Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.11, Issue 31, Spring 2022

Assessing the vulnerability of urban areas to earthquake crises(Case study: Varzeqan city neighborhoods)

Manijeh Lalehpou[1*], Mansour Kheiri Zadeh[2], Morteza Zakeri[3]

1. *Corresponding Author*, Assistant Professor of Geography and urban planning, University of Maragheh, Iran.
2. PhD in Geomorphology, Teacher, University of Maragheh, Iran
3. M. A., University of Maragheh, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 12 April 2020
Revised: 03 December 2021
Accepted: 22 January 2022

Keywords:
Vulnerability,
Earthquake,
Crisis Management,
Varzeqan.

ABSTRACT

The risk of an earthquake always overshadows human societies and causes irreparable damage to them, so be prepared to deal with this crisis by identifying vulnerabilities and addressing them to reduce the damage. It is affected by earthquakes. In this regard, the present study examined the physical vulnerability of the neighborhoods of Varzeqan city concerning the 14 indicators affecting the vulnerability to earthquakes. The research method is descriptive-analytical, which has been done using spatial layers related to the mentioned indicators. To analyze and overlap the layers, the MAP ALGEBRA (RASTER CALCULATOR) method has been used in the GIS software environment. ANP method was used to weigh the layers. The results showed that a significant percentage of the city of Varzeqan is located in high and very high vulnerability classes. Even more than 70 percent of neighborhoods, such as Boubl Cheshmehsi, are in a highly vulnerable class. Considering the seismic vulnerability zoning of the city and the distribution of vulnerable classes in the city neighborhoods, it can be concluded that the whole area of Varzeqan city is more vulnerable to the occurrence of earthquakes. In neighborhoods with low and very low vulnerability classes, a significant area of the city, barren land uses, open spaces, agriculture, and green spaces occupy a significant percentage of the neighborhood space, and as a result, They have low earthquake resistance.

Cite this article: Lalepour, M., Kirizadeh, M., Zakeri, M. (2022). Assessing the vulnerability of urban areas to earthquake crises (Case study: Varzeqan city neighborhoods). Journal of Natural Environmental Hazards, 11(31), 1-24. DOI: 10.22111/jneh.2022.33931.1656

© Manijeh Lalehpou. Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2022.33931.1656

* Corresponding Author Email: m.lalepour@maragheh,ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۴۳۷۷-۲۶۷۶ شاپا الکترونیکی: ۴۳۸۵-۲۶۷۶
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره یازدهم، شماره ۳۱، بهار ۱۴۰۱

ارزیابی آسیب‌پذیری محلات شهری در برابر بحران زلزله (نمونه موردی: محلات شهر ورزقان)

منیژه لاله‌پور[1*]، منصور خیری زاده[2]، مرتضی ذاکری[3]

۱. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مراغه (نویسنده مسئول)
۲. مدرس گروه جغرافیا، دانشگاه مراغه
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مراغه

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۴

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۲

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۱۱/۰۲

واژه‌های کلیدی:
آسیب‌پذیری،
زلزله،
مدیریت بحران،
ورزقان.

چکیده

خطر زلزله همواره جوامع بشری را تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد و خسارت‌های جبران‌ناپذیری به این جوامع وارد می‌آورد. بنابراین، آمادگی مقابله با این بحران از طریق شناسایی نقاط آسیب‌پذیر و برطرف-کردن آنها در جهت کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله مؤثر است. در این راستا، این پژوهش، آسیب‌پذیری کالبدی محلات شهر ورزقان را در ارتباط با شاخص‌های ۱۴ گانه تأثیرگذار در آسیب‌پذیری در مقابل زلزله مورد بررسی قرار داد. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی است که با استفاده از لایه‌های مکانی مربوط به شاخص‌های یادشده انجام گرفته است. جهت تحلیل و همپوشانی لایه‌ها از روش MAP ALGEBRA (RASTER CALCULATOR) در محیط نرم‌افزار GIS بهره گرفته شده است. جهت وزن‌دهی لایه‌ها نیز از روش ANP استفاده گردید. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که درصد قابل‌توجهی از شهر ورزقان در کلاس‌های آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد واقع شده است. حتی افزون بر ۷۰ درصد محلاتی مانند بولبول چشمه‌سی در کلاس آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد جای گرفته‌اند. با توجه به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر و توزیع کلاس‌های آسیب‌پذیر در سطح محلات شهر، می‌توان نتیجه گرفت که کل پهنه شهر ورزقان نسبت به رخداد زمین‌لرزه آسیب‌پذیر است. در محلاتی که کلاس‌های آسیب‌پذیری کم و خیلی کم، وسعت قابل‌توجهی از شهر را در برگرفته، کاربری‌های بایر، فضاهای باز، کشاورزی و فضاهای سبز درصد قابل‌توجهی از فضای محله را اشغال نموده‌اند و درنتیجه از آسیب‌پذیری پایینی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند.

استناد: لا له پور, منیژه, خیری زاده, منصور, ذاکری, مرتضی. (۱۴۰۱). ارزیابی آسیب‌پذیری محلات شهری در برابر بحران زلزله (نمونه موردی: محلات شهر ورزقان). مخاطرات محیط طبیعی, ۱۱(۳۱)، ۲۴-۱. DOI: 10.22111/jneh.2022.33931.1656

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© منیژه لاله‌پور*، منصور خیری زاده، مرتضی ذاکری.

*- منیژه لاله‌پور (نویسنده مسئول) Email: m.lalepour@maragheh.ac.ir

مقدمه

همزمان با پیچیده‌ترشدن زندگی شهری، شهرها در ابعاد مختلف با مخاطرات طبیعی و بحران تکنولوژیک از یک سو و بحران‌های اجتماعی و امنیتی از سوی دیگر مواجه هستند. به همین دلیل در سال‌های اخیر، توجه بسیاری از برنامه-ریزان، دولت‌ها و ملت‌ها به موضوع آسیب‌پذیری و مدیریت آن جلب شده است (Wisner & Walker, 2005). برای کاهش آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار، شناخت ماهیت طبیعی و مکانی-فضایی مخاطرات، همچنین تفاوت‌های اجتماعی-فضایی آسیب‌پذیری جوامع و دلایل آن را باید شناخت (قدیری، ۱۳۹۰). در میان مخاطرات طبیعی، زلزله یکی از خطرناک‌ترین بلایای طبیعی عصر حاضر می‌باشد که اهمیت خود را به‌طور عینی نمایان کرده است. این پدیده به علت گستردگی قلمرو، کثرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خسارت‌های مالی و جانی است که بر اثر وقوع زلزله در بخش‌های مسکون کره‌ی زمین به‌خصوص در شهرها به وجود آمده است (حیدری، ۱۳۹۷). از این‌رو، مقابله با این بحران از طریق شناسایی نقاط آسیب‌پذیر و برطرف‌کردن آنها در جهت کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله مؤثر است (توکلی نیا و همکاران، ۱۳۹۸). در ادبیات مربوط به زلزله، آسیب‌پذیری به صورت میزان تحمل، پایداری و یا نجات از اثرهای یک بلای طبیعی در بلندمدت و به همان نسبت در کوتاه‌مدت تعریف شده است. مدیریت‌های ملی، محلی و شهروندان می‌بایست با به کار بستن اصول تاب‌آوری، جوامعی امن و پایدار خلق نمایند تا در مواقع بحران‌ها، پاسخ‌دهی و واکنش سریع و قدرت بازسازی پس از بحران را بیابند (Hernantes et al., 2019). مطالعات صورت‌گرفته در زمینه پدیده آسیب‌پذیری به‌طورکلی در دو زمینه متمرکز شده‌اند: مطالعات اولیه در مورد سوانح، عوامل خطرآفرین را به‌عنوان علت آسیب‌پذیری تعیین نموده است. بر این اساس، آسیب‌پذیری ساکنان نواحی فعال زلزله‌ای یا مکان‌های در معرض سیل، به‌دلیل سکونت در این نواحی است و در نواحی که تناوب و شدت این پدیده‌ها بیشتر است، آسیب‌پذیری هم بالاتر است. دسته دیگر مطالعات در این زمینه، بر این موضوع متمرکز شده که خطر خیزی از ویژگی‌های عادی کالبدی نواحی‌ای است که در آنها سانحه رخ می‌دهد و آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف مردم ساکن نواحی خطرخیز، بسته به سطح زندگی و وضعیت اجتماعی و اقتصادی آنها در نقاط مختلف دنیا، متفاوت است (پویان و ناطق الهی، ۱۳۷۸). از مهمترین معیارها در برنامه‌ریزی و مکان‌یابی کاربری‌های شهری، عامل ایمنی است. به‌خصوص طی سال‌های اخیر در قالب بحث مدیریت بحران، بیشتر به این موضوع توجه شده است (Milan et al, 2016). ایمنی کاربری‌ها درمقابل تهدیدات طبیعی، از مهم‌ترین مسائلی است که باید در مکان‌گزینی تأسیسات و کاربری‌های حیاتی به آنها توجه شود (Palimiere, 2016).

زلزله، یکی از سوانحی است که به سبب شرایط خاص جغرافیایی، کشور ما را همیشه مورد تهدید قرار می‌دهد. به-طوری که از ۴۰ نوع بلایای طبیعی ثبت‌شده در جهان، ۳۱ نوع آن در ایران به وقوع پیوسته و به‌عنوان یک کشور زلزله‌خیز ۶۹ درصد از مساحت آن روی گسل‌های فعال یا حواشی آنها قرار دارد و ۳۵ درصد مساحت آن با خطر جدی زمین‌لرزه مواجه است (رخشانی و همکاران، ۱۳۹۵). بر اساس گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۰۳ میلادی، ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر و یکی از بالاترین رتبه‌ها در زمینه آسیب‌پذیری از زلزله و تعداد افراد کشته‌شده در اثر این سانحه را داشته است (UNDP, 2004). این امر به دلیل تراکم بالای جمعیتی در شهرهای ایران باعث شده تا شهرها در برابر حوادث طبیعی آسیب‌پذیرتر باشند. ازاین-رو، شناخت و تعیین میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله به‌منظور برنامه‌ریزی جهت مدیریت بحران

قبل از وقوع زلزله الزامی می‌نماید. در این میان، شهرستان ورزقان به‌دلیل موقعیت استقرار، ساختار زمین‌شناسی و عوارض طبیعی، بلایای مختلفی را تجربه کرده است؛ نظیر کولاک شدید، زمین لغزش، سیل، تگرگ، زمین لرزه و... . متأسفانه، زلزله چند سال اخیر خسارت‌های جانی و مالی زیادی برای این منطقه به بار آورد. بنابراین، روند توسعه شهر ورزقان، مستلزم درنظرگرفتن اقدام‌های مناسب در جهت پیشگیری و کاهش اثرات بحران ناشی از زلزله‌های احتمالی بعدی است. در مورد میزان آسیب‌پذیری و پهنه‌بندی خطر زلزله پژوهش‌های فراوانی انجام گرفته است؛ اما از نظر روش‌شناسی و فرآیند انجام کار و مناطق موردمطالعه تقریباً با هم متفاوت بوده‌اند. مارتینلی و سیفای[1] (۲۰۰۸)، در پژوهشی با عنوان "ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و ارائه سناریوهای آسیب برای شهرهای ایتالیا"، با استفاده از مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری، میزان آسیب‌پذیری ساختمانی را ارزیابی نموده و درنهایت با ارائه مدلی، سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف را تخمین و به مدلسازی خسارت ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخته است. ژو و همکاران[2] (۲۰۱۸)، در پژوهشی که با هدف بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت‌پذیری بافت‌های شهری در زمان بروز زمین‌لرزه انجام داده‌اند، نشان داده‌اند که اعمال اقدام‌های پیشگیرانه برنامه‌ریزی عناصر کالبدی و اجتماعی بافت‌های شهری می‌تواند بر کاهش آسیب‌پذیری بافت‌ها در مواقع بحران مؤثر باشد. تانگ و ون[3] (۲۰۰۹)، در مقاله خود با استفاده از GIS و هوش مصنوعی AI یک سیستم شبیه‌سازی هوشمند ارزیابی اثرات فاجعه‌بار زلزله را برای ارزیابی خطر زلزله در شهر دیانگ کشور چین مورداستفاده قرار دادند. این سیستم برای تشخیص ضعف لرزه‌ای ساختارها در شرایط پیش از زلزله، ارزیابی سریع خسارت و فراهم ساختن شرایط فوری هوشمند پاسخگویی عمومی و دولتی در طول زلزله و بعد از آن کاربرد دارد. حسینی و دیگران[4] (۲۰۱۵)، در مقاله‌ی خود با توجه به گسل‌های فعال اطراف شهر کرمان، آسیب‌پذیری انواع کاربری‌های منطقه ۱۳ این شهر را ارزیابی کردند. آنان با کمک نرم‌افزار کارمانیا و GIS، میزان خسارت کاربری‌ها و تعداد تلفات را محاسبه نمودند. مشخص شد که با توجه به جمعیت شهر، فضای کافی برای عملیات امداد و نجات وجود ندارد. مدیری و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان "مدل‌سازی مناطق شهری در زمان وقوع زلزله (نمونه موردی: منطقه۳ تهران)"با استفاده از مدل تحلیل شبکه و ANP در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه سه تهران پرداخته‌اند. مؤلفه‌های انتخابی این پژوهش شامل: لرزه خیزی، تراکم جمعیت، همجواری کاربری‌ها، محصوریت معابر، دسترسی به راه، محدوده خدماتی بیمارستان‌ها، محدوده خدماتی آتش نشانی‌ها، محدوده خدماتی مراکز اورژانس و مراکز پلیس است. شاهیوندی و شیخی (۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان "ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شهری بر اساس اصول پدافند غیرعامل (مورد: شهر همدان)"، ۹ کاربری اراضی اصلی و ۲۳ کاربری اراضی فرعی را در محیط نرم‌افزار Super Decisions مقایسه و امتیازگذاری کرده و دوری و نزدیکی یا تراکم و پراکندگی از این معیارها را در محیط نرم‌افزار برآورد کرده است. سرانجام شهر همدان را بر اساس میزان آسیب‌پذیری به ۵ دسته طبقه‌بندی کرده است. عیسی‌لو و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان "ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی بافت منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله احتمالی با استفاده از روش IHWP و سیستم GIS"، از شاخص‌های پنج‌گانه تراکم جمعیتی، خطرپذیری کاربری اراضی، کیفیت ابنیه، عمر ابنیه، دسترسی

1 - Martinelli and Cifai
2 - XU et al
3 - Tang and Wen
4 - Hosseini et al

به مراکز امدادونجات، جهت ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری این منطقه استفاده کرده‌اند. مروری بر پژوهش‌های مرتبط با موضوع نشان می‌دهد که به دلیل واقع‌شدن ایران در کمربند زلزله‌خیز و تراکم جمعیت در شهرها، یکی از مسائل مهم در مناطق شهری، آسیب‌پذیری آنها در برابر بحران زلزله است. در این میان، ورزقان در استان آذربایجان شرقی، ازجمله نواحی آسیب‌پذیری است که به دلیل قرارگیری در محل برخورد کوه‌های البرز و زاگرس جزء مناطق زلزله-خیز کشور محسوب می‌شود (یاری حصار و حیدری ساربان، ۱۳۹۴). خطر زلزله در کل منطقه وجود دارد و آخرین زلزله رخداده در این منطقه در ساعت ۱۶:۵۳، ۱۱ آگوست ۲۰۱۲ (۲۱ مرداد ۱۳۹۱) با قدرت ۶،۴ در نزدیکی شهرهای اهر و ورزقان اتفاق افتاد و بعد از آن، زلزله‌ای دیگری در ساعت ۱۷:۰۴ با قدرت ۶،۳ بر اساس محل دقیق شبکه لرزه‌نگاری محلی (موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران IGUT) درست در زیر رویداد اول، در عمق حدود ۱۶ کیلومتری قرار گرفته است. در این زمین‌لرزه ۳۲۷ نفر کشته شده‌اند و بیش از ۳۰۰۰ مجروح و بیش از ۳۰۰۰۰ بی-خانمان برجای گذاشت. ساختمان‌ها در مناطق زلزله‌زده، سطوح مختلفی از آسیب را تجربه کردند. بیشتر ساختمان‌ها فرو ریختند. تعدادی از جاده‌ها با توجه به سطح گسل و ناپایداری‌های ژئوتکنیکی آسیب دیدند. بسیاری از خدمات ضروری (مانند بیمارستان‌ها) در مناطق مصیبت‌زده، آسیب دیده بودند (کردی، ۱۳۹۳). در این ارتباط این پژوهش، در پی پاسخ به این سؤال است که وضعیت آسیب‌پذیری محلات شهر ورزقان در برابر زلزله چگونه است؟ تا با شناخت وضعیت موجود، اولویت‌ها و اقدام‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی لازم در مقابل بحران احتمالی زلزله‌های بعدی مشخص شود.

داده‌ها و روش‌ها

نوع پژوهش، با توجه به هدف مطالعه از نوع کاربری و مبتنی بر روش بررسی توصیفی-تحلیلی می‌باشد. اطلاعات موردنیاز این پژوهش از طریق نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن، طرح جامع و تفصیلی شهر ورزقان، لایه‌های وضع موجود و همچنین از طریق اسناد، مجلات و کتب مرتبط با موضوع به‌دست آمده است. جهت تحلیل داده‌های مکانی پژوهش از نرم‌افزارهای ARC GIS، Super Decision و مدل ANP بهره گرفته شده است. مراحل کار بدین ترتیب بوده است که پس از بررسی عوامل مؤثر و تعیین اطلاعات مکانی و توصیفی لازم، معیارهای موردنظر برای مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر ورزقان در زمان وقوع زلزله تهیه گردید که در جدول شماره ۱ شاخص‌های یادشده ارائه شده‌اند. شاخص‌های یادشده با استفاده از نظرهای کارشناسانه و بر اساس طیف لیکرت اولویت‌بندی شده و سپس با استفاده از مدل ANP و در محیط نرم‌افزار Super Decisions وزن و اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها تعیین گردید و درنهایت وضعیت آسیب‌پذیری محلات شهر ورزقان در زمان وقوع زلزله مشخص گردید.

با مدنظر قراردادن ویژگی‌های محدوده موردمطالعه و موضوع پژوهش، از تعداد ۱۳ شاخص برای تعیین میزان آسیب پذیری محلات شهر ورزقان در برابر زلزله استفاده شده و برای تعیین اهمیت معیارها و زیر معیارها، ابتدا وزن‌ها از طریق دانش کارشناسی و داده‌ای به‌صورت مجزا محاسبه شده و سپس وزن مطلوب با مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده، تعیین گشته است. بعد از استخراج وزن هر کدام از شاخص‌ها به‌وسیله ANP، پس از اینکه تجزیه‌وتحلیل‌های لازم روی لایه‌ها انجام گرفت، به فرمت‌های متناسب رستری تبدیل شدند. درنهایت با استفاده از تلفیق و همپوشانی لایه‌ها (شاخص‌ها) با همدیگر از روش MAP ALGEBRA (RASTER CALCULATOR) در سیستم اطلاعات جغرافیایی

استفاده گردید. با استفاده از این روش، وزن هر کدام از شاخص‌ها در آن شاخص تأثیر داده شده است، سپس شاخص‌ها با همدیگر ترکیب و سرانجام نقشه نهایی که نشان‌دهنده نقشه توزیع فضایی میزان آسیب‌پذیری کلی فضاهای شهر ورزقان در برابر خطر زمین‌لرزه بود استخراج گردید.

جدول ۱: شاخص‌های شناسایی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله، به تفکیک محققان مختلف.

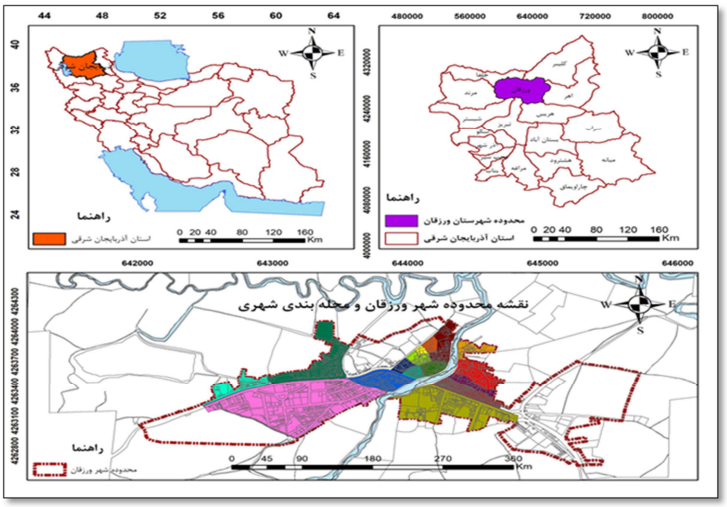
محقق / شاخص	توکلی نیا و همکاران (۱۳۹۸)	مختاری و همکاران(۱۳۹۷)	کرمی و امیریان (۱۳۹۷)	انوری و نظمی (۱۳۹۶)	کاظمی نیا و میمندی (۱۳۹۶)	طبیبیان و مظفری (۱۳۹۷)	عیسی لو و همکاران (۱۳۹۵)	حسینی و دیگران [1] (۲۰۱۵)	معرب و همکاران (۱۳۹۸)	شاهیوندی و شیخی (۱۳۹۷)	فلاحی و چاره جو (۱۳۹۸)	مدیری و همکاران (۱۳۹۶)
تراکم مسکونی	●			●		●		●	●	●	●	●
کاربری اراضی	●		●	●	●		●	●	●	●		●
تعداد طبقات		●	●		●	●		●		●	●	●
دانه‌بندی بافت		●	●	●		●				●	●	●
کیفیت بنا	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●
جنس مصالح			●		●	●			●	●		●
عمر ساختمان					●	●	●	●		●	●	
شبکه ارتباطی	●		●			●		●	●	●		
فاصله از آتش‌نشانی	●		●				●		●	●	●	●
فاصله از فضای باز	●	●	●		●						●	
فاصله از مراکز درمانی	●	●	●				●	●	●		●	●
لیتولوژی	●	●	●		●	●	●			●		●
درصد شیب			●			●		●			●	●

محدوده موردمطالعه

از لحاظ تقسیمات سیاسی شهر ورزقان در بخش مرکزی شهرستان ورزقان واقع شده است. ازنظر موقعیت جغرافیایی شهر ورزقان در مختصات ۴۶ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۶۷۰ متری از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). محدوده موردمطالعه این پژوهش شهر ورزقان است. مطابق آمار سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهر ۵۳۴۸ نفر و طبق محاسبات مشاوران راهبرد و پویا، مساحت شهر ورزقان ۳۱۰ هکتار می‌باشد. منطقه ورزقان از جنبه‌های متعدد ناهمواری، زمین‌شناسی، اقلیمی و به‌طورکلی خصوصیت‌های محیطی از تنوع گسترده‌ای برخوردار است. شهر ورزقان در منطقه کوهستانی قره‌داغ واقع شده و کوه‌های قره‌داغ از ترکیب آشفته و نامنظم با تخته‌سنگ‌های عظیم و فوق‌العاده صعب‌العبور تشکیل یافته است (مهندسان مشاور طرح راهبرد و پویا،

[1] - Hosseini et al

۱۳۸۹). از بین ۴۱ نوع بلایای طبیعی که در سطح جهان وجود دارد، تعداد ۳۱ مورد از این بلاها در مناطق مختلف ایران روی می‌دهد که در شهرستان ورزقان نیز بر اساس موقعیت قرارگیری، ساختار زمین‌شناسی و یا وجود عناصر طبیعی بلایای مختلفی هر ساله اتفاق می‌افتد؛ از جمله مخاطراتی که کل شهرستان را تهدید می‌کند و باعث خسارت‌های مالی و جانی می‌شود می‌توان به کولاک شدید، آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع، زمین‌لغزش، سیل، تگرگ، زمین‌لرزه و ... اشاره کرد. ورزقان نیز به سبب رخداد بلایای طبیعی از مناطق مستعد، علی‌الخصوص زلزله می‌باشد. شهرستان ورزقان ازجمله نواحی آسیب‌پذیری است که به‌دلیل قرارگیری در محل برخورد کوه‌های البرز و زاگرس، جزء مناطق زلزله‌خیز کشور محسوب می‌شود (شکل ۲) (یاری‌حصار و حیدری‌ساربان، ۱۳۹۴). بر اساس نقشه پهنه-بندی مقدماتی، خطر نسبی زلزله در ایران که از سوی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن منتشر شده است، شهرستان ورزقان به‌طورکلی ازنظر صدمه‌ها و آسیب‌های زلزله در محدوده با خطر نسبی متوسط قرار دارد؛ بنابراین باید در ساخت‌وسازهای جدید به این مسئله توجه جدی شود. با توجه به نقشه پهنه‌بندی، خطر زمین‌لرزه در منطقه آذربایجان بالاست ولی بخش اعظمی از شهرستان و به‌خصوص شهر ورزقان در منطقه زلزله‌خیزی با خطر متوسط قرار گرفته است (مهندسان مشاور طرح راهبرد و پویا، ۱۳۸۹).



شکل۱: نقشه موقعیت محدوده‌ی موردمطالعه. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*



شکل ۲: گسل‌های موجود در شهرستان ورزقان. *منبع: مهندسان مشاور طرح راهبرد و پویا ، ۱۳۹۸.*

یافته‌های پژوهش

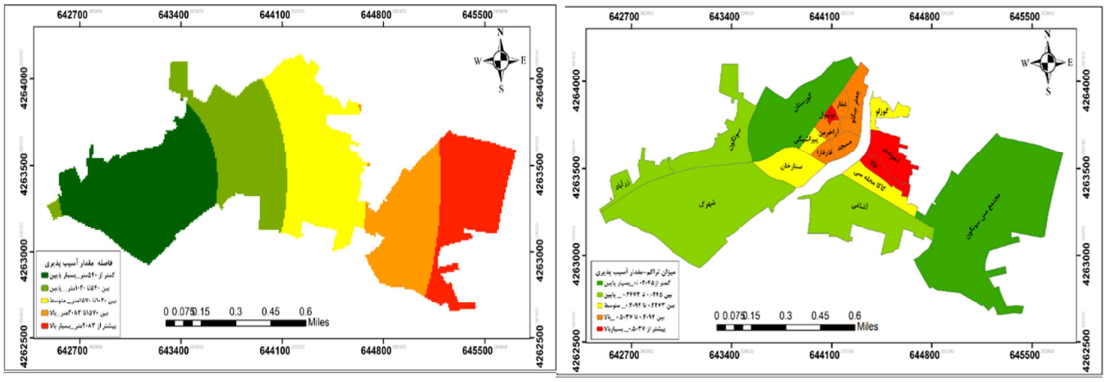
شناخت دقیق علل و آگاهی از میزان آسیب‌پذیری احتمالی عناصر تشکیل‌دهنده کالبد شهر می‌تواند نقش مؤثر و سازنده‌ای در برنامه‌های پیشگیری و کاهش خسارت‌های ناشی از سوانح و حوادث طبیعی داشته باشد. مطالب این بخش شامل: ۱. شناخت وضع موجود بر پایه نحوه استقرار عناصر شهری۲. خروجی حاصل از نرمالیزه‌کردن یا بی-بعدسازی معیارهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری ۳. خروجی حاصل از همپوشانی لایه‌ها (معیارها) به‌منظور تعیین مناطق آسیب‌پذیر.

شناخت و ارزیابی وضع موجود آسیب‌پذیری محلات شهر ورزقان بر پایه نحوه استقرار عارضه‌های شهری

تراکم مسکونی: هر چقدر تراکم مسکونی محلات بالا باشد، میزان آسیب‌پذیری نیز بالاست. لایه تراکم مسکونی (شکل ۳) بر پایه محلات عرفی شهر بر ۵ کلاس طبقه‌بندی شده است. در رابطه با متغیر تراکم مسکونی، محله‌های آخوندی، قالا محله‌سی و بلبل چشمه‌سی دارای تراکم مسکونی بسیار بالایی می‌باشند؛ بنابراین در رابطه با این متغیر از آسیب‌پذیری بسیار زیادی نسبت به رخداد زلزله برخوردار هستند. محله‌های قارقارا، جعفر بیگلو، غفار چشمه‌سی، آراخرمن و مسجد محله‌سی دارای تراکم بالا و درجه آسیب‌پذیری زیاد می‌باشند. محله‌های پیراشگی، کاکا محله‌سی و ستارخان به‌دلیل تراکم مسکونی متوسط دارای آسیب‌پذیری متوسط هستند. سایر محلات شهر ورزقان به‌دلیل تراکم مسکونی کم و خیلی کم از آسیب‌پذیری لرزه‌ای پایین‌تری نسبت به سایر محلات شهر برخوردار می‌باشند.

فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی: خدمات‌رسانی به موقع ایستگاه‌های آتش‌نشانی بیش از هر چیز مستلزم استقرار آنها در مکان‌های مناسب است که بتوانند در اسرع وقت و بدون مواجه‌شدن با موانع و محدودیت‌های محیط شهری از یک‌سو و با ایجاد کمترین آثار منفی بر زندگی ساکنان شهر از سوی دیگر، به محل حادثه برسند و اقدامات امدادی را به انجام برسانند. با توجه به این نکته که ایستگاه‌های آتش نشانی در هنگام بروز مخاطرات طبیعی علی‌الخصوص

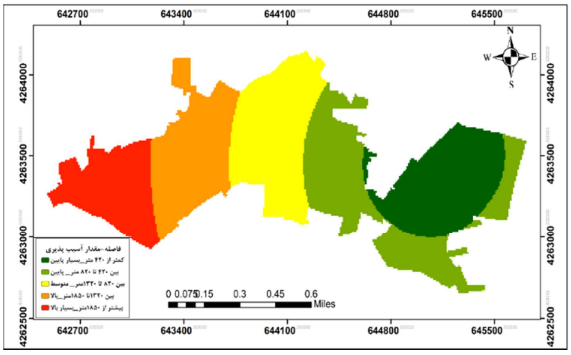
زلزله نقش حیاتی در نجات جان انسان ها دارند؛ نیاز به فاصله کم (دسترسی سریع) از ایستگاه آتش‌نشانی برای سایر کاربری‌ها به‌ویژه کاربری مسکونی ملموس می‌باشد. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که هر چقدر فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی کمتر باشد، سرعت عمل در خدمات‌رسانی سریع‌تر صورت می‌پذیرد و در نتیجه درجه آسیب‌پذیری از زلزله کاهش می‌یابد. با توجه به استقرار تنها ایستگاه آتش‌نشانی شهر در غرب شهر ورزقان (شکل ۴) که با تن رنگ سبز پر رنگ مشخص شده، میزان آسیب‌پذیری در این بخش از شهر به‌دلیل فاصله کم از ایستگاه مزبور و سرعت بالای امدادرسانی کم می‌باشد. در قسمت‌های شرقی شهر به‌دلیل فقدان ایستگاه آتش‌نشانی و فاصله زیاد با ایستگاه آتش‌نشانی واقع در غرب، به لحاظ آسیب‌پذیری در رده بالا و بسیار بالا قرار داردکه با تن رنگ قرمز مشخص شده است.



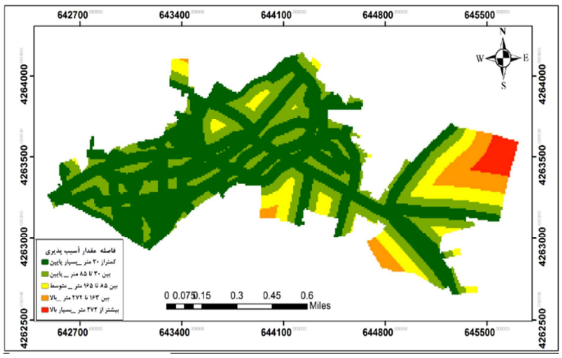
شکل ۳: تراکم مسکونی محلات. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

شکل ۴: فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

فاصله از مراکز درمانی: نزدیکی به مراکز درمانی (بیمارستان و درمانگاه) به واسطه‌ی امداد و نجات پس از وقوع زلزله تأثیر به‌سزایی در انتقال مصدومین در حداقل زمان ممکن به این مراکز، جهت امداد رسانی و نجات جان آنها دارد. ازاین‌رو دسترسی سریع و آسان به مراکز امداد و نجات، موجب تسریع عملیات امداد و نجات و خدمات‌رسانی می‌شود. به‌دلیل استقرار مرکز درمانی در شرق شهر ورزقان، میزان آسیب‌پذیری در این مناطق بسیار کم می‌باشد. در مقابل در نواحی غربی شهر به‌دلیل فقدان مرکز درمانی (شکل ۵) و فاصله زیاد با مرکز درمانی موجود در شرق شهر، به لحاظ آسیب‌پذیری در رده بسیار بالا و بالا قرار دارند.



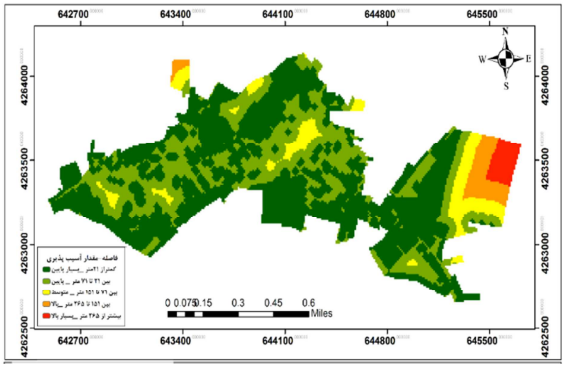
شکل ۵ : فاصله از مراکز درمانی. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*



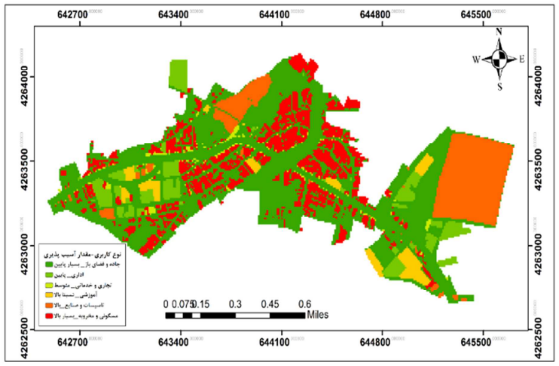
شکل ۶ : فاصله از شبکه‌های ارتباطی. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

دسترسی به معابر یا فاصله از شبکه‌های ارتباطی: عملکرد نهادهای امدادرسانی مانند مراکز درمانی، ایستگاه آتش‌نشانی و سایر نهادهای عملیاتی مثل هلال احمر و ... تا حد زیادی به معیار فاصله با مناطق زلزله‌زده وابسته بوده که این امر نیز به عملکرد معابر شهری وابسته می‌باشد. این معیار نیز همانند معیارهای قبلی بر اساس فاصله کم، برابر با مطلوبیت امدادرسانی و آسیب‌پذیری پایین می‌باشد. با توجه به نقشه دسترسی به معابر (شکل ۶)، اکثر فضاهای شهری ورزقان در فاصله کمتر از ۳۰ متر یا کمتر از ۸۵ متر از شبکه معابر قرار گرفته‌اند. تنها در مناطق شرقی ورزقان میزان فاصله از شبکه معابر بالاتر از ۲۷۲ متر می‌باشد که این نیز با توجه به تراکم مسکونی کم در این ناحیه چندان قابل‌توجه نیست.

دسترسی به فضاهای باز: سنجش آسیب‌پذیری ناشی از میزان فاصله تا فضاهای باز بر اساس امکان پناه‌گیری و اسکان موقت می‌باشد؛ به‌طوری‌که هر چه فضای باز در فاصله کمتری از کاربری‌های قرار داشته باشد، آسیب‌پذیری نیز به‌علت دسترسی سریع به آنها و پناه‌گیری، کمتر خواهد شد. با توجه به شکل ۷، اکثر فضاهای شهری ورزقان در کمتر از فاصله ۲۱ متر یا کمتر ۷۱ متر می‌باشند. تنها در مناطق شرقی ورزقان میزان فاصله از فضای باز بالاتر از ۲۶۵ متر می‌باشد (شکل ۸) که این نیز با توجه به تراکم مسکونی پایین در این ناحیه چندان قابل‌توجه نیست.



شکل ۷: دسترسی به فضاهای باز. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*



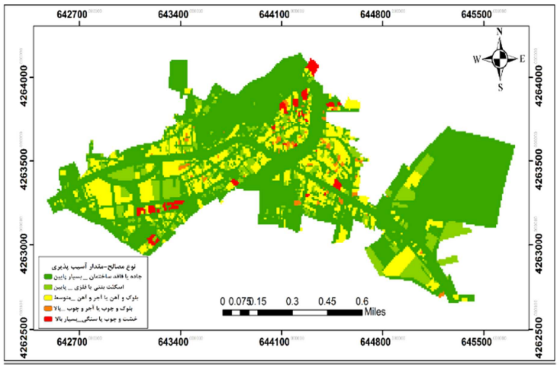
شکل ۸: نقشه کاربری اراضی. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

کاربری اراضی: بسته به نوع کاربری، احتمال آسیب‌پذیری، بیشتر یا کمتر می‌شود. کاربری‌های مسکونی یکی از مهم‌ترین کاربری‌هایی است که در سطح اراضی شهری به‌طور گسترده وجود دارد و از درجه آسیب‌پذیری بالا

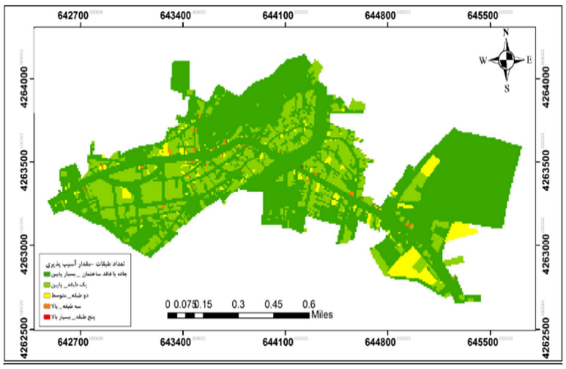
برخوردار می‌باشد. نقشه توزیع کاربری‌های شهر ورزقان (شکل ۸) حاکی از آن دارد که با توجه به تخصیص بالای فضای شهری به کاربری جاده و فضای باز، میزان آسیب‌پذیری نیز پایین می‌باشد. در نواحی مرکزی و بافت فرسوده ورزقان، میزان کاربری‌های مسکونی بالا می‌باشد که این امر به‌عنوان یک تهدید بالقوه محسوب می‌شود. استقرار کاربری‌های تأسیساتی و صنعتی نیز در مناطق مرزی شهر باعث تقلیل آسیب‌پذیری در مواقع بحرانی می‌گردد.

نوع مصالح: نوع مصالح سازه‌ها یکی از معیارهای مهم و مؤثر در تعیین ضریب آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله محسوب می‌شود. بدیهی است سازه‌هایی که با مصالح مقاوم و استاندارد بالا ساخته شده‌اند، ایمنی مناسبی در برابر زلزله داشته و امنیت بالایی برای ساکنان فراهم می‌کند. بجز مناطقی از بافت فرسوده شهر و قسمت‌هایی از منطقه غربی شهرکه دارای مصالح خشتی یا چوبی هستند و از آسیب‌پذیری بالا برخوردارند؛ در بیشتر مناطق از مصالحی با آسیب‌پذیری متوسط (آجر و آهن یا بلوک و آهن) استفاده شده است.

تعداد طبقات: با بالا رفتن تعداد طبقات ساختمانی، احتمال بسته‌شدن معابر به‌دلیل ریختن آوار ساختمان‌های بلندمرتبه بالا می‌رود و موجب اختلال در امر امدادرسانی می‌شود. همچنین به‌دلیل جمعیت زیاد ساکن در ساختمان-های چندطبقه، در زمان بروز حادثه، تخلیه‌ی ساکنان در این واحدها کندتر انجام می‌گیرد و به‌علت حجم آواربرداری بسیار زیاد نجات جان ساکنان ساختمان‌های بلند بسیار مشکل و دشوارتر است.



شکل ۹: نقشه نوع مصالح. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*



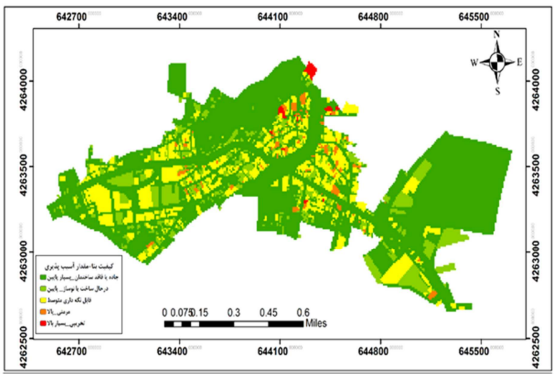
شکل ۱۰ : تعداد طبقات. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

در حالت کلی با افزایش تعداد طبقات، درجه آسیب‌پذیری ساختمان در برابر زلزله افزایش خواهد یافت. اکثر ساختمان‌های شهر، یک طبقه (شکل ۱۰) می‌باشد که موجب کاهش میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در مواقع بحرانی می‌گردد.

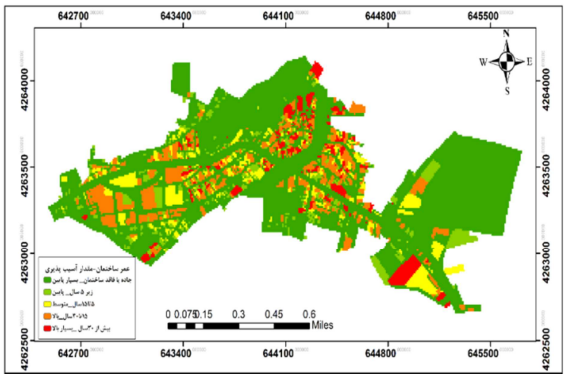
کیفیت بنا: این شاخص تأثیر بسیار مهمی بر میزان آسیب‌پذیری ساختمان دارد. احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا (نوساز) در مقابل زلزله، نسبت به ساختمان‌های مخروبه و مرمتی بیشتر بوده و دارای آسیب‌پذیری کمتری می‌باشد. در نقشه کیفیت بنا (شکل ۱۱) مشاهده می‌شود که بناهای قابل نگه‌داری، قسمت قابل‌توجهی را به خود اختصاص داده‌اند که این امر می‌تواند در آینده به‌عنوان تهدید قلمداد گردد. بخش اعظمی از بناهای مرمتی و تخریبی که دارای آسیب‌پذیری بالا می‌باشند، در بافت فرسوده شهر استقرار یافته‌اند.

عمر ساختمان: احتمال ایستادگی بناهایی با قدمت کم در مقابل زلزله، نسبت به ساختمان‌هایی با قدمت بالا بیشتر است. به‌عبارت‌دیگر، هرچقدر قدمت ساختمان کمتر باشد میزان آسیب‌پذیری آن در برابر زلزله نیز بیشتر است. میزان

آسیب‌پذیری در لایه عمر بنا در شهر ورزقان بالاست. به این‌صورت که قسمت قابل‌توجهی از نقشه یادشده را ساختمان‌هایی با عمر ۱۵ تا ۳۰ سال یا بیش از ۳۰ اشغال کرده است (شکل ۱۲) . بنابراین در این معیار کاملاً بدیهی می‌باشد که این شهر از منظر عمر بنا در درجه آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا می‌باشد که موجب بروز فاجعه در مواقع بحرانی می‌گردد.

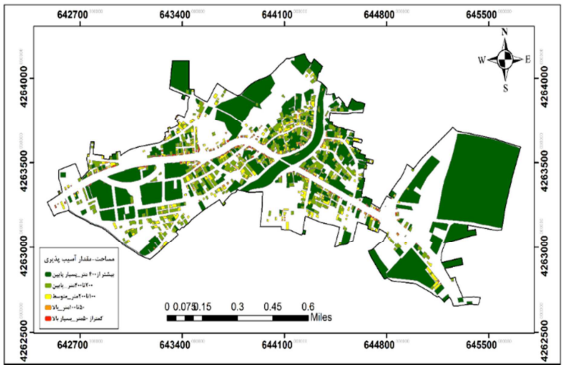


شکل ۱۱: نقشه کیفیت بنا. *منبع نگارندگان، ۱۳۹۸ .*

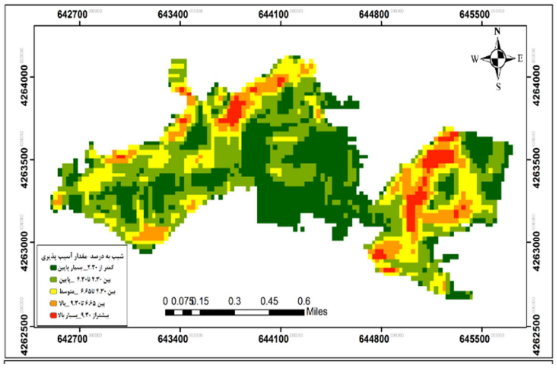


شکل ۱۲: نقشه عمر ساختمان. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸ .*

دانه‌بندی: دانه‌بندی به میزان مساحت قطعات تفکیکی گفته می‌شود. از منظر آسیب‌پذیری لرزه‌ای، هر چقدر میزان مساحت قطعات کوچک‌تر باشد، میزان آسیب‌پذیری نیز بیشتر است. در نقشه شماره ۱۳، قطعاتی با مساحت بالاتر از ۴۰۰ متر که ازنظر آسیب‌پذیری در درجه پایین قرار دارند، ملموس‌تر می‌باشند. هرچند قطعاتی کمتر از ۵۰ متر که دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند، در مناطقی که تراکم مسکونی بالاست مشاهده می‌شود.



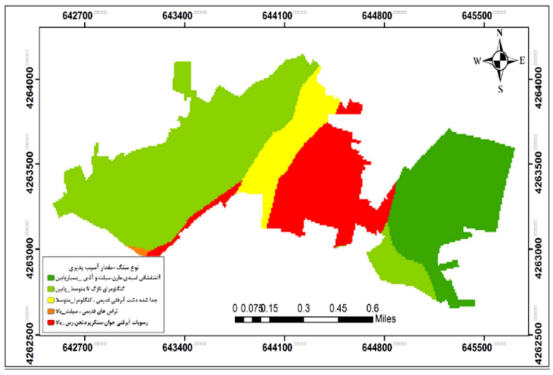
شکل ۱۳: اندازه قطعات تفکیکی. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸ .*



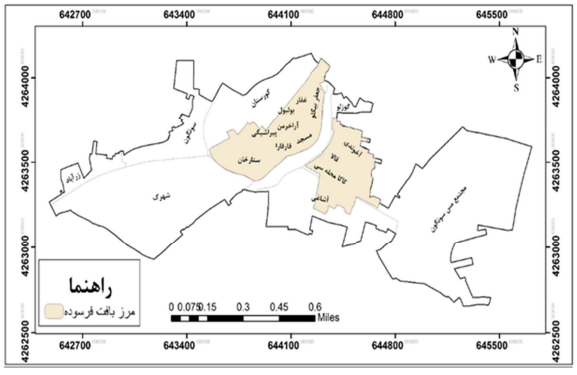
شکل ۱۴: نقشه شیب. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸

شیب: این شاخص از یک‌سو نوع نقش بسزایی در خسارت مستقیم زلزله داشته و از سویی دیگر با افزایش شیب، میزان لغزش‌ها تا حد معینی افزایش می‌یابد که این امر موجب افزایش آسیب‌پذیری می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، هر چقدر مقدار شیب بیشتر باشد پتانسل آسیب‌پذیری بالا می‌باشد. در قسمت‌های شرقی شهر (شکل ۱۴) و قسمت‌هایی از شمال شهر مشاهده می‌شود که شیب اراضی بالا و ازنظر آسیب‌پذیری خطر پذیرتر می‌باشند. با توجه به این نکته که در شرق شهر میزان تراکم مسکونی پایین بوده، بخش‌هایی از شمال شهر که دارای تراکم نسبتا بالا می‌باشد در مواقع بروز مخاطرات می‌تواند مشکلات عدیده‌ای را به وجود بیاورد.

لیتولوژی: جنس سنگ و درجه مقاومت آن در مقابل ایستائی تأسیسات ساختمانی و طبقات ساختمان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بدون شک در صورت عدم مقاومت مناسب نمی‌توان برای احداث ساختمان‌های چندطبقه و بزرگ بدون استفاده از راه‌کارهای فنی که هزینه‌های سنگینی را به همراه دارد، همت گماشت. در مرکز شهر تراکم مسکونی بالاست. میزان آسیب‌پذیری بالا از لحاظ لیتولوژیکی در این مناطق نیز می‌تواند مشکلات موجود را دوچندان نماید. غرب و شرق شهر از لحاظ آسیب‌پذیری به لحاظ معیار لیتولوژیکی از وضعیت مناسبی برخوردار هستند (شکل ۱۵) .



شکل ۱۵: نقشه لیتولوژی. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸ .*

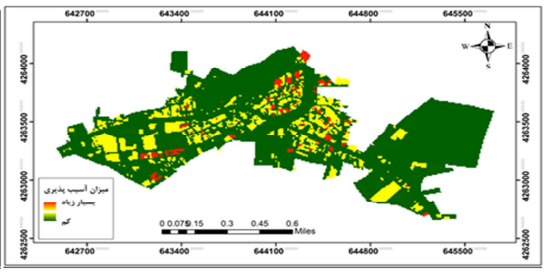


شکل ۱۶: نقشه بافت فرسوده. منبع، نگارندگان،

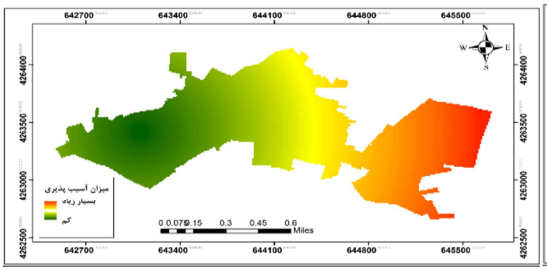
بافت فرسوده: نقشه بافت فرسوده (شکل ۱۶) در طبقه‌بندی معیارهای آسیب‌پذیری موردارزیابی قرار نگرفته است. اما می‌تواند در تحلیل‌ها به‌عنوان یک منطقه آسیب‌پذیر به امر پژوهش کمک نماید.

بی بعدسازی یا نرمالیزه‌کردن شاخص‌های تاثیرگذار در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر ورزقان

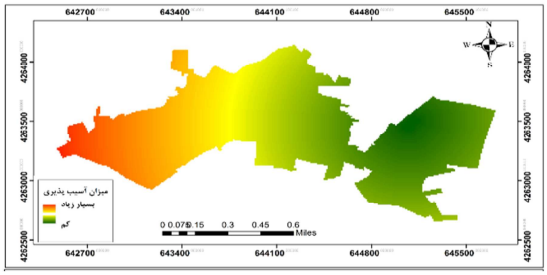
شاخص‌هایی که در تعیین آسیب مورداستفاده قرارگرفته، از اهمیت یکسانی برخوردار نبوده و هر کدام از شاخص‌ها نسبت به دیگری نقش‌های متفاوتی داشته که ممکن است تعیین‌کننده نیز بوده باشد. از سویی دیگر، با توجه به اینکه مقیاس هر یک از داده‌ها متفاوت بوده، از روش نرمال‌سازی یا بی‌بعدسازی استفاده گردیده است. نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس‌سازی یک مفهوم زیربنایی در فن‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند تکنیک AHP و ANP است که امکان مقایسه داده‌ها با معیارهای سنجش متفاوت را میسر می‌کند. شکل های ۱۷ الی ۳۰ مربوط به نرمالیزه‌سازی هر یک از شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر ورزقان است.



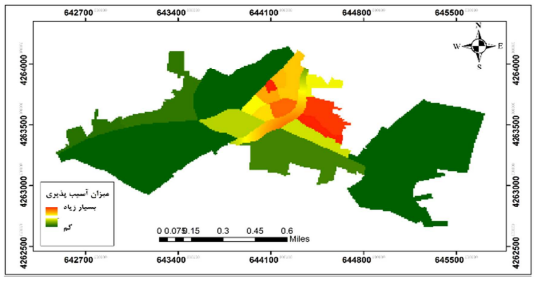
شکل۱۷: نقشه نرمالیزه نوع مصالح



شکل۱۸: نقشه نرمالیزه فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی



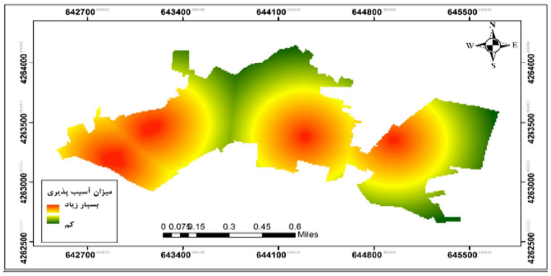
شکل۱۹: نقشه نرمالیزه فاصله از مراکز درمانی



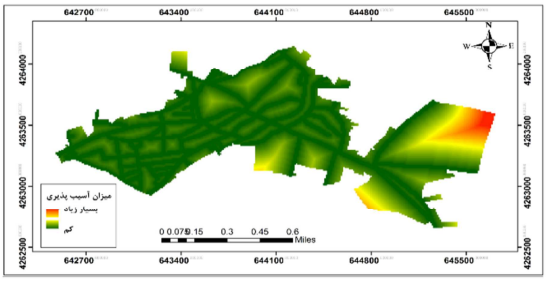
شکل۲۰: نقشه نرمالیزه تراکم مسکونی



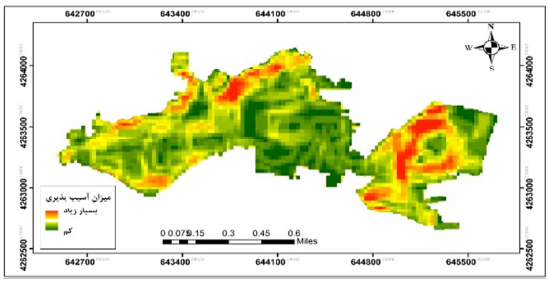
شکل۲۱: نقشه نرمالیزه فاصله از مراکز خطرزا



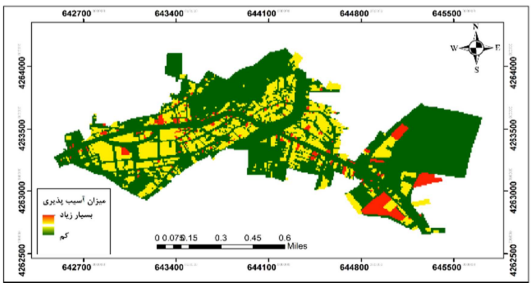
شکل۲۲: نقشه نرمالیزه دانه‌بندی



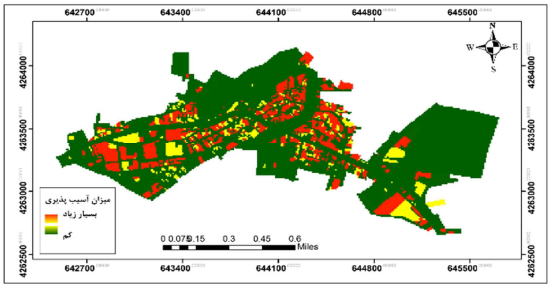
شکل۲۳: نقشه نرمالیزه دسترسی به شبکه ارتباطی



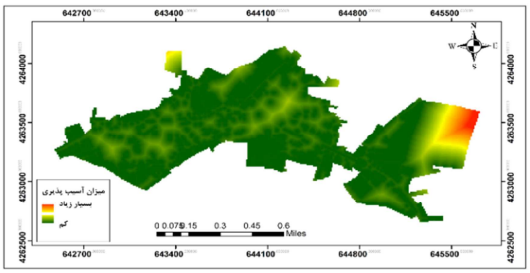
شکل۲۴: نقشه نرمالیزه شیب اراضی



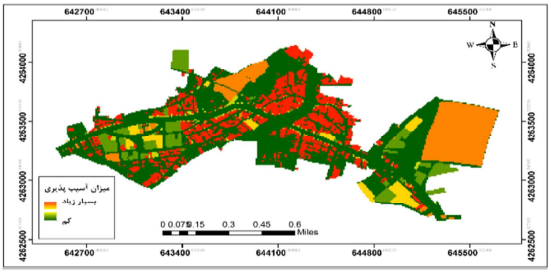
شکل۲۵: نقشه نرمالیزه تعداد طبقات



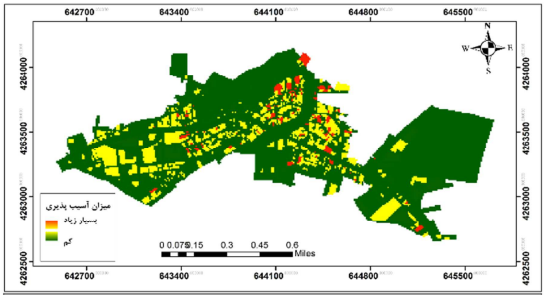
شکل۲۶: نقشه نرمالیزه عمر ساختمان



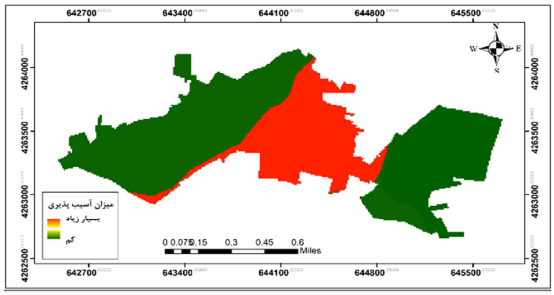
شکل۲۷: نقشه نرمالیزه فاصله از فضای باز



شکل۲۸: نقشه نرمالیزه نوع کاربری اراضی



شکل۲۹: نقشه نرمالیزه کیفیت بنا



شکل۳۰: نقشه نرمالیزه لیتولوژی

استاندارد کردن

یک مفهوم دیگر از نرمال‌کردن که به استاندارد کردن نیز موسوم است، در تحلیل پوششی داده‌ها کاربرد دارد. برای استاندارد کردن یک عنصر، باید آن عنصر را منهای میانگین کرده و بر انحراف معیار تقسیم کرد. در اینجا برای نرمال‌کردن یک عنصر، باید آن عنصر را منهای مینیمم کرده و بر دامنه تغییرات تقسیم نماییم. استانداردسازی روشی است برای تبدیل داده‌ها به یک بازه خاص یا بازه موردنظر که یکی از مهمترین آنها تبدیل داده‌ها به مجموعه‌ای است که میانگین آنها صفر و واریانس آنها یک باشد که توزیع نرمال استاندارد نامیده می‌شود. در اصل استانداردسازی برای کنترل تأثیر متغیرهای خاص در مقایسه‌ها به کار می‌رود.

$$\frac{x-mean}{s} \text{ یا } \frac{x-min}{max-min}$$

برآورد کلی میزان آسیب‌پذیری محلات شهر ورزقان

با مدنظر قراردادن ویژگی‌های محدوده موردمطالعه، موضوع پژوهش از ۱۳ معیار برای بیان آسیب‌پذیری شهر ورزقان در برابر زلزله استفاده شده و برای تعیین اهمیت معیارها و زیر معیارها، ابتدا وزن‌ها از طریق دانش کارشناسی و داده-ای به‌صورت مجزا محاسبه شده و سپس وزن مطلوب، با مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده، تعیین گشته است.

جدول ۲: ماتریس معیارها و زیرمعیارها و کدبندی آن‌ها براساس میزان آسیب‌پذیری. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

ردیف	معیار ها	زیر معیارها	درجه آسیب‌پذیری
۱	لیتولوژی	آتشفشانی اسیدی ، مارن ، سیلت و خاکستری آذین گریت	۱
		کنگلومرای نازک تا متوسط تخت خواب قرمز ، مارن	۲
		جدا شده دشت آبرفتی قدیمی ، کنگلومرا	۳
		تراس های قدیمی ، سیلت	۴
		رسوب‌های آبرفتی جوان دشت، سنگریزه ، لجن ، خاک رس	۵

۲	**شیب زمین**	کمتر از ۲/۳۰ درصد	۱
		۲/۳۰ تا ۴/۳۰ درصد	۲
		۴/۳۰ تا ۶/۶۵ درصد	۳
		۶/۶۵ تا ۹/۳۰ درصد	۴
		بیشتر از ۹/۳۰ درصد	۵
۳	**فاصله از مراکز درمانی**	کمتر از ۴۲۰ متر	۱
		۴۲۰ تا ۸۲۰ متر	۲
		۸۲۰ تا ۱۳۲۰ متر	۳
		۱۳۲۰ تا ۱۸۵۰ متر	۴
		بیشتر از ۱۸۵۰ متر	۵
۴	**فاصله از فضاهای باز**	کمتر از ۲۱ متر	۱
		۲۱ تا ۷۱ متر	۲
		۷۱ تا ۱۵۱ متر	۳
		۱۵۱ تا ۲۶۵ متر	۴
		بیشتر از ۲۶۵ متر	۵
۵	**فاصله از ایستگاه های آتش-نشانی**	کمتر از ۵۴۰ متر	۱
		۵۴۰ تا ۱۰۲۰ متر	۲
		۱۰۲۰ تا ۱۵۷۰ متر	۳
		۱۵۷۰ تا ۲۰۸۳ متر	۴
		بیشتر از ۲۰۸۳ متر	۵
		کمتر از ۳۰ متر	۱
		۳۰ تا ۸۵ متر	۲
		۸۵ تا ۱۶۳ متر	۳
		۱۶۳ تا ۲۷۲ متر	۴
		بیشتر از ۲۷۲ متر	۵
۷	**تراکم مسکونی**	کمتر از۰/ ۰۲۰۴۵	۱
		۰/ ۰۲۰۴۵ تا ۰/۲۴۷۳	۲
		۰/۲۴۷۳ تا ۰/۴۰۹۴	۳
		۰/۴۰۹۴ تا ۰/۵۰۳۷	۴
		بیشتر از ۰/۵۰۳۷	۵
۸	**نوع کاربری اراضی**	جاده و فضای باز	۰
		اداری	۱
		تجاری و خدماتی	۲
		آموزشی	۳
		تاسیسات و صنایع	۴
		مسکونی	۵
		مخروبه و تاریخی	۵
۹	**دانه بندی بافت**	ساخته نشده	۰
		کمتر از ۵۰ متر مربع	۵
		۵۰تا ۱۰۰ متر مربع	۴
		۱۰۰ تا ۲۰۰ متر مربع	۳
		۲۰۰تا ۴۰۰ متر مربع	۲
		بیش از ۴۰۰ متر مربع	۱
۱۰	**عمر ساختمان**	زیر ۵ سال	۱

		۵ تا ۱۵ سال	۲
		۱۵ تا ۳۰ سال	۳
		بیش از ۳۰ سال	۴
۱۱	تعداد طبقات	صفر	۰
		یک	۱
		دو	۲
		سه	۳
		پنج	۵
۱۲	جنس مصالح	اسکلت بتنی	۱
		اسکلت فلزی	۱
		بلوک و آهن	۲
		آجر و آهن	۲
		آجر و چوب	۳
		بلوک و چوب	۳
		خشت و چوب	۴
		سنگی	۴
۱۳	کیفیت بنا	درحال ساخت	۱
		نوساز	۱
		قابل نگه‌داری	۲
		مرمتی	۳
		تخریبی	۴

در جدول بالا زیر معیارهای ۱۳ شاخص مؤثر بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصان تعیین و در ۵ رده آسیب-پذیری خیلی زیاد تا خیلی کم درجه‌بندی شد. برای ارزیابی کلی میزان آسیب‌پذیری، پس از مشخص‌شدن عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری فضاها، در مرحله اول هر کدام از شاخص‌ها به تنهایی وزن‌گذاری شده و آسیب‌پذیری ناشی از هر کدام از آنها به تنهایی استخراج گردید. گفتنی است، ۱۳ شاخصی که در تعیین آسیب‌پذیری مورداستفاده قرارگرفته از اهمیت یکسانی برخوردار نبوده و هر کدام از شاخص‌ها نسبت به دیگری نقش‌های متفاوتی داشته که ممکن است تعیین‌کننده نیز بوده باشد. بنابراین در این مرحله، شاخص‌ها نسبت به همدیگر سنجیده شده و پس از تلقیق زیرمعیارها، با استفاده از روش ANP و به کمک نرم‌افزار SuperDecisions ، وزن هر کدام در آسیب‌پذیری به-دست آمد.

تشکیل سوپر ماتریس اولیه: با استفاده از وزن مقایسه‌های زوجی به‌دست‌آمده، سوپر ماتریس اولیه را تشکیل می-دهیم. سوپرماتریس اولیه، همان وزن‌هایی است که در مرحله ۲ از مقایسه‌های زوجی حاصل شد.

ایجاد سوپر ماتریس موزون: بعد از ایجاد سوپر ماتریس اولیه، باید سوپر ماتریس موزون را ایجاد کرد.

ایجاد سوپر ماتریس حدی: سوپر ماتریس موزون را باید به توان بی‌نهایت رساند تا هر سطر آن به عددی همگرا شود و آن عدد وزن آن معیار یا زیرمعیار و یا گزینه است.

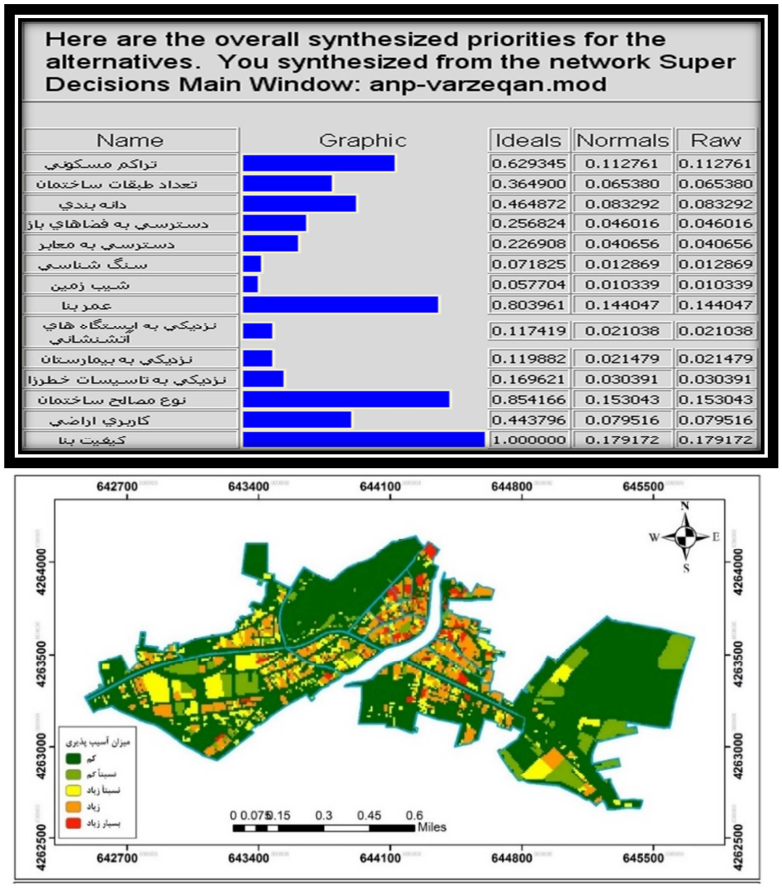
جدول ۳: سوپر ماتریس حدی. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

گزینه									
	تراکم مسکونی	تعداد طبقات	دانه بندی	دسترسی به فضاهای باز	دسترسی به معابر	سنک شناسی	شیب زمین	عمر بنا	نزدیکی به ایستگاه آتش‌نشانی
تراکم مسکونی	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱	۰/۱۱۲۷۶۱
تعداد طبقات	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸	۰/۰۶۵۳۸
دانه بندی	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲	۰/۰۸۳۲۹۲
دسترسی به فضای بار	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶	۰/۰۴۶۰۱۶
دسترسی به معابر	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶	۰/۰۴۰۶۵۶
سنگ شناسی	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹	۰/۰۱۲۸۶۹
شیب زمین	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹	۰/۰۱۰۳۳۹
عمر بنا	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸	۰/۱۴۴۰۴۸
نزدیکی به ایستگاه آتش‌نشانی	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸	۰/۰۲۱۰۳۸
نزدیکی به بیمارستان-ها	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹	۰/۰۲۱۴۷۹
نوع مصالح ساختمانی	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳	۰/۱۵۳۰۴۳
کاربری اراضی	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶	۰.۰۷۹۵۱۶
کیفیت بنا	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲	۰/۱۷۹۱۷۲
برنامه‌ریزی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
طبیعی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کالبدی-ساختمانی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آسیب-پذیری‌لرزه-ای	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه شاخص‌ها، حاکی از اهمیت لایه‌های عمر بنا، کیفیت بنا و نوع مصالح است. بجز سه عامل یادشده که بیشترین امتیاز و درجه اهمیت را دارا هستند، بقیه عوامل امتیازهای نزدیک به هم دارند و برخی عوامل تقریباً دارای درجه اهمیت یکسان هستند. به‌منظور دستیابی به نقشه نهایی آسیب‌پذیری، برای تلفیق و همپوشانی لایه‌ها (شاخص‌ها) با همدیگر از روش (RASTER CALCULATOR) MAP ALGEBRA در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. با استفاده از این روش، وزن هر کدام از شاخص‌ها در آن شاخص تأثیر داده شده

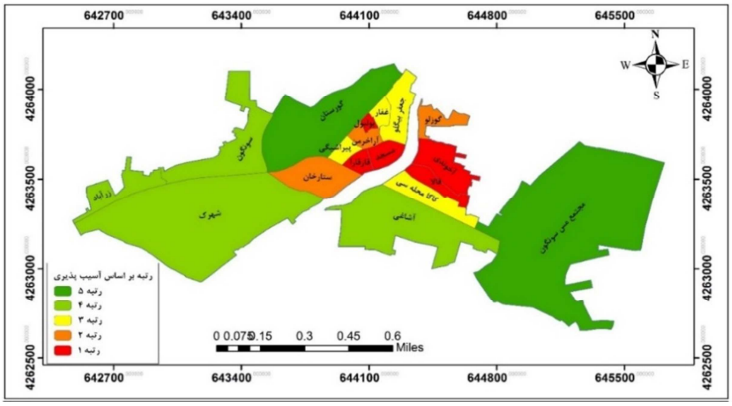
است، سپس شاخص‌ها با همدیگر ترکیب و درنهایت نقشه نهایی که نشان‌دهنده نقشه توزیع فضایی میزان آسیب-پذیری کلی فضاهای شهر ورزقان در برابر خطر زمین‌لرزه بود استخراج شد.

باتوجه به نقشه میزان آسیب‌پذیری کلی، مناطق شهری ورزقان در برابر زلزله (شکل ۳۱)، مناطق شرقی و منطقه گورستانی شهر که دارای تراکم مسکونی کمی می‌باشند، ازنظر آسیب‌پذیری در رده کمترین میزان آسیب‌پذیری قرار دارند. سایر مناطق به‌علت وجود تراکم مسکونی بیشتر و به‌دنبال آن وجود بناهای مختلف و کیفیت و عمر متنوع آن دارای نقاط مختلف ازنظر آسیب‌پذیری لرزه‌ای می‌باشند.



شکل ۳۱: نقشه میزان آسیب‌پذیری کلی مناطق شهری ورزقان در برابر زلزله. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

با توجه به شکل (۳۲) که آسیب‌پذیری هر یک از محلات شهر ورزقان مشخص گردیده، محلات آخوندی، قاراقارا، قالا، مسجد و بولبول چشمه‌سی به دلایلی همچون تراکم مسکونی بالا، فاصله نسبتا زیاد از مراکز درمانی و ایستگاه آتش‌نشانی، حضور در بافت فرسوده یا عمر بالای بناها، کوچک‌بودن قطعات، تراکم کاربری مسکونی نسبت به سایر کاربری‌ها، میزان مقاومت پایین از لحاظ لیتولوژی، دارای آسیب‌پذیری بسیار بالایی در برابر زلزله می‌باشند.



شکل ۳۲: نقشه میزان آسیب‌پذیری محلات عرفی شهری ورزقان در برابر زلزله. *منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸.*

مناطق گورستانی و مجتمع مس سونگون به‌علت فاقد بنای مسکونی یا تعداد پایین بناها و به تبع آن میزان فضای باز بالا، دارای آسیب‌پذیری بسیار پایینی می‌باشند. محله شهرک به‌علت تراکم مسکونی پایین، نزدیکی به ایستگاه آتش-نشانی، فاصله کم با شبکه معابر، دانه بندی مناسب و مقاومت بالای لایه لیتولوژی و محله زر آباد و سونگون به‌دلیل تراکم مسکونی پایین، دسترسی به شبکه معابر، جنس مناسب لایه لیتولوژیی و محله اشاغی به‌دلیل طبقات پایین ساختمان‌ها، تراکم مسکونی کم و دسترسی مناسب به فضای باز دارای آسیب‌پذیری پایینی نسبت به سایر محلات می‌باشند. محله‌های آراخرمن، گوزلو و ستارخان به سبب قرارگیری در بافت فرسوده، مقاومت پایین لایه لیتو، فاصله نامناسب از مراکز درمانی و ایستگاه آتش‌نشانی، تراکم مسکونی بالا، دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند. محله‌های غقار چشمه‌سی، پی اشگی، کاکا محله‌سی و جعفر بیگلو به‌دلیل تراکم مسکونی بالا و قرارگیری در بافت فرسوده، دارای آسیب‌پذیری نسبتاً زیادی هستند. در انتها باید بیان نمود میزان پایین آسیب‌پذیری برخی از محلات شهر ورزقان به دلیل مقایسه آنها با سایر محلات می‌باشند. ازاین‌رو می‌توان بیان نمود که با بررسی ۱۳ لایه آسیب‌پذیری به‌صورت مجزا، به لحاظ آسیب‌پذیری شهر ورزقان وضعیت مناسبی ندارد.

نتیجه گیری

با توجه به‌اینکه بیشتر صدمه‌های ناشی از زلزله به سبب عدم مقاومت فیزیکی بافت، عدم امکان امدادرسانی و عدم توان برگشت‌پذیری بوده و ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با وضعیت نامطلوب کالبدی دارد، این مقاله کوشش کرده تا با ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی و تعیین پهنه‌های آسیب‌پذیر، مؤثرترین راهبردهای نیل به ارتقاء کیفیت ایمنی محیط کالبدی محلات شهر ورزقان در برابر زلزله احتمالی را ارائه نماید. متغیرهای مختلفی در میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای فضاهای شهری دخالت دارند. این متغیرها به هنگام رخداد زلزله عموماً به‌صورت هم‌زمان و ترکیبی عمل می‌کنند. بنابراین، متغیرهای مؤثر بر آسیب‌پذیری می‌بایست به‌صورت یکپارچه موردارزیابی قرار گیرند. ازطرف‌دیگر، میزان اهمیت متغیرها یکسان نبوده و با توجه به شرایط مختلف از تأثیرگذاری متفاوتی بر آسیب‌پذیری لرزه‌ای برخوردارند. در این پژوهش، جهت ارزیابی ترکیبی و یکپارچه متغیرهای مؤثر بر آسیب‌پذیری لرزه‌ای از مدل ANP در بستر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که ترکیب و یکپارچه‌نمودن متغیرها با استفاده از

ضرایب وزنی حاصل از مدل ANP در چارچوب GIS از کارایی بالایی در ارزیابی مکانی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و شناسایی پهنه‌های بحرانی در صورت رخداد زمین‌لرزه برخوردار است (شکل ۳۳). نتایج ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر ورزقان با استفاده از مدل ANP و GIS نشان داد که درصد قابل‌توجهی از شهر ورزقان در کلاس‌های آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد واقع شده است. حتی افزون بر ۷۰ درصد محلاتی مانند بولبول چشمه‌سی در کلاس آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد جای گرفته‌اند. با توجه به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر (شکل ۳۳) و توزیع کلاس‌های آسیب‌پذیری در سطح محلات شهر (جدول ۴)، می‌توان نتیجه گرفت که کل پهنه شهر ورزقان نسبت به رخداد زمین‌لرزه آسیب‌پذیر است. در محلاتی که کلاس‌های آسیب‌پذیری کم و خیلی کم از مساحت زیادی برخوردار هستند، کاربری‌های بایر، فضاهای باز، کشاورزی و فضاهای سبز درصد قابل‌توجهی از فضای محله را اشغال نموده‌اند و درنتیجه از آسیب‌پذیری پایینی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند.

جدول ۴: مساحت کلاس‌های آسیب‌پذیری لرزه‌ای (کلاس ۱ با آسیب‌پذیری کم تا کلاس ۵ با آسیب‌پذیری بسیار زیاد) در شهر ورزقان

نام محله	مساحت کلاس ۱ به هکتار	مساحت کلاس ۱ به درصد	مساحت کلاس ۲ به هکتار	مساحت کلاس ۲ به درصد	مساحت کلاس ۳ به هکتار	مساحت کلاس ۳ به درصد	مساحت کلاس ۴ به هکتار	مساحت کلاس ۴ به درصد	مساحت کلاس ۵ به هکتار	مساحت کلاس ۵ به درصد
مجتمع مس سونگون	۳٤/۸۲	۷۰/٤۰	۱۰/۰۸	۲۰/۳۸	۳/۱۸	٦/٤۳	۱/۳٥	۲/۷۳	۰/۰۳	۰/۰٦
سونگون	٤/٦٦	٥۲/۲٤	۰/۳۳	۳/۷۰	۱/۷٤	۱۹/٥۱	۱/٦۹	۱۸/۹٥	۰/٥	٥/٦۱
زر آباد	۱/٥۹	٥۳/٥٤	۰/۰۷	۲/۳٦	۰/٥۹	۱۹/۸۷	۰/٦۳	۲۱/۲۱	۰/۰۹	۳/۰۳
شهرک	۱۰/٦۸	۳۷/۰۸	٤/٦	۱٥/۹۷	۷/۹۸	۲۷/۷۱	٥/٥۲	۱۹/۱۷	۰/۰۲	۰/۰۷
گورستان	۱٦/۲۲	۹۲/۹۰	۰/۸۷	٤/۹۸	۰/۱۸	۱/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۱٦	۰/۹۲
ستارخان	۰/٥٥	۱۱/۲۷	۰/۳۰	۷/۹۹	۱/٤۸	۳۰/۳۳	۱/٥۲	۳۱/۱٥	۰/۹٤	۱۹/۲٦
پیر اشیگی	۰/۳۱	۲۳/٤۸	۰/۲۱	۱٥/۹۱	۰/۱۹	۱٤/۳۹	۰/٤	۳۰/۳۰	۰/۲۱	۱٥/۹۱
قارقا محله سی	۰/۰۲	۱/۷٥	۰/۲۱	۱۸/٤۲	۰/۱۳	۱۱/٤۰	۰/٤٥	۳۹/٤۷	۰/۳۳	۲۸/۹٥
جعفر بیگلو	۱/۱۷	٤٦/۸۰	۰/۱۱	٤/٤۰	۰/۲۱	۸/٤۰	۰/۸٦	۳٤/٤۰	۰/۱٥	٦/۰۰
بولبول چشمه سی	۰/۰۷	۱۰/۱٤	۰/۰٤	٥/۸۰	۰/۰۷	۱۰/۱٤	۰/۱۲	۱۷/۳۹	۰/۳۹	٥٦/٥۲
غفار چشمه سی	۰/۱۸	۱٤/۲۹	۰/۳	۲۱/۸۱	۰/۲۸	۲۲/۲۲	۰/۳٦	۲۸/٥۷	۰/۱٤	۱۱/۱۱
آراخرمن	۰/۳٦	۲۱/۱۸	۰/۱	٥/۸۸	۰/۲٦	۱٥/۲۹	۰/۳۳	۱۹/٤۱	۰/٦٥	۳۸/۲٤
مسجد محله سی	۰/۰۱	۰/۷۰	۰/۱۲	۸/۳۹	۰/۲٥	۱۷/٤۸	۰/۷٤	٥۱/۷٥	۰/۳۱	۲۱/٦۸
قالا محله سی	۰/۱۸	۷/۱۱	۰/۱۲	٤/۷٤	۰/٦	۲۳/۷۲	۱/۲۷	٥۰/۲۰	۰/۳٦	۱٤/۲۳
آخوندی	۰/٤۱	۱۱/۷۱	۰/۰۹	۲/٥۷	۰/٥۲	۱٤/۸٦	۲/۱٤	٦۱/۱٤	۰/۳٤	۹/۷۱
کاکا محله سی	۰/۸۹	۱۹/۳٥	۰/۱۸	۳/۹۱	۱/۹۱	٤۱/٥۲	۱/٦۲	۳٥/۲۲	۰	۰/۰۰
آشاغی	۱۰/٤٥	۷۷/۷٥	۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	۲/۹۹	۲۲/۲٥	۰	۰/۰۰
گوزلو	۰/٥۲	٤٥/۲۲	۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	۰/٦۳	٥٤/۷۸	۰	۰/۰۰

راهکارها

با توجه به عوامل اشاره‌شده در مباحث قبلی، می‌توان بر اساس ارزیابی آسیب‌پذیری کاربری‌های مختلف شهر، مؤلفه-های ایمن‌سازی شهر در برابر مخاطرات را تقسیم‌بندی کرد و هر یک از آن‌ها را در پیشبرد آماده‌سازی برنامه‌ها و پروژه‌های عمرانی مورداستفاده قرار داد.

- ✓ باتوجه به لایه فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی، به‌منظور کاستن از زمان خدمات‌رسانی به مناطق دورتر، مطلوب است یک ایستگاه آتش‌نشانی یا شعبه‌ای از آن در نزدیکی بافت فرسوده که دارای تراکم مسکونی بالایی می-باشد، بر پایه ضوابط و مقررات مربوطه احداث گردد.
- ✓ باعنایت به لایه تراکم مسکونی به منظور کاهش میزان آسیب‌پذیری در محلات بولبول چشمه‌سی آخوندی و قالا و بافت فرسوده شهر، مطلوب است سیاست‌های تمرکززدایی در دستور کار مدیران شهری قرار گیرد.
- ✓ ضروریست تصمیم‌گیران مربوطه با نظر به لایه فاصله از مراکز خطرزا و نزدیکی این مراکز به کاربری مسکونی شهر، به‌منظور افزایش ایمنی ، به انتقال آن‌ها به مناطق حاشیه شهر اهتمام ورزند.
- ✓ با مدنظر قراردادن این نکته که در لایه کاربری اراضی، مناطق مسکونی دارای آسیب‌پذیری بالایی می‌باشند و در مناطق مرکزی متمرکز شده‌اند، نسبت به ایجاد پارک‌ها یا فضای باز در مقیاس محلی به‌منظور تقلیل آسیب‌پذیری اقداماتی صورت پذیرد.
- ✓ باتوجه به لایه فاصله از مراکز درمانی، به منظور کاستن از زمان خدمات‌رسانی به مناطق دورتر، مطلوب است، حداقل دو مرکز درمانی یا شعبه‌ای از آن در غرب شهر ورزقان و نزدیکی بافت فرسوده احداث گردد.
- ✓ به‌علت مقاومت پایین لیتولوژیکی مرکز شهر، کاهش ساخت‌وساز شهری در این مناطق امری لازم می‌باشد.
- ✓ با نظر به میزان بالای کاربری مسکونی و به‌دنبال آن آسیب‌پذیری بالای این کاربری در محلات شهری لازم است برنامه‌ریزی به‌منظور رشد هوشمند یا اختلاط کاربری‌ها در برنامه‌های تصمیم‌گیران مربوطه قرار گیرد.
- ✓ کنترل هدف‌مند ساخت‌وساز در محلات آخوندی، قاراقارا، قالا، مسجد و بولبول چشمه‌سی که به دلایلی همچون تراکم مسکونی بالا، فاصله نسبتاً زیاد از مراکز درمانی و ایستگاه آتش‌نشانی، حضور در بافت فرسوده یا عمر بالای بناها، کوچک‌بودن قطعات، تراکم کاربری مسکونی نسبت به سایر کاربری‌ها، میزان مقاومت پایین از لحاظ لیتولوژی، دارای آسیب‌پذیری بسیار بالایی در برابر زلزله هستند، امری واجب می‌باشد.
- ✓ برنامه‌ریزی برای افزایش مساحت قطعات تفکیکی، با توجه به وضعیت نامناسب دانه‌بندی کاربری مسکونی شهر، می‌تواند به کاهش میزان آسیب‌پذیری شهر منجر شود.

منابع

انوری، محمدرضا؛ و نظمی، ابوالفضل (۱۳۹۶) مدیریت فضایی آسیب‌شناسی امنیت شهری و ضرورت پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی شهری (نمونه موردی: مناطق دو و سه شهرداری مشهد)، مجله علوم جغرافیایی، شماره ۲۶، صص ۴۶-۳۱.

فلاحی، فرهاد؛ چاره جو، فرزین (۱۳۹۸)، ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بافت فرسوده مرکزی شهر سنندج، با ملاحظات پدافند غیرعامل، با استفاده از مدل GIS وIHWP، مجله مطالعات ساختار و کارکرد شهری، سال ششم، شماره ۲۱، صص ۱۰۹-۸۵.

پویان، ژیلا.، ناطق الهی، فریبرز (۱۳۷۸)، آسیب‌پذیری ابرشهرها در برابر زمین لرزه- مطالعه موردی شهر تهران"، سومین کنفرانس بین-المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ۲۷ تا ۲۹ اردیبهشت ۱۳۷۸، جلد چهارم.

توکلی‌نیا، جمیله؛ ضرغامی، سعید؛ تیموری، اصغر و اسکندرپور، مجید (۱۳۹۸)، تحلیلی بر آسیب‌شناسی فضایی از ساختار کالبدی و بافت اجتماعی (منطقه شش تهران)، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۵۳، صص ۷۳-۵۱.

حیدری، محمد جواد (۱۳۹۷)، ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری از خطر زلزله (بافت قدیم شهر زنجان)، مجله مهندسی جغرافیایی سرزمین، دوره دوم، شماره ۳، صص ۱۱۵-۱۰۱.

حبیبی، کیومرث؛ پوراحمد، احمد؛ مشکینی، الوالفضل؛ عسگری، علی؛ نظری عدلی، سعید (۱۳۸۷)، تعیین عوامل سازه‌ای/ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۳، صص ۳۶-۲۷.

رخشانی، طیبه؛ عباسی، سعید، ابراهیمی، محمدرضا، طراوت منش، سمیرا (۱۳۹۵)، بررسی میزان آمادگی، آگاهی و آسیب‌پذیری خانوارهای استان فارس در مواجهه با زلزله؛ یک مطالعه مقطعی. مجله طب اورژانس ایران، سال سوم، شماره ۲، صص ۶۶-۷۷.

طبیبیان، منوچهر؛ مظفری، نگین (۱۳۹۷)، ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های مسکونی در برابر زلزله و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری، مجله مطالعات شهری، شماره ۲۷، صص ۱۱۲-۹۳.

شاهیوندی، احمد؛ شیخی، حجت (۱۳۹۷)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شهری بر اساس اصول پدافند غیرعامل (شهر همدان)، مجله برنامه-ریزی توسعه کالبدی، سال سوم، شماره ۴، پیاپی ۱۲، صص ۹۲-۸۱.

عیسی‌لو، شهاب‌الدین؛ لطیفی، غلامرضا، گودرزی، وحید (۱۳۹۵)، ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی بافت منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله احتمالی با استفاده از روش IHWP و سیستم GIS، مجله سپهر، دوره ۲۵، شماره۱۰۰، صص ۸۷-۷۳.

علوی، سید علی؛ سالاروند، اسماعیل؛ احمدآبادی، علی؛ فرخی، سعیده و بسحاق، محمد رضا (۱۳۹۱)، تحلیل فضایی-مکانی عملکرد ایستگاه‌های آتش‌نشانی بر پایه مدیریت بحران با استفاده از روش تلفیقی MCDM و تحلیل شبکه (مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران)، مدیریت بحران، دوره ۱، شماره ۲، صص ۶۵-۵۷.

قدیری، محمود؛ افتخاری، عبدالرضا، رکن‌الدین (۱۳۹۲)، رابطه‌ی ساخت اجتماعی شهرها و میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله (محلات کلان‌شهر تهران)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۴، شماره ۲، صص ۱۷۴-۱۵۳.

کردی، فاطمه. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های متداول و پیشرفته طبقه‌بندی در ارزیابی خطر زلزله (مطالعه موردی: ورزقان). دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، گروه سنجش‌ازدور و GIS. دانشگاه تبریز، ۳۴۲ ص.

کرمی، محمدرضا؛ و امیریان، سهراب،) ،(۱۳۹۷پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری ناشی از زلزله با استفاده از مدل Fuzzy-AHP، مطالعه موردی شهر تبریز. برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، شماره ۷، صص ۱۲۴-۱۱۰.

کاظمی نیا، عبدالرضا؛ و میمندی پاریزی، صدیقه (۱۳۹۶) پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر کرمان در مقابل زلزله با استفاده از GIS. مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، شماره ۳، ۴۷-۳۱.

گلی مختاری، لیلا؛ شکاری بادی، علی و بشکنی، زهرا (۱۳۹۷)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری محدوده شهری کاشان در برابر زلزله با مدل IHPW، مجله مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۱۶، صص ۱۲۶-۱۰۵.

معرب، یاسر؛ بهناز سپهرزاد، بهناز، مصطفی، نادری (۱۳۹۸)، ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: منطقه ۲ تهران)، نشریه علمی پدافند غیرعامل، سال یازدهم، شماره ۲، صص ۴۷-۳۰.

مهندسان مشاور طرح و راهبرد پویا (۱۳۸۹). طرح جامع شهر ورزقان.

یاری حصار، ارسطو؛ وکیل حیدری ساربان. ۱۳۹۴. ارزیابی نقش طرح‌های عمرانی در کاهش آسیب‌پذیری روستا در مقابل بحران زلزله (مطالعه موردی: شهرستان ورزقان). فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره ۵۴، صص ۳۰۵-۳۲۴.

Milan, O., Simpson, J., (2016), Reassurance or reason for concern: Security forces as a crisis management strategy, Tourism Management, Vol. 56, pp. 114-125.

Merciu, Cristina; Ianos, Ioan; Merciu, George-Laurențiu; Jones, Roy; & Pomeroy George; (2018), Mapping accessibility for earthquake hazard response in the historic urban center of Bucharest. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 18(7) 2011-2026

Palmiere, F., Ficco, M., Pardi, S., Castiglione, A., (2016), A cloud-based architecture for emergency management and first responders Localization in smart city environments, Cities, Vol. 46, PP. 1-7.

UNDP., (2004), Reducing Disaster Risk, A challenge for Development, www.undp.org/bcpr.

Wisner, B., Walker, P. & Beynod Kobe, A., (2005), Feinstein International Famine Center. Proactive Look at the World Conference on Disaster Reduction. 18-22 January Kobe, Japan. A report for the Swiss Department of Humanitarian Aid.
Hernantes, Josune; Maraña, Patricia; Gimenez, Raquel; Sarriegi, Jose Mari; & Labaka, Leire. (2019). Towards resilient cities: A maturity model for operationalizing resilience. Cities, (84): 96-103.
Xu, Jiuping; & Lu, Yi. (2018). Towards an earthquake-resilient world: from post-disaster reconstruction to pre-disaster prevention. Environmental Hazards, 17 (4): 296-275.

University of Sistan and Baluchestan

Journal of Natural Environment Hazards

Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385

Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Pouyan, Jila., Nategh Elahi, Fariborz., (1999), The Vulnerability of Supercities to Earthquakes - A Case Study of Tehran ", 3rd International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, Tehran, May 27-29, 1999, Volume IV. [In Persian]

Heidari, Mohammad Javad., (2018), Evaluation of urban tissue vulnerability to earthquake risk (old tissue of Zanjan city), Sarzamin Geographical Engineering Journal, Vol 2, No 3, pp. 115-101. [In Persian]

Habibi, Kiomars., Pourahmad, Ahmad., Meshkini, AbolFazl., Asgari, Ali., Nazari Adli, Saeed., (2008), Determining the structural/effective factors influencing the vulnerability of Zanjan's ancient urban fabric using GIS, Journal of Fine Arts, No. 33, pp. 36-27. [In Persian].

Rakhshani, Tayebeh., Abbasi, Saeed., Ebrahimi, Mohammad Reza., Taravat Manesh, Samira., (2016), A study of the level of readiness, awareness, and vulnerability of households in Fars province in the face of an earthquake; a cross-sectional study. Iranian Journal of Emergency Medicine, Year 3, Issue 2, pp. 66-77. [In Persian]

Shahyvandi, Ahmad., Sheikhi, Hojjat., (2018), Evaluation of urban vulnerability based on the principles of passive defense (Hamadan city), Journal of Physical Development Planning, Third Year, No. 4, Consecutive 12, pp. 92-81. [In Persian]

Issalou, Shahab-ud-Din., Latifi, Gholamreza., Goodarzi, Vahid., (2016), Physical Injury Assessment of Tehran Region One against a possible earthquake using IHWP method and GIS system, Sepehr Magazine, Volume 25, No 100, Pp. 87-73. [In Persian].

Alavi, Seyed Ali., Salarvand, Ismail., Ahmadabadi, Ali., Farrokhi, Saeedeh., Bashaq, Mohammad Reza., (2012), Spatial-spatial analysis of fire station performance based on crisis management using integrated MCDM method and network analysis (study Case: District 6 of Tehran), Crisis Management, Vol 1, No 2, pp. 65-57. [In Persian]

Ghadiri, Mahmoud., Eftekhari, Abdolreza., (2013), The Relationship between Urban Social Construction and Earthquake Vulnerability (Tehran Metropolitan Areas), Journal of Geography and Environmental Planning, Vol. 24, No. 2, pp. 174-153. [In Persian]

Kurdi, Fatemeh., (2014), Comparison of common and advanced classification methods in earthquake risk assessment (Case study: Varzeqan). School of Geography and Planning, Department of Remote Sensing and GIS. Tabriz University. [In Persian]

Modiri, Mehdi., Shaterian, Mohsen., Hosseini, Ahmad., (2017), Modeling the vulnerability of urban areas at the time of the earthquake (Tehran metropolitan area three), Journal of Natural Environment Risks, Year 6, No. 13, pp. 164-143. [In Persian]

Dynamic Consulting Engineers and Strategy., (2010), The comprehensive plan of Varzeqan city.

Yari Hesar, Aristotle., Haidari Sarban's lawyer., (2016), Evaluation of the role of development projects in reducing the vulnerability of the village against earthquake crisis (Case study: Varzeqan city). Journal of Geographical Space, No. 54, pp. 305-324. [In Persian]

References (in English)

Milan, O., Simpson, J., (2016), Reassurance or reason for concern: Security forces as a crisis management strategy, Tourism Management, Vol. 56, pp. 114-125.

Merciu, Cristina; Ianos, Ioan; Merciu, George-Laurențiu; Jones, Roy; & Pomeroy George; (2018), Mapping accessibility for earthquake hazard response in the historic urban center of Bucharest. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 18(7) 2011-2026

Palmiere, F., Ficco, M., Pardi, S., Castiglione, A., (2016), A cloud-based architecture for emergency management and first responders Localization in smart city environments, Cities, Vol. 46, PP. 1-7.

UNDP., (2004), Reducing Disaster Risk, A challenge for Development, www.undp.org/bcpr.

Wisner, B., Walker, P. & Beynod Kobe, A., (2005), Feinstein International Famine Center. Proactive Look at the World Conference on Disaster Reduction. 18-22 January Kobe, Japan. A report for the Swiss Department of Humanitarian Aid.

Hernantes, Josune; Maraña, Patricia; Gimenez, Raquel; Sarriegi, Jose Mari; & Labaka, Leire. (2019). Towards resilient cities: A maturity model for operationalizing resilience. Cities, (84): 96-103.

Xu, Jiuping; & Lu, Yi. (2018). Towards an earthquake-resilient world: from post-disaster reconstruction to pre-disaster prevention. Environmental Hazards, 17 (4): 296-275.