوچه‌های پر پیچ و خم و تنگ است که پس وقوع بحران عملیات امدادسانی را با مشکل جدی مواجه می‌کند. از نظر ترکیب قطعات نیز به تبع بی‌نظمی فرم و اندازه هر یک از قطعات، نامنظم او در هم تنیده است. بافت ارگانیک موجود در منطقه ۴ شامل بافت‌های روستایی کشن، احمدآباد، درکی، قلعه عادل آباد و شاه قلی بیگی است.



شکل ۳. بافت ارگانیک محله عادل آباد

- بافت تفکیکی مسأله‌دار

بافت‌های تفکیکی مسأله‌دار شامل طرح‌های تفکیکی ساخته شده‌ای است که اندازه اغلب قطعات آن‌ها کمتر از ۱۵۰ متر بوده و معابر اصلی‌شان عموماً عرضی کمتر از ۸ متر دارند که عملیات امدادسانی را با مشکل مواجه می‌کنند. این نوع بافت که بخش زیادی از شمال شرق و قسمت‌هایی از شرق منطقه را در بر می‌گیرد، به تبع تفکیک اراضی کوچک ۵۰ سال دارند. ساختمان‌های موجود در بافت‌های مورد نظر عمدتاً با مصالح با دوام و به طور محدودتر با مصالح نیمه بادوام ساخته شده‌اند. ساختمان‌های با مصالح نیمه بادوام عمدتاً در بافت تفکیکی قدیم‌تر واقع در شمال شرق منطقه منطبق بر هسته اولیه شکل‌گیری و توسعه شهری منطقه (محله‌های اصلاح‌نژاد، قدمگاه، آبیاری، شبان و تل بادی) قرار دارند.



شکل ۴. بافت‌های تفکیکی مسأله‌دار با قدمت نسبتاً زیاد واقع در شمال شرق منطقه (محله قدمگاه)

- بافت تفکیکی متعارف

بافت‌های تفکیکی متعارف مشتمل بر طرح‌های تفکیکی ساخته شده‌ای هستند که قطعات آن‌ها عمدتاً بیش از ۱۵۰ متر مربع دارند و معابر اصلی‌شان دارای عرض ۸ متر و بیشتر است. این بافت‌ها عموماً بعد از سال ۱۳۵۷ شکل گرفته‌اند و دولت و سازمان‌های دولتی عمدتاً در قالب تعاونی‌های مسکن، نقش قابل توجهی در تفکیک و واگذاری اراضی آن‌ها داشته‌اند. تعدادی از این بافت‌ها نیز همچون کوی مهدیه، موی محمدیه و کوی شمال پست برق در دوره دوم توسعه کالبدی منطقه (۵۷-۱۳۴۱) به وجود آمده‌اند و از

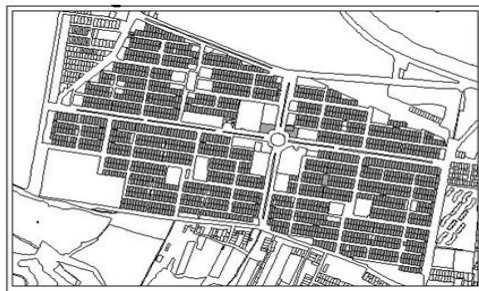
نظر عمر بنا دارای وضعیت مناسبی نیستند؛ اما ساختمان‌های مسکونی این بافت‌ها با مصالح با دوام ساخته شده‌اند و ابنیه با مصالح نیمه بادوام بندرت در آن‌ها دیده می‌شود. بافت‌های تفکیکی مورد نظر از نظر قطعه‌بندی چه از نظر اندازه و چه از نظر هندسی نظم خاصی دارند و فرم قطع‌ها در این بافت‌ها مستطیل است و نسبت مناسبی بین طول و عرض آن‌ها وجود دارد.



شکل ۵. بافت‌های تفکیکی متعارف قدیمی واقع در شمال غرب منطقه (محلّه مهدیه)

- بافت از پیش طراحی شده (آماده‌سازی)

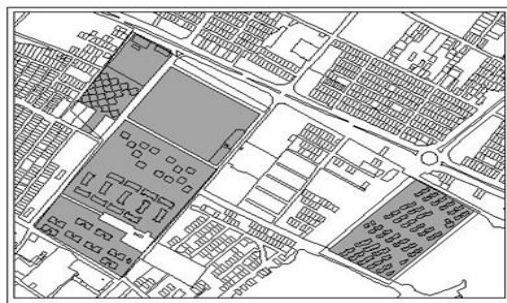
این بافت به دلیل طراحی قبلی در قالب طرح آماده‌سازی در مقایسه با بافت‌های تفکیکی متعارف از نظر بیشتری در اندازه و ترکیب قطع‌ها و شبکه دسترسی برخوردار است. تفاوت عمده‌ای که این بافت با بافت تفکیکی متعارف دارد آن است که ساخت‌وسازها در این نوع بافت‌ها بر اساس ضوابط مصوب تعیین شده برای کلیه قطع‌ها انجام می‌شود و بر این اساس تمامی قطع‌ها به لحاظ رعایت آن‌ها دارای نظم به مراتب بیشتری در تعداد طبقات، سطح اشتغال، تراکم ساختمانی و نظایر این‌ها هستند. از جمله این بافت‌ها می‌توان به شهرک میانرود، کوی فرهنگیان احمدآباد و شهرک والفجر اشاره کرد.



شکل ۶. بافت آماده‌سازی شهرک والفجر

- بافت درشت مقیاس

این نوع بافت شامل مجتمع‌های مسکونی ساخته شده‌ای است که بلوک‌های مسکونی دو طبقه و بیشتر در آن احداث شده و دارای عرصه مشترک‌اند. ساختمان‌های موجود در این بافت‌ها از مصالح بادوام ساخته شده‌اند. شبکه معابر مجتمع‌ها نیز با توجه به پیش‌اندیشگی موقعیت بلوک‌ها و همچنین رعایت اصول طراحی شبکه‌های دسترسی دارای نظم خاصی است. شبکه دسترسی در این بافت‌ها در موارد زیادی دارای الگویی شطرنجی است و یا گرایش زیادی به این الگو دارد.



شکل ۷. بافت درشت مقیاس در مرکز منطقه

- شناسایی پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری

با توجه به مطالب ذکر شده بر اساس هدف پژوهش که ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن منطقه ۴ شهر شیراز در برابر زلزله است، لازم گردید که این مسکن با توجه به یک سری پارامترها و شاخص‌ها مورد بررسی قرار گیرند. در این پژوهش برای ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن منطقه ۴ شهر شیراز از لایه‌های اطلاعاتی زیر استفاده شده است:

- اندازه قطعات ساختمانی

اندازه قطعات ساختمانی یکی از شاخص‌های مهم برای ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر بحران زلزله است. به گونه‌ای که هر چقدر که اندازه قطعات ساختمانی بزرگتر باشد از خطرات احتمالی کاسته می‌شود. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در بافت ارگانیک منطقه ۴، قطعات مسکونی ریزدانه‌اند و اندازه آن‌ها بسیار کوچک است. بررسی‌ها حاکی است که متوسط اندازه قطعات در این نوع بافت‌ها حدود ۱۴۵ متر مربع است و ۶۴/۷ درصد قطعات مساحتی کمتر از ۱۵۰ مترمربع دارند. در جدول ۴ اطلاعات قطعات ساختمانی سایر بافت‌ها آمده است.

جدول ۴. قطعه‌بندی و نسبت قطعات به تفکیک انواع بافت مسکونی

ردیف	نوع بافت	ارگانیک			تفکیکی مسئله‌دار			تفکیکی متعارف			از پیش طراحی شده		درشت مقیاس
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد		
۱	۰-۵۰	۲۸	۲/۹۹	۱۰۰	۰/۶۳	۱۱۷	۰/۶۶	۴۱	۰/۶۹	۰	۰	۰	
۲	۵۰-۱۰۰	۲۶۲	۲۷/۹۶	۹۵۲	۶/۰۴	۲۲۴	۱/۲۶	۴۶	۰/۷۷	۰	۰	۰	
۳	۱۰۰-۱۵۰	۳۱۶	۳۳/۷۲	۴۵۲۶	۲۸/۷۳	۶۴۳	۳/۶۲	۱۳۸	۲/۳۱	۰	۰	۰	
۴	۱۵۰-۲۰۰	۱۵۵	۱۶/۵۴	۴۶۹۵	۲۹/۸۰	۵۳۰۴	۲۹/۸۴	۲۷۷۵	۴۶/۵۳	۰	۰	۰	
۵	۲۰۰-۲۵۰	۸۲	۸/۸۶	۲۶۳۹	۱۶/۷۵	۴۳۸۲	۲۴/۶۵	۱۹۳۵	۲۳/۳۶	۰	۰	۰	
۶	۲۵۰-۳۰۰	۴۵	۴/۸۰	۱۴۹۳	۹/۴۸	۳۹۷۷	۲۲/۳۷	۹۴۰	۱۵/۷۶	۰	۰	۰	
۷	۳۰۰-۵۰۰	۴۴	۴/۷۰	۱۱۸۳	۷/۵۱	۲۷۰۶	۱۵/۲۲	۶۲۲	۱۰/۴۳	۰	۰	۰	
۸	۵۰۰ >	۴	۰/۴۳	۱۶۵	۱/۰۵	۴۲۳	۲/۳۸	۹	۰/۱۵	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	
	جمع کل	۹۳۷	۱۰۰	۱۵۷۵۳	۱۰۰	۱۷۷۷۶	۱۰۰	۵۹۶۴	۱۰۰	۱۹	۱۰۰	۱۰۰	

- عرض راه و ارتفاع جداره (درجه محصوریت)

درجه محصوریت شاخص بسیار مهمی است. چون با بالا رفتن درجه محصوریت (ارتفاع بیشتر ساختمان نسبت به عرض کم معبر) احتمال بسته شدن معابر افزایش می‌یابد که باعث می‌شود با ریخته شدن آوار ساختمان‌ها بر خیابان‌ها و بسته شدن آن‌ها، عملیات امداد و نجات و پناه‌گیری به مشکل خورد. طبقات ساختمان منطقه چهار شهر شیراز در عدد ۳ ضرب شد تا ارتفاع ساختمان‌ها به متر مشخص شود. سپس با تقسیم عدد به دست آمده به معبر مربوط به هر قطعه ساختمانی درجه محصوریت به دست آمد. بدیهی است که هرچه این رقم بالاتر باشد، نشان از آسیب‌پذیری بیشتری دارد.

- کاربری زمین

بسته به نوع کاربری کنار خیابان، احتمال آسیب‌پذیری بیشتر و یا کمتر می‌شود. به همین خاطر کاربری‌های محدوده مورد مطالعه به پنج دسته «کاربری‌های بسیار پرخطر، کاربری‌های متوسط خطر، کاربری‌های کم خطر و کاربری‌های بسیار کم خطر» در برابر زلزله تقسیم شده‌اند.

- شاخص‌های عمر بنا، کیفیت ابنیه و جنس مصالح:

۳ شاخص عمر بنا، کیفیت ابنیه و مصالح به کار رفته در ساختمان‌ها تاثیر بسیار مهمی بر میزان آسیب‌پذیری آن‌ها دارد. در این شاخص‌ها احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا (نوساز) در مقابل زلزله نسبت به ساختمان‌های مخروبه و مرمتی با عمر بالا بیشتر است.

جدول ۵. دسته‌بندی کاربری‌های منطقه ۴ از نظر درجه خطر در مقابل زلزله

نوع کاربری	خیلی کم خطر	کم خطر	متوسط خطر	پر خطر	بسیار پر خطر
مسکونی			*	*	*
تراکم کم					
تراکم متوسط					
تراکم زیاد					
آموزشی		*			
آموزش عالی و مدارس علمیه		*			
باغ و فضای سبز	*				
بهداشتی- درمانی			*		
اداری و انتظامی		*			
فرهنگی، گردشگری و پذیرایی		*			
حمل و نقل و انبارداری			*		
مذهبی			*		
صنعتی و کارگاهی			*	*	
تأسیسات			*		
تجاری				*	
ورزشی	*				
متروکه					*
رودخانه و مادی	*				
بایر	*				

جدول ۶. واحدهای مسکونی موجود در منطقه چهار برحسب نوع مصالح به کار رفته به تفکیک سال

نوع مصالح سال	اسکلت فلزی	آرمه بتن	آجر و آهک و سنگ	آجر و چوب یا سنگ و چوب	بلوک سیمانی	نظام آجر یا سنگ و آجر	تمام چوب	خشت و چوب	خشت و گل	سایر	جمع
۱۳۸۵	۱۳۳	۵۴۹	۱۲۹	۱	۲۹	۲۱	۱	۰	۰	۶	۸۶۹
۱۳۸۴	۲۳۳	۷۹۱	۲۶۶	۰	۳۵	۲۵	۱	۰	۱	۱۴	۱۳۶۶
۱۳۸۳	۴۵	۸۲۲	۳۸۵	۴	۴۱	۳۵	۰	۰	۲	۷	۱۳۴۱
۱۳۸۲	۳۹	۷۱۷	۲۶۹	۸۵	۴۶	۲۱	۰	۳	۱	۸	۱۱۸۹
۱۳۸۱	۱۵	۳۹۳	۲۶۰	۵	۴۲	۱۴	۰	۰	۰	۶	۷۳۵
۱۳۸۰	۴۰	۵۸۱	۶۴۰	۳	۶۴	۱۶	۰	۰	۰	۱۳	۱۳۵۷
۱۳۷۵-۷۹	۱۶۱	۹۲۱	۴۴۱۹	۱۵	۲۳۲	۲۴۵	۰	۱	۱	۹۹	۶۰۹۴
۱۳۶۵-۷۴	۳۲۳	۹۶۶	۱۰۹۱۸	۱۰۶	۹۵۲	۴۴۱	۱	۶	۳	۲۶۵	۱۳۹۸۴
۱۳۵۵-۶۴	۱۲۰	۴۴۲	۲۳۵۷	۳۴۵	۳۵۵	۸۶	۱	۱۸	۱	۷۴	۳۷۹۹
قبل از ۱۳۵۵	۲۵	۵۱	۱۱۵۵	۶۴۹	۲۱	۵	۰	۷۶	۲	۱۸۰	۲۱۷۵
تعداد	۱۱۳۴	۶۲۳۳	۲۰۸۰۹	۱۲۱۳	۱۸۱۷	۹۰۹	۴	۱۰۴	۱۱	۶۷۲	۳۲۹۰۹
جمع درصد	۳/۴۴	۱۸/۹۴	۶۳/۲۳	۳/۶۸	۵/۵۲	۲/۷۶	۰/۰۱	۰/۳۱	۰/۰۳	۲/۰۳	۱۰۰

با توجه به مباحث مطروحه در خصوص عمر ساختمان‌ها و نوع مصالح به کار رفته در آن‌ها، کیفیت ابنیه مسکونی در منطقه ۴ را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

الف- کلیه واحدهای ساخته شده از نوع مصالح بادوام و با عمر کم‌تر از ۱۵ سال نوساز و با قدمت کم‌تر از ۳۵ سال قابل استفاده تلقی می‌گردند.

ب- کلیه واحدهای ساخته شده از مصالح نیمه بادوام که عمر آن‌ها ۱۵ سال کمتر است مرمتی شناخته می‌شوند.

ج- سایر واحدهای مسکونی از نوع کم‌دوام را می‌توان تخریبی محسوب کرد.

بر اساس تقسیم‌بندی مذکور، در سال ۱۳۸۵ در کل منطقه ۳۰۷۳۴ واحد مسکونی قابل استفاده، ۲۰۵۵ واحد مرمتی و ۱۲۰ واحد تخریبی وجود داشته است. همچنین بر اساس اطلاعات موجود، حدود ۱۸ درصد از ساختمان‌های مسکونی منطقه حداقل ۲۲ سال عمر دارند که حدود ۵/۶ درصد از آن‌ها مربوط به قبل از سال ۵۵ (با قدمتی معادل ۳۵ سال) هستند. حدود ۳۹ درصد از کل ساختمان‌ها هم عمری کمتر از ۱۲ سال دارند.

- تعداد طبقات

تعداد طبقات شاخصی است که مشخص کننده میزان حجم آوار احتمالی بر معابر در مواقع زلزله است و در نتیجه با بیشتر شدن تعداد طبقات، امکان مسدود شدن خیابان‌ها و معابر و بالتبع امکان خدمات‌رسانی و امداد پایین می‌آید و بالعکس. در این پژوهش شاخص تعداد طبقات دارای ۵ زیر معیار از جمله ساختمان‌های یک طبقه، دو طبقه، سه طبقه، چهار طبقه و بیش از ۵ طبقه است. بر اساس اطلاعات موجود، میانگین طبقات ساختمان‌های مسکونی منطقه بالغ بر ۱/۲۱ طبقه است. این شاخص در گونه‌های مختلف بافت مسکونی تفاوت‌های اندکی را نشان می‌دهد.

جدول ۷. میانگین طبقات برحسب گونه‌های مختلف بافت مسکونی موجود در منطقه

نوع بافت	میانگین طبقات
ارگانیک	۱/۰۷
تفکیکی مسئله‌دار	۱/۲۰
تفکیکی متعارف	۱/۲۷
آماده سازی	۱/۱۱
درشت مقیاس	۴/۰۰
کل منطقه	۱/۲۱

- شبکه دسترسی

عناصر شبکه‌های ارتباطی و دسترسی شامل، سلسله مراتب با تنوع و تعدد در دسترسی‌ها، نحوه دسترسی به واحدهای مسکونی در وضعیت بحرانی زلزله، عرض، طول و شیب معابر، تناسب ارتفاع جداره‌ها، فاصله تقاطع‌ها، فضاهای باز فرود هلیکوپتر، موقعیت فرودگاه‌ها و ایستگاه‌های راه‌آهن، شبکه‌های حمل و نقل عمومی، تعداد پل‌های ارتباطی، پیچ و خم جاده، سرانه و درصد شبکه ارتباطی نقش مهمی در فرار بازماندگان از موقعیت بحرانی ایفا می‌کنند (ساسان پور و موسی‌وند، ۱۳۸۹: ۳۲-۳۳). دسترسی‌ها، زمان کمک‌رسانی به مصدومین با دشواری و وقفه زیاد صورت می‌پذیرد. طبیعی است که با از دست رفتن ساعات عملیات طلائی امداد و نجات، تعداد کشته شدگان نسبت به مجروحان اولیه افزایش می‌یابد (مشک ساز و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۸۶). در جدول ۸ رابطه عرض شبکه معابر و رابطه آن با آسیب‌پذیری آورده شده است.

در بافت ارگانیک منطقه چهار، شبکه راه‌ها نامنظم و باریک و پیچ در پیچ است. در بعضی از روستاها مثل درکی و عادل‌آباد، شبکه‌های مهم دسترسی به صورت مستقیم یا غیرمستقیم با در برگرفتن قطعات مسکونی به یک میدان ختم می‌شود و بقیه راه‌های فرعی متصل به آن، دسترسی واحدهای مسکونی را فراهم می‌کنند. شبکه اصلی دسترسی در روستای احمدآباد شامل یک خیابان اصلی است که بافت را دور می‌زند و کوچه‌های بن بست یا بن‌باز منتهی بدان، تأمین‌کننده دسترسی واحدهای مسکونی به خیابان اصلی هستند. این وضعیت در بافت روستای کشن نیز مشاهده می‌شود. دو معبر مهم، هسته قدیمی روستا را به سه قسمت تقسیم می‌کنند و کوچه‌های فرعی و بن بست با اتصال به معابر مذکور، دسترسی ساکنان آن‌ها را فراهم می‌کنند.

جدول ۸. رابطه عرض معبر با میزان آسیب‌پذیری

عرض شبکه معابر	درجه آسیب‌پذیری
معابر با عرض بیشتر از ۱۴ متر	آسیب‌پذیری کم
معابر با عرض کمتر از ۹ تا ۱۴ متر	آسیب‌پذیری متوسط
معابر با عرض کمتر از ۳ تا ۹ متر	آسیب‌پذیری زیاد
معابر با عرض کمتر از ۶ متر و بن بست	آسیب‌پذیری بسیار زیاد

مأخذ: (خاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸: ۸)

- تراکم ساختمانی

تراکم ساختمانی شاخص مهمی است که با بیشتر شدن آن احتمال تخریب و آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود. در این پژوهش این شاخص به ۶ زیر معیار از تراکم ساختمانی بین ۱۵ تا ۵۰ درصد، تراکم ساختمانی بین ۵۰ تا ۷۵ درصد، تراکم ساختمانی بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد، و تراکم ساختمانی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ درصد، تراکم ساختمانی بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ درصد و تراکم ساختمانی بیش از ۲۵۰ درصد تقسیم شده است. جدول شماره ۸ تراکم ساختمانی منطقه چهار را نشان می‌دهد. شاخص تراکم ساختمانی در سطح منطقه چهار معادل ۷۶/۲۰ درصد است و این نشان دهنده آن است که منطقه به طور کلی از این نظر در حد متوسطی قرار گرفته است. همچنین با توجه به این جدول بررسی شاخص تراکم ساختمانی در بین بافت‌های پنج‌گانه نشان می‌دهد که بافت تفکیکی متعارف شده با ۷۸/۷۳ درصد بالاترین و بافت ارگانیک با ۶۸/۵۱ درصد، کمترین تراکم ساختمانی را دارند.

جدول ۹. تراکم ساختمانی برحسب گونه‌های مختلف بافت مسکونی

نوع بافت	مساحت زیربنا (مترمربع)	مساحت زمین (مترمربع)	تراکم ساختمانی (مترمربع)
ارگانیک	۹۲۹۹۸/۵۲	۱۳۵۷۳۶/۴۴	۶۸/۵۱
تفکیکی مسئله‌دار	۲۲۸۰۰۳۰/۹۷	۳۰۲۹۴۲۳/۳۷	۷۵/۲۶
تفکیکی متعارف	۳۴۶۸۸۲۴/۷۱	۴۴۰۵۸۸۶/۸۱	۷۸/۷۳
آماده‌سازی	۹۲۳۱۲۲/۳۹	۱۳۱۵۱۰۱/۰۳	۷۰/۱۹
درشت‌مقیاس	۳۵۱۰۶۰/۰۰	۴۵۹۴۸۵/۰۰	۷۶/۴۰
کل منطقه	۷۱۱۶۰۳۶/۵۹	۹۳۴۵۶۳۲/۶۴	۷۶/۱۴

- همجواری کاربری‌ها

بررسی همجواری کاربری‌ها با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها، به مطالعه نحوه قرارگیری کاربری‌ها می‌پردازد؛ زیرا هر یک از کاربری‌ها در زمان وقوع زلزله اثر متفاوتی بر یکدیگر می‌گذارند. از این رو همجواری کاربری‌های سازگار در زمان وقوع حادثه حائز اهمیت است (شریف زادگان و فتحي، ۱۳۹۰: ۱۱۵). عدم سازگاری کاربری‌ها می‌تواند در موقع بروز زلزله باعث افزایش حوادث ثانویه از جمله آتش‌سوزی یا نشت مواد سمی و ... شود به عنوان مثال قرارگرفتن یک پمپ بنزین یا وجود کارخانه صنعتی در کنار کاربری مسکونی می‌تواند باعث ایجاد خسارات ثانویه به یک ساختمان شود؛ هر چند که ممکن است آن ساختمان از نظر سازه‌ای یا سایر شاخص‌ها هیچ گونه مشکلی نداشته باشد (احدنژاد و جلیل پور، ۱۳۹۰: ۵).

بررسی موقعیت و نحوه همجواری و ترکیب انواع بافت‌های مسکونی موجود در منطقه شامل بافت ارگانیک، بافت تفکیکی مسئله‌دار، بافت تفکیکی متعارف، بافت از پیش طراحی شده (آماده‌سازی) و بافت درشت‌مقیاس نشان می‌دهد که از یک سو، پخش و پلائی شهری^۱ زیادی در نحوه استقرار بافت‌های مسکونی موجود در منطقه دیده می‌شود و از سوی دیگر، بافت‌های مختلف و حتی مشابه غالباً به صورت ناهمخوان و ناهماهنگ در کنار یکدیگر و یا در جوار کاربری‌های ناسازگار قرار گرفته و ترکیبی غیرمنظم و مغشوش را به وجود آورده‌اند. بررسی‌های مذکور حاکی است که پخش و پلائی و عدم همجواری و ترکیب مناسب بافت‌های مسکونی منطقه ناشی از علل متعددی است که اهم آن‌ها عبارتند از:

۱- موقعیت حاشیه‌ای منطقه تا چند دهه اخیر

۲- نبود طرحی جامع و کلی که تعیین‌کننده نحوه مکان‌یابی و همجواری و ترکیب مناسب بافت‌های مسکونی باشد.

موقعیت حاشیه‌ای و بیرون‌بودگی اراضی منطقه تا حدود دو دهه اخیر باعث استقرار بخشی از صنایع و کارگاه‌های مزاحم شهری در اراضی منطقه به ویژه در حاشیه جاده بوشهر (بولوار امیرکبیر) و جاده عادل‌آباد (بولوار عدالت) گردیده است. صنایع و کارگاه‌های مزاحم و همچنین بافت‌های مسکونی موردنظر به لحاظ قرارگیری در خارج از محدوده قانونی شهر و عدم امکان نظارت مناسب از سوی شهرداری جهت رعایت ضوابط و ملاک‌های شهرسازی در مکانیابی و ساخت آن‌ها و نبود طرحی خاص برای تعیین مکان و نحوه چیدمان و همجواری بافت‌های مسکونی با یکدیگر و یا کاربری‌های ناسازگار مزبور، غالباً بدون ضابطه خاصی مکان‌یابی و ساخته شده‌اند. عوامل مذکور باعث شده که از یک سو، بافت‌های مسکونی به صورت پراکنده در سطح منطقه استقرار یابند و در ترکیب با اراضی باز و بایر بزرگ مقیاس مابین آن‌ها، پخش و پلائی شهری را در سطح منطقه به وجود آورند و از نظر سوی، دیگر بافت‌های مختلف و حتی مشابه اکثراً به صورت ناهمخوان و ناهماهنگ از نظر اندازه و فرم کلی زمین مورد تفکیکی، جهت‌گیری شبکه معابر،

1. Urban Sprawl

عرض معابر، اندازه قطعات و حتی سطح زیربنا، تعداد طبقات و مصالح ساختمانی در کنار یکدیگر و یا در جوار کاربری‌های نامناسب حاشیه‌ای همچون کارخانه سیمان، پشم شیشه، ریشمک و نظایر این‌ها قرار گیرند و بدین لحاظ، ترکیبی ناهماهنگ را در سطح منطقه به وجود آورند.

– ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی

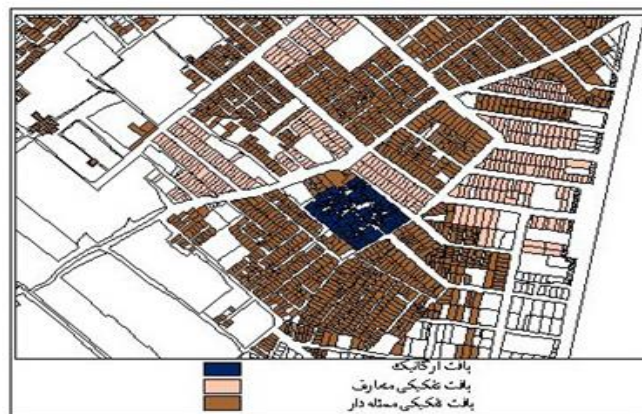
در این تحقیق برای ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی از مدل AHP استفاده شده است. در این روش وزن‌دهی به معیارها در نرم‌افزار Expert Choice صورت می‌گیرد. روش کار بدین گونه است:

مرحله اول: تعیین ماتریس داده‌ها (ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی)

با توجه به ماهیت موضوع، لزوم استفاده از سیستم‌های جدید اطلاعاتی و ماهیت پیچیده و متنوع بافت‌های شهری، جهت شناسایی

محدوده‌های آسیب‌پذیر در برابر زلزله و به منظور شناسایی نقاط بالقوه برای مداخله در بافت از جمله انتقال یا تثبیت کاربری، احداث سایت‌های امداد و نجات و تعیین مسیرهای بهینه امداد رسانی و غیره چند شاخص مختلف همچون عرض راه و ارتفاع جداره (درجهٔ محصوریت)، تراکم ساختمانی، کاربری زمین، عمر ابنیه، کیفیت ابنیه و... مورد بررسی قرار گرفته است.

مرحله دوم: تعیین اهمیت و رتبه داده‌ها و محاسبه وزن معیارها (جدول شماره ۱۰).



شکل ۸. نحوه همجواری بافت‌های ارگانیک، متعارف و مسئله‌دار (محلّه عادل آباد)

در این پژوهش با توجه به نظرات کارشناسی افراد متخصص، ۱۰ شاخص ذکر شده در دسته‌های مختلف با درجات مختلف اهمیت آن رتبه‌بندی می‌شوند. بر این اساس با اهمیت‌ترین شاخص از نظر اهمیت آسیب‌پذیری در مقابل زلزله عدد ۱ و کم اهمیت‌ترین شاخص عدد ۱۰ را به خود اختصاص می‌دهد. در این میان شاخص‌های گسسته به شاخص‌های پیوسته تبدیل می‌شوند. این کار با تبدیل داده‌های وکتوری به رستری امکان‌پذیر است. ترتیب عملیات تبدیل داده‌های وکتوری به رستری در زیر آورده شده است (جدول ۱۰).

۱- در این مرحله داده‌های وکتوری^۱ که مقادیر گسسته دارند به داده‌های رستری^۲ با مقادیر پیوسته تبدیل شدند این کار توسط Spatial Analyst در نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از تابع Convert/ Features to Raster صورت گرفت. نکته مهم در این تبدیل ثابت نگاه داشتن مقادیر Pixel Size در تبدیل لایه‌های مختلف به رستر بود که با توجه به امکانات سخت‌افزاری موجود مقدار ۱ متر مربع انتخاب شد.

۲- پس از این مرحله ستون مقادیر داده‌ها بر اساس منطق فازی محاسبه، تقسیم و به هر داده مقداری بین صفر تا یک اختصاص داده می‌شود.

۳- در این مرحله با استفاده از Raster Calculator مقادیر فواصل فازی‌سازی می‌شود و برای فواصل مورد نظر یک طیف پیوسته با توجه به تعداد دسته‌های طبقه‌بندی شده هر شاخص اختصاص داده می‌شود.

1. Vector

2. Raster

جدول ۱۰. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مکان‌یابی هتل

وزن نهایی	اندازه قطعات	شبکه دسترسی	تعداد طبقات	کاربری ها	همجواری	تراکم ساختمانی	درجه محصوریت	نوع کاربری	عمر ابنیه	کیفیت ابنیه	جنس مصالح	اطلاعاتی لايه‌های
۰.۲۰۶	۵	۴.۵	۴	۳.۵	۳	۲.۵	۲	۱.۵	۱	۱	جنس مصالح	
۰.۱۷۵	۴.۵	۴	۳.۵	۳	۲.۵	۲	۱.۵	۱	۱	۱	کیفیت ابنیه	
۰.۱۴۴	۴	۳.۵	۳	۲.۵	۲	۱.۵	۱	۱	۱	۰.۶۶	عمر ابنیه	
۰.۱۱۸	۳.۵	۳	۲.۵	۲	۱.۵	۱	۱	۱	۱	۰.۵	نوع کاربری	
۰.۰۹۵	۳	۲.۵	۲	۱.۵	۱	۱	۱	۱	۰.۶۶	۰.۵	درجه محصوریت	
۰.۰۷۶	۲.۵	۲	۱.۵	۱	۱	۱	۱	۰.۶۶	۰.۵	۰.۴	تراکم ساختمانی	
۰.۰۶۱	۲	۱.۵	۱	۱	۱	۰.۶۶	۰.۶۶	۰.۵	۰.۴	۰.۳۳	همجواری کاربری‌ها	
۰.۰۵	۱.۵	۱	۱	۱	۰.۶۶	۰.۶۶	۰.۵	۰.۴	۰.۳۳	۰.۲۸	تعداد طبقات	
۰.۰۴۱	۱	۱	۱	۰.۶۶	۰.۵	۰.۴	۰.۳۳	۰.۲۸	۰.۲۸	۰.۲۲	شبکه دسترسی	
۰.۰۳۵	۱	۱	۰.۶۶	۰.۵	۰.۴	۰.۳۳	۰.۲۸	۰.۲۸	۰.۲۵	۰.۲۰	اندازه قطعات	
۱	۲۸	۲۴	۲۰.۱۶	۱۶.۶۶	۱۳.۵۶	۱۰.۸۹	۸.۶۷	۶.۹۲	۵.۶۴	۴.۸۴	مجموع	

مأخذ: نگارندگان

جدول ۱۱. مراحل وزن‌دهی به معیارها و زیر معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری

معیار	وزن	زیر معیار	وزن	معیار	وزن	زیر معیار	وزن
نوع کاربری اراضی	۰.۱۱۸	خیلی کم خطر	۰.۰۵۹	تعداد طبقات	۰.۰۵	یک طبقه	۰.۰۲۵
		کم خطر	۰.۱۱۸			دو طبقه	۰.۰۰۵
		متوسط خطر	۰.۱۷۷			سه طبقه	۰.۰۰۷۵
		پر خطر	۰.۰۳۵۴			چهار طبقه	۰.۰۱۵۰
		بسیار پر خطر	۰.۰۴۷۲			بیش از چهار طبقه	۰.۰۲۰۰
شبکه دسترسی	۰.۰۴۱	معیار بیش از ۱۴ متر	۰.۰۰۴۱	کیفیت ابنیه	۰.۱۷۵	نوساز	۰.۰۰۸۷
		معیار ۹-۱۴ متری	۰.۰۰۸۲			قابل نگهداری	۰.۰۱۷۵
		معیار ۳-۹ متری	۰.۰۱۲۳			مرمتی	۰.۰۶۱۲
		معیار بن بست کمتر از ۶	۰.۰۱۶۴			تخریبی	۰.۰۸۷۵
اندازه قطعات	۰.۰۳۵	۰-۵۰	۰.۰۱۰۵	تراکم ساختمانی	۰.۰۷۶	۱۵-۵۰	۰.۰۰۳۵
		۵۰-۱۰۰	۰.۰۰۸۷			۵۰-۷۵	۰.۰۰۴۰
		۱۰۰-۱۵۰	۰.۰۰۷۰			۷۵-۱۰۰	۰.۰۱۱۴
		۱۵۰-۲۰۰	۰.۰۰۵۲			۱۰۰-۱۵۰	۰.۰۱۵۲
		۲۰۰-۳۰۰	۰.۰۰۱۸			۱۵۰-۲۵۰	۰.۰۱۹۰
		بیش از ۳۰۰	۰.۰۰۱۷			۲۵۰-۴۲۰	۰.۰۲۲۸
درجه محصوریت	۰.۰۹۵	کمتر از ۰/۳	۰.۰۰۴۷	جنس مصالح	۰.۲۰۶	اسکلت فلزی	۰.۰۱۰۳
		۰/۳-۰/۶	۰.۰۰۶۶			بتن آرمه	۰.۰۱۴۴
		۰/۶-۰/۹	۰.۰۰۷۶			آجر و آهن	۰.۰۱۶۴
		۰/۹-۱/۲	۰.۰۱۲۳			بلوک سیمانی	۰.۰۲۶۷
		۱/۲-۱/۵	۰.۰۱۶۱			سنگ و آجر	۰.۰۳۵۰
		۱/۵-۲	۰.۰۱۹۰			تمام چوب	۰.۰۴۱۲
		بیشتر از ۲	۰.۰۲۸۶			خشت و چوب	۰.۰۶۱۸
۰-۵ سال	۰.۰۰۷۲			ناسازگاری خیلی کم	۰.۰۲۴۴		

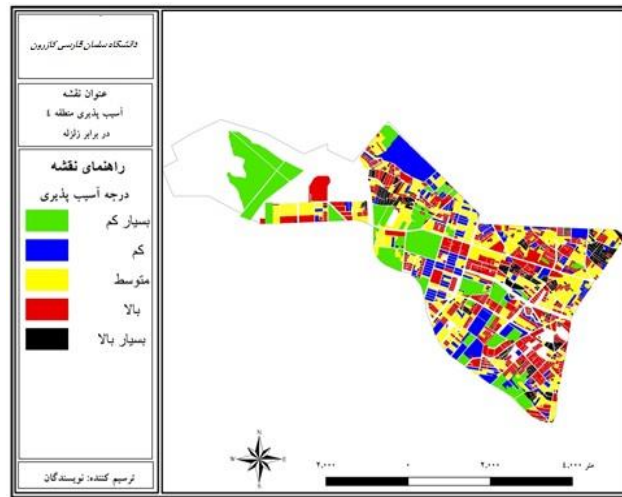
وزن	زیر معیار	وزن	معیار	وزن	زیر معیار	وزن
۰.۰۱۸۳	ناسازگاری کم	۰.۰۱۴۴	همجواری	۰.۰۶۱	عمر ابنیه	۰.۱۴۴
۰.۰۰۹۱	نیمه سازگار	۰.۰۲۱۶	کاربری ها			
۰.۰۰۶۱	سازگار	۰.۰۴۳۲				
۰.۰۰۳۰	سازگاری زیاد	۰.۰۵۷۶				

مأخذ: محاسبات نگارندگان

- ترکیب لایه‌های اطلاعاتی (تهیه نقشه نهایی آسیب پذیری)

در این تحقیق جهت ترکیب لایه‌ها با یکدیگر از مدل همپوشانی شاخص‌ها (IO^1) استفاده شده است. در این مرحله متناسب با رتبه کسب شده، وزن‌دهی به دسته‌های هر لایه صورت گرفته و با استفاده از ابزار Raster Calculator ستون‌های امتیازات مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده با یکدیگر جمع شده است.

در نهایت امتیازهای مربوط به هر قطعه ساختمانی از ۱۰ شاخص و دسته‌های طبقه‌بندی آن‌ها جمع و نقشه آسیب‌پذیری منطقه ۴ شهر شیراز در مقابل زلزله تولید شده است. نقشه آسیب‌پذیری منطقه ۴ در مقابل زلزله به ۵ بخش «خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد» تقسیم شده که میزان آسیب‌پذیری در هر قطعه زمین منطقه نمایش داده شده است.



شکل ۹. آسیب‌پذیری منطقه ۴ در برابر زلزله

مأخذ: محاسبات نگارندگان

مطابق شکل ۸ و جدول ۱۲، از مجموع قطعات منطقه ۴، حدود ۲۲.۸ درصد (معادل ۵۰۲۰ قطعه) بالاترین سطح آسیب‌پذیری را در برابر زلزله دارند. همچنین، ۴۱.۷ درصد از قطعات این منطقه (۱۴۲۷۴ قطعه) آسیب‌پذیری بالایی دارند. در مقابل، تنها ۹.۱ درصد از قطعات (۶۶۰ قطعه) کمترین سطح آسیب‌پذیری را نشان می‌دهند.

جدول ۱۲. میزان آسیب‌پذیری منطقه ۴ شهر شیراز

درصد	تعداد	آسیب‌پذیری	
۱/۹	۶۶۰	خیلی کم	منطقه ۴
۱۳/۰۱	۴۲۳۱	کم	
۲۹/۴۳	۱۰۲۰۴	متوسط	
۴۱/۱۷	۱۳۱۹	زیاد	
۱۴/۴۷	۵۰۲۰	خیلی زیاد	
۱۰۰	۳۲۹۰۹	جمع	

مأخذ: محاسبات نگارندگان

۶- بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که منطقه ۴ شهر شیراز به طور کلی از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله در وضعیت نامطلوبی قرار دارد. نتایج تحلیل‌ها بیانگر آن است که بخش قابل توجهی از قطعات این منطقه، به ویژه در نواحی شمال شرقی و غرب (محل کشتن)، در پهنه‌های با خطر بسیار زیاد و زیاد قرار دارند. این امر حاکی از آن است که در صورت وقوع زلزله، این مناطق متحمل خسارات جدی و گسترده‌ای خواهند شد. از سوی دیگر، نقشه پهنه‌بندی و توزیع نامتناسب امتیازهای آسیب‌پذیری در قطعات مختلف منطقه، بیانگر وجود بافت‌های ناهمگن و ترکیبی از ساختمان‌های قدیمی و جدید در این محدوده از شهر شیراز است. این تنوع در ساخت و ساز، باعث شده تا برخی مناطق علی‌رغم قرارگیری در پهنه‌های با خطر کمتر، به دلیل کیفیت پایین ساختمان‌ها، از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار باشند.

بنابراین با توجه به یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود اقدامات زیر جهت کاهش آسیب‌پذیری منطقه ۴ در برابر زلزله انجام شود:

- ۱- تقویت ساخت و سازها: تدوین و اجرای مقررات ساخت و ساز بر اساس آخرین دستاوردهای مهندسی زلزله و نظارت دقیق بر اجرای آن‌ها.
- ۲- بهسازی بافت‌های فرسوده: شناسایی و بهسازی بافت‌های فرسوده و مقاوم‌سازی ساختمان‌های قدیمی.
- ۳- آمادگی برای مقابله با بحران: برگزاری مانورهای آمادگی در برابر زلزله و آموزش شهروندان در خصوص نحوه مقابله با حوادث.
- ۴- توجه ویژه به مناطق با خطر بالا: تمرکز بر مناطق با خطر بسیار زیاد و زیاد و اجرای برنامه‌های ویژه برای کاهش آسیب‌پذیری این مناطق.

۷- منابع

- Afsari, R., Nadizadeh, S., Bakhshi, A. M., Lomer, M., Homaei, J., Arsanjani, J., (2023): Using Artificial Neural Networks to Assess Earthquake Vulnerability in Urban Blocks of Tehran. *Remote sensing*, 15(5):1248-1248. doi: 10.3390/rs15051248.
- Ahd-Nejad, M., & Jalilpour, Sh. (2011). Evaluation of external factors affecting structural vulnerability of old urban fabrics against earthquakes (Case study: District 1 of Khoy City). *National Seminar on the Application of GIS in Economic, Social, and Urban Planning*. [In Persian]
- Badi', P., & Rahimi, M. (2018). Assessment and measurement of urban transportation network resilience with a crisis management approach (Case study: District 2 of Tehran). *New Attitudes in Human Geography*, 10(2), 41-65. Dor: 20.1001.1.66972251.1397.10.2.3.3 [In Persian]
- Bastami., M, Abbasnejadfar., H, Motamed., A, Ansari., A, Garakaninezhad., A (2022). Development of hybrid earthquake vulnerability functions for typical residential buildings in Iran. *International journal of crisis risk reduction*, 25:103087-103087. doi: 10.1016/j.ijdr.2022.103087
- Brower, David, J & Charles, Bohl (2000): Principle and practice of hazard mitigation Emmetsburg, MD: FEMA. Emergency management higher education college course, April.
- Changhai Zhai, Yonggang Zhao, WeiPing Wen, Hao Qin, LiLi Xie, (2023). A novel urban seismic resilience assessment method considering the weighting of post-earthquake loss and recovery time, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 84, 2023, 103453, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103453>.
- Ghadami, M., Mahmoudzadeh, A., & Ghazi, I. (2023). Designing a strategic model for earthquake crisis management with a foresight approach aimed at reducing economic vulnerability (Case study: District 22 of Tehran). *Investment Knowledge Quarterly*, 12(4), 607-636. [In Persian]
- Hatami-Nejad, H., et al. (2009). Assessment of seismic vulnerability levels in urban areas (Case study: District 10, Tehran Municipality). *Human Geography Research*, 68, 1-20. [In Persian]
- Heidari, M. J. (2018). Assessment of urban fabric vulnerability to earthquake hazards (Case study: Old fabric of Zanzan City). *Journal of Territorial Geo-Engineering*, 2(3), 101-115. [In Persian]
- Hosseinzadeh, M., Ahmadi, A., & Samadi-Foroushani, M. (2021). Developing a dynamic earthquake crisis management model for Tehran using the System Dynamics (SD) approach. *Natural Environment Hazards*, 10(27), 67-90. <https://doi.org/10.22111/jneh.2020.33063.1617> [In Persian]
- Isa-Lou, Sh., Latifi, Gh., & Goodarzi, V. (2016). Assessment of physical vulnerability of District 1 in Tehran City to probable earthquakes using the IHWP method and GIS. *Geographical Information Quarterly (Sepehr)*, 25(100), 73-87. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2017.24807> [In Persian]

- Kiani, A, MoradiKuchi, and Pourtangestani, M (2017). The evaluation of the vulnerability of the urban fabric of Alishahr to earthquake using GIS software, *Revista QUID (Special Issue)*, 2473-2477.
- Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A. (2008). Vulnerability Index and Capacity Spectrum, Based Method for Urban Seismic Risk, *Evaluation Journal of Nathazards*, 51(3), 501-524, doi 10-007 11069 007-9212-4.
- Mirdahaqan-Ashkezari, S. A., Al-Modarresi, S. A., Rezaei, M. R., Nowjavani-Yashneghian, M. R., & Khiazi, M. (2022). Evaluation and analysis of the vulnerability of Yazd City to earthquakes using combined models. *Environmental Hazard Management Quarterly*, 9(3), 205–217. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2022.349160.747> [In Persian]
- Mohammadi, J., & Rezaei, M. (2012). Spatial analysis and site selection of CNG fueling stations in Shiraz City. *Spatial Planning Journal (Geography)*, 1(4), 111–132. [In Persian]
- Moshk-Sar, P., Izadi, H., Soltani, A., & Bazrgar, M. R. (2013). Assessment of physical vulnerability of urban fabrics to earthquakes using the RADIUS method (Case study: District 3, Shiraz Municipality). *Urban Planning Geography Research Journal*, 1(1), 115–129. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2013.50555> [In Persian]
- Moshk-Sar, P., Soltani, A., Izadi, H., & Bazrgar, M. R. (2015). Modeling physical vulnerability of urban fabrics to earthquakes within a GIS environment (Case study: District 3, Shiraz Municipality). *Urban and Regional Geography Planning*, 5(14), 177–194. <https://doi.org/10.22111/gaij.2015.1920> [In Persian]
- Nazmfar, H., & Alavi, S. (2018). Assessment of urban building vulnerability against different earthquake intensities (Case study: District 9 of Tehran Municipality). *Geographical Information Quarterly (Sepehr)*, 27(108), 165–181. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.34628> [In Persian]
- Park, H.H., Park, S.H., Kim, K.A. (2019). Disaster management and land administration in South Korea: Earthquakes and the real estate market, *Land Use Policy*, 85, pp. 52-62.
- Rahman, M., Asikunnaby, Chaity, N.J. et al. Earthquake preparedness in an urban area: the case of Dhaka city, Bangladesh. *Geosci. Lett.* 10, 27 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00281-y>.
- Sharif-Zadegan, M. H., & Fathi, H. (2011). Design and application of spatial models for seismic vulnerability assessment and analysis in urban planning and management. *Crisis Management Journal*, 46, 110–124. [In Persian]
- Shiraz Municipality. (2021). *Statistical Yearbook of Shiraz Municipality*. Shiraz Municipality Publications. [In Persian]
- Taghvai, M., Rezaei, M., & Naderi, B. (2012). Crisis management with emphasis on health-care centers (Case study: Valiasr Hospital, Kazeroon). *National Conference on Sustainable Architecture and Urban Development*. [In Persian]
- Taheri-Amiri, M. J., Abdollahzadeh, Gh., Javaheri-Barfroushi, M., & Haghighi, F. R. (2020). Earthquake vulnerability and crisis management in Babol City using GIS software. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 7(4), 62–77. <https://doi.org/10.22065/jsce.2018.121510.1491> [In Persian]
- Tao, Meng., Shiyun, Xiao., Yue, Cao., Irina, Maltseva., Lingsen, Zeng. (2024). An integrated review and analysis of urban building seismic crisis management based on BIM-GIS. *E3S web of conferences*, 542:01013-01013. doi: 10.1051/e3sconf/202454201013
- UNDP. (2004). *Reducing Crisis Risk, A Challenge for Development*.
- Varethi, H. R., & Rezaei, M. (2012). Spatial analysis and site selection of accommodation centers in historical cities (Case study: Hotels in Shiraz City). *Environmental Planning Journal*, 5(19), 1–26. [In Persian]
- Waugh, William (2000): *Living with Hazards/Dealing with Crisis an Introduction to Emergency Management*. Armonk, New York: M.E. sharper, Inc.
- Yekrangnia, M. (2023). (3) Seismic Vulnerability Assessment of Masonry Residential Buildings in the Older Parts of Tehran through Fragility Curves and Basic RVS Scores. *Buildings*, doi: 10.3390/buildings13020302.
- Zangi-Abadi, A., Rezaei, M., Momeni-Shahraki, M., & Mirzaei, S. (2013). Assessment of vulnerability in the central districts of Iranian metropolises against earthquakes using the IHWP model (Case study: District 3 of Isfahan City). *Geospatial Analysis Journal*, 3(8). [In Persian]