Journal of Geographical Engineering of Territory, 10 (3), 2026

ISSN (Online):2538-3922

مجله مهندسی جغرافیایی سرزمین

Open Access

Research Paper

Physical vulnerability of Saqqez city against earthquake risk

Ismail Rostampour [1], Rasoul Samadzadeh [2]*, & Mohamad Taqi Masoumi [3]

[1] PhD Student Department of Geography and urban planning, Faculty of Scienc, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran.

[2] Associate Prof., Department of Geography, Faculty of Scienc, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran.

[3] Assistant Prof., Department of Geography, Faculty of Scienc, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran.

A R T I C L E I N F O

Keywords:

Earthquake, vulnerability, Saqqez city, hierarchical analysis, Arc GIS.

Received:
08 October 2024
Received in revised form:
07 May 2025
Accepted:
07 May 2025

pp.34-58

A B S T R A C T

Introduction: Many cities are exposed to natural hazards, including earthquakes. One of the important goals of urban planning is to reduce the vulnerability of cities to earthquakes, and the first step toward achieving this goal is to identify and assess the physical vulnerability of the city of Saqqez to a possible earthquake.

Purpose: The present study aims to zone the physical vulnerability of the city of Saqqez to earthquake risk and to examine the effect of geomorphological factors on the occurrence of earthquakes.

Geographical area: The study area of the present research is the city of Saqqez.

Methodology: This is an applied study conducted using a descriptive–analytical method. The required statistics and information were collected through library studies and remote sensing data. To evaluate the relationship between the degree of physical vulnerability to earthquakes and the factors affecting vulnerability, GIS and the Analytic Network Process (ANP) model, along with Expert Choice software, were used; subsequently, the final earthquake risk zoning layers were produced using the spatial analysis capabilities of GIS.

Results and Discussion: The physical capacities of the city of Saqqez reduce its vulnerability to earthquakes. The results showed that the highest weight among the physical dimension criteria, with 15 main sub-criteria, belongs to medium-density residential space, with a weight of 0.16911, while the lowest belongs to access to sports facilities, with a weight of 0.00581.

Conclusion: According to the physical vulnerability map, the eastern and southern parts of the city of Saqqez have high vulnerability and would face loss of life and financial damage in the event of an earthquake. Moreover, the existing physical capacities are insufficient to reduce this vulnerability, and the city has low physical resilience to earthquakes.

Highlights:

The physical capacities of the city of Saqqez are insufficient to reduce its vulnerability to earthquakes, and the eastern and southern parts of the city have the highest vulnerability.

***Corresponding author :** R.samadzadeh@iauardabil.ac.ir

How to cite this article: Rostampour, I., Samadzadeh, R., & Masoumi, M.T. (2026). Physical vulnerability of Saqqez city against earthquake risk. ***Journal of Geographical Engineering of Territory*****, *10* (3), 34-58.** **https://doi.org/10.22034/jget.2025.425957.1522**

©2026 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

English Extended Abstract

Introduction

Many cities around the world are exposed to natural hazards, among which earthquakes are considered one of the most destructive and unpredictable phenomena. Iran, as part of the Alpine–Himalayan orogenic belt, is characterized by high seismicity; approximately 17.6% of the 153 destructive earthquakes recorded worldwide have occurred in Iran, placing the country among the 13 most disaster-prone nations globally. Earthquakes account for the largest share of human casualties caused by natural disasters in Iran, and most Iranian cities are therefore vulnerable to seismic risk. Urban planning seeks, as one of its principal objectives, to reduce the vulnerability of cities to earthquakes, and the first step toward achieving this objective is to identify and assess the physical vulnerability of cities to a possible earthquake. The city of Saqqez, located in Kurdistan Province in western Iran, lies in a zone of relatively high seismic hazard. More than 30% of the area of Kurdistan Province, including the western and southwestern regions and the city of Saqqez, is classified as being at very high earthquake risk. Several faults, including the Piranshahr fault, the Saqqez River fault, the Senteh fault, and the Valikhan River fault, are located in and around the city, and the historical record of seismicity indicates the possibility of high-intensity earthquakes in the region. Given that natural hazards are influenced by geomorphological factors, examining the effect of these factors on the occurrence and intensification of natural hazards is of considerable importance. Accordingly, the present study aims to zone the physical vulnerability of the city of Saqqez to earthquake risk and to examine the influence of geomorphological factors on the occurrence of earthquake

Purpose

The present study aims to zone the physical vulnerability of the city of Saqqez to earthquake risk and to investigate the effect of geomorphological factors on the occurrence of earthquakes, thereby providing a basis for reducing the vulnerability of the city through informed urban planning and crisis management.

Geographical area

The study area of the present research is the city of Saqqez, one of the cities of Kurdistan Province, located in the west of the province and sharing a common border with Iraq. The city lies between 46°17′ and 36°14′ latitude from the equator and is bounded by the city of Baneh to the west, the city of Bukan to the north, and the city of Divandarreh to the east. Saqqez County is classified among the mountainous regions of the country. According to seismic zoning studies, the city is situated in a zone of moderate risk with a maximum intensity of VII on the Mercalli scale, and the expansion of the city toward the surrounding faults has increased the probability of its exposure and vulnerability to seismic hazards.

Methodology (Material and Methods)

This is an applied study conducted using a descriptive–analytical method, and in terms of its nature, it adopts a developmental–applied approach. The required statistics and information were collected through library studies, field observations, and remote sensing data. The research method is exploratory, and the study combines descriptive, exploratory, survey, and analytical methods. Fifteen indicators were selected within the physical dimension to assess vulnerability. The validity of the research instrument, a questionnaire, was examined through evaluation by university professors and relevant experts, and it was confirmed after the resolution of deficiencies. To determine the priority and weighting of the criteria, the Analytic Network Process (ANP) model was used in Super Decisions software, and pairwise comparisons between the criteria were performed by experts. The layers for each criterion were then rasterized, standardized, and combined. In the next stage, the layers were prepared and classified using ArcMap software, and the fuzzyization of the layers was carried out. Finally, the information obtained from the previous stages was integrated in the ArcGIS environment, and after producing the vulnerability map for each criterion, the final vulnerability map of the study area was extracted by overlaying the resulting map

Results and Discussion

The physical capacities of the city of Saqqez reduce its vulnerability to earthquakes. The results showed that the highest weight among the physical dimension criteria, comprising 15 main sub-criteria, belongs to medium-density residential space, with a weight of 0.16911, while the lowest weight belongs to access to sports facilities, with a weight of 0.00581. The findings indicate that the seismic zoning of Kurdistan Province divides the region into eastern and western zones, with the western zone, including the counties

of Kamyaran, Sanandaj, Marivan, and Saqqez, having more than 60% of its area located in the high-risk zone. The faults in the Saqqez area include the Saqqez River fault, with a southwest–northeast orientation, a northwest–southwest fault, and another fault along the Cham and Valikhan rivers. The Senteh fault, with a northeast–southwest orientation and a length of approximately 50 km, lies east of Saqqez, about 5 km from the village of Senteh. Seismographic data indicate that earthquakes of magnitude 3.5 on the Richter scale are most frequent in Saqqez, and the focal depth of these earthquakes is shallow (30–40 km), consistent with the seismicity characteristics of northwestern Iran. Most earthquakes in the county have occurred around the regional faults. The fault map shows that the city's past development in the western, northern, and northeastern parts has taken place within the boundaries of secondary faults. Earthquakes of magnitude greater than 3.5 on the Richter scale show good correspondence with major and minor faults. A substantial portion of the region's faults is located in the southwestern and northwestern parts of Saqqez, and the horizontal expansion of the city toward these faults has increased the probability of exposure and vulnerability. According to the maps and the seismicity record of Saqqez, the city is situated in isoseismal levels of 3 and greater than 3 on the Richter scale.

Conclusion

According to the physical vulnerability map, the eastern and southern parts of the city of Saqqez have high vulnerability and would face loss of life and financial damage in the event of an earthquake. Moreover, the existing physical capacities are insufficient to reduce this vulnerability, and the city has low physical resilience to earthquakes. The results of this study can serve as a basis for urban planners and crisis managers to prioritize interventions in the eastern and southern zones of the city, to strengthen the physical fabric, to improve access to emergency and relief centers, and to enhance the overall resilience of Saqqez against future seismic events. It is recommended that future research integrate social and economic dimensions of vulnerability alongside the physical dimension in order to provide a more comprehensive assessment of the city's resilience to earthquakes

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

ISSN (Online):2538-3922

مجله مهندسی جغرافیایی سرزمین

Open Access

مقاله پژوهشی

آسیب‌پذیری کالبدی شهر سقز در برابر خطر زمین‌لرزه

اسماعیل رستم‌پور [۱]، رسول صمدزاده [۲*]، محمدتقی معصومی [۳]

[۱] دانشجوی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

[۲] دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

[۳] استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:

زمین‌لرزه،
آسیب‌پذیری،
شهر سقز،
تحلیل سلسله مراتبی،
Arc GIS

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۷/۱۷

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۲/۱۷

صص. ۵۸-۳۴

چکیده

مقدمه: بسیاری از شهرها در معرض مخاطرات طبیعی ازجمله زمین‌لرزه هستند. یکی از اهداف مهم برنامه‌ریزی شهری کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زمین‌لرزه است و اولین گام برای تحقق این هدف، شناخت و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری کالبدی شهر سقز در مقابل زمین لرزهٔ احتمالی است.

هدف: پژوهش حاضر باهدف پهنه‌بندیِ آسیب‌پذیریِ کالبدیِ شهرِ سقز در برابر خطر زمین‌لرزه به بررسی تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی بر رخداد زمین‌لرزه پرداخته‌است.

قلمرو جغرافیایی: محدودهٔ موردمطالعهٔ پژوهش حاضر شهر سقز می‌باشد.

روش‌شناسی: تحقیق کاربردی و روش انجام آن توصیفی- تحلیلی می‌باشد؛ آمار و اطلاعات موردنیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و داده‌های سنجش‌ازدور جمع‌آوری گردیده‌است. جهت ارزیابی رابطه بین میزان آسیب‌پذیری کالبدی زلزله و عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری از GIS و مدل تحلیل سلسله مراتبی (ANP) و نرم‌افزار Expert choice استفاده‌شده‌است؛ سپس با استفاده از قابلیت‌های تحلیل مکانی GIS لایه‌های نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه تهیه گردیده‌است.

نتایج و بحث: ظرفیت‌های کالبدی در شهر سقز باعث کاهش آسیب‌پذیری این شهر در برابر زمین‌لرزه می‌باشد که نشان‌دهنده بالاترین وزن بعد کالبدی با ۱۵ زیرمعیار اصلی مربوط به فضای مسکونی با تراکم متوسط با وزن ۰,۱۶۹۱۱ و پایین‌ترین آن مربوط به دسترسی به مراکز ورزشی با وزن ۰,۰۰۵۸۱ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: براساس نقشه آسیب‌پذیری کالبدی، بخش‌های شرقی و جنوبی شهر سقز آسیب‌پذیری بالایی دارند و در صورت وقوع زمین‌لرزه با تلفات جانی و خسارات مالی مواجه خواهند شد. همچنین ظرفیت‌های کالبدی موجود برای کاهش این آسیب‌پذیری کافی نیست و شهر از نظر کالبدی تاب‌آوری کمی در برابر زمین‌لرزه دارد.

نکات برجسته:

ظرفیت‌های کالبدی شهر سقز برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله کافی نیست و بخش‌های شرقی و جنوبی شهر بالاترین آسیب‌پذیری را دارند.

استناد: رستم‌پور، ا، صمدزاده، ر، و معصومی، م.ت (۱۴۰۵). آسیب‌پذیری کالبدی شهر سقز در برابر خطر زمین‌لرزه. مجله مهندسی جغرافیایی سرزمین، دوره (۱۰)، شماره (۳)، ۵۸-۳۴.

https://doi.org/10.22034/jget.2025.425957.1522

© نویسنده (گان) –این مقاله با دسترسی آزاد است

ناشر: آبادگران شهر و روستا

* نویسنده مسئول:

E-mail: R.samadzadeh@iauardabil.ac.ir

مقدمه

کشور ایران به‌عنوان بخشی از کمربند کوه‌زایی آلپ – هیمالیا همواره از زلزله‌خیزی بالایی برخوردار بوده است به‌طوری‌که از هر ۱۵۳ زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده ۶/۱۷ درصد آن مربوط به ایران بوده است؛ در واقع کشور ایران در ردیف ۱۳ کشور بلاخیز دنیا می‌باشد و زلزله مسبب بیشترین تلفات انسانی آن می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت اکثر شهرهای ایران در برابر خطر زلزله آسیب‌پذیر هستند (Sasanpour & Musivand, 2009). کلان‌شهرهای امروزی به دلایل مختلف همواره در معرض آسیب ناشی از مخاطرات طبیعی قراردادند. این مخاطرات به دلیل آسیب‌های جانی و مالی فراوانی نیازمند پیشگیری‌ها و اقدامات فوری می‌باشند (Mehrjou & Molavi, 2024). مخاطرات طبیعی به‌خصوص زمین‌لرزه با توجه به زمینه‌های آسیب‌پذیری که دارند، پتانسیل تهدید آسایش و امنیت شهروندان را نیز دارا می‌باشند. چنان‌که پهنه‌بندی نقشه‌های لرزه‌خیزی نیز نشان می‌دهند که در ایران، بیش از ۲/۳ وسعت کشور در محور لرزه‌خیزی پرخطر قرارگرفته است که اکثر شهرهای پرجمعیت نیز در راستای آن استقراریافته‌اند، مناطقی که بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های گسل‌اند و بزرگی عمق کانون زمین‌لرزه در آن‌ها نیز کم‌عمق و سطحی است (Aghayari, Samadzadeh & Masoumi, 2025). بررسی داده‌های ثبت شده سوانح طبیعی در پایگاه داده‌های حوادث اضطراری نشان می‌دهد که تکرار سوانح ژئوفیزیک بویژه زلزله در بین سوانح طبیعی بیشترین رکود را دارد و تاثیر آن در کشورهای در حال توسعه نه تنها دارای تلفات انسانی و خسارات مالی زیادی می‌باشد، بلکه به بروز تغییرات گسترده‌ای منجر شده است که موقعیت‌های اجتماعی و اقتصادی کشور را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ebrahimi & Einali, 2012). زمین‌لرزه به‌عنوان پدیده‌ای طبیعی به‌خودی‌خود نتایج نامطلوبی در پی ندارد. آنچه از این پدیده فاجعه می‌سازد، پیشگیری نکردن از تأثیر و آماده نبودن برای مقابله با پیامد آن است (Hatami & Amani, 2013). مخاطرات طبیعی یک پدیده طبیعی است که در مجاورت سکونتگاه‌های انسانی و به شکل یک تهدید برای مردم، ساختارها یا سرمایه‌های اقتصادی روی می‌دهد و ممکن است منجر به بحران شود (Kavoosi, Saberi, Rangzan & Hoseinzadeh, 2018). به گزارش نهاد اسکان بشر سازمان ملل متحد در دهه‌ی اول قرن بیست و یکم، حدود ۲۰۰ میلیون نفر براثر بلایای طبیعی جان خود را ازدست‌داده‌اند (Comfort, 2007). مطالعاتی متعدد در رابطه با آسیب‌پذیری و مدیریت مخاطرات طبیعی در داخل و خارج انجام‌شده است که در ذیل به نمونه‌هایی منتخب از این مطالعات اشاره می‌گردد:

علی زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای به آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر اصفهان در برابر زلزله به علت تخلفات ساختمانی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که چون بیشترین تخلفات ساختمانی در مناطق حاشیه‌ای شهر اصفهان صورت می‌گیرد درنتیجه میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های این بخش از شهر نسبت به مناطق دیگر بیشتر است. قنبری و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه (نمونه: موردی شهرک باغمیشه تبریز) مدل فازی تاپسیس را با توابع همپوشانی به‌دست‌آمده از نرم‌افزار ARC GIS ترکیب نموده و نقشه نهایی که بیانگر میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهرک باغمیشه می‌باشد را در واحد پیکسل استخراج نموده‌اند. خدمت‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) باهدف تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری شهری با رویکرد مدیریت بحران زمین‌لرزه در شهر ارومیه با استفاده از روش توصیفی و تحلیلی به این نتیجه رسیدند که منطقه ۲ شهری با ۱۳/۱۹ درصد بیشترین کاربری‌های آسیب‌پذیر را دارد و منطقه ۵ با ۱/۹۲ درصد به ترتیب دارای بیشترین کاربری‌های دارای آسیب‌پذیری خیلی زیادند. محمدپور و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به شناسایی و توسعه ارتباط برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران زلزله به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بافت قدیمی محله سیروس شهرداری تهران، منطقه ۱۲ پرداختند و درنهایت به این نتیجه رسیدند که می‌توان از طریق تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بافت قدیمی شهری به نقش برنامه‌ریزی شهر برای پارامترهای ساختاری در زمینه مقابله با زلزله اشاره نمود. الکساندر[1] (۲۰۱۱)، ضمن تعریف عملیاتی از تاب‌آوری و مفاهیم مربوطه همچون آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه، مواجهه و ظرفیت، در پژوهش خود با عنوان «تاب‌آوری در برابر زمین‌لرزه: پیشنهادهایی عملی برای مدیران و برنامه ریزان»، بر این باور بوده که ارتقای تاب‌آوری مستلزم کنشی جمعی است که همه ذینفعان در آن مشارکت دارند. یلنیا[2] و همکاران (۲۰۲۱) باهدف بررسی واکنش لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی در مراکز تاریخی زلزله‌زده‌ی ایتالیای مرکزی به این نتیجه رسیدند که ساختمان‌هایی که بهسازی آن‌ها سهم نامطلوبی داشته است با ساختمان‌های اصلی و تقویت نشده قابل‌مقایسه‌اند. برعکس، مشارکت و بهسازی مطلوب به آن‌ها اجازه داد تا به رفتار سازه‌های بنایی مدرن نزدیک شوند.

[1] Alexander
[2] Ylenia

در دهه‌های اخیر آسیب‌پذیری شهرها از بلایای طبیعی به شکل خاصی جلب‌توجه می‌کند، آسیب‌پذیری ویژگی خاص درونی و پویا در هر نظام است که معمولاً در یک مخاطره مشاهده می‌شود در این میان ارزیابی مناطق آسیب‌پذیر زلزله، مفهومی پایه‌ای در این تحقیقات و نامی بنیادی در برنامه‌ریزی پیشگیری و کاهش خسارات است (Khedmatzadeh, Mousavi & Yousefzadeh, 1400). مخاطرات طبیعی به‌خصوص زمین‌لرزه با توجه به زمینه‌های آسیب‌پذیری که دارند، پتانسیل تهدید آسایش و امنیت شهروندان را نیز دارا می‌باشند. پهنه‌بندی نقشه‌های لرزه‌خیزی نشان می‌دهند که در ایران، بیش از ۲/۳ وسعت کشور در محور لرزه‌خیزی پرخطر قرارگرفته است که اکثر شهرهای پرجمعیت نیز در راستای آن استقراریافته‌اند، مناطقی که بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های گسل‌اند و بزرگی عمق کانون زمین‌لرزه در آن‌ها نیز کم‌عمق و سطحی است (Aghayari, Samadzadeh & masoumi, 2025). علاوه بر این‌ها؛ پهنه هر سرزمین ازنظر خطر وقوع زمین‌لرزه به شش پهنه خطر پایین، نسبتاً پایین، خطر متوسط، نسبتاً بالا، خطر بالا و خطر بسیار بالا قرار دارد تقریباً تمام سه منطقه مهم استقرار جمعیتی شمال، غرب و شمال غربی ایران در محدوده با خطرپذیری نسبتاً بالا، بالا و بسیار بالا قرار دارند (Sasanpour & Musivand, 2009). عوامل متعددی باعث افزایش میزان آسیب‌پذیری در برابر خطر زلزله می‌شود که رعایت نکردن اصول ایمنی مانند ساخت‌وساز در حریم گسل‌ها و مناطق مستعد ناپایداری‌های زمین‌شناختی، طراحی و اجرای تأسیسات حیاتی و ساختمان‌های نامناسب با شدت لرزه‌خیزی احتمالی، فرسوده بودن بافت‌های محله در ساخت‌وسازهای واحدهای مسکونی به دلیل استفاده از مصالح کم‌دوام، وجود معابر تنگ و باریک و استفاده از اراضی نامناسب جهت ساخت‌وساز و همچنین وجود بافت‌های آسیب‌پذیری با تراکم بالای جمعیتی و نبود برنامه و توانمندی‌های عملیاتی لازم برای مدیریت سوانح در مرحله پاسخ و مقابله با تبعات وقوع سانحه و... غیره ازجمله این عوامل می‌باشند که لزوم ارزیابی تاب‌آوری منطقه در برابر خطر زلزله و برنامه‌ریزی جهت کاستن از خطرات ناشی از زلزله را در این محدوده ضروری می‌سازد (Aghayari, Samadzadeh & masoumi, 2025). آسیب‌پذیری شهری پدیده‌ای گسترده و همه‌جانبه است که تمامی عوامل موجود در یک شهر را در برمی‌گیرد و به دلیل وابستگی عناصر به یکدیگر آسیب‌پذیری شهری نیز به‌سرعت گسترش می‌یابد. جدول (۱) تعاریف آسیب‌پذیری از نگاه اندیشمندان و دیدگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱. تعاریف آسیب‌پذیری از نگاه اندیشمندان و دیدگاه‌های مختلف

Table 1. Definitions of vulnerability from the perspective of scholars and different viewpoints

محقق سازمان	تعریف
Singh, 2006	حساسیت جامعه نسبت به خطرات که تحت تأثیر عوامل فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی در پاسخ به فاجعه می‌باشد
Rodriguez, 2008	آسیب‌پذیری به‌عنوان ویژگی‌های وضعیت یک شخص یا گروه که میزان ظرفیت آن‌ها در پیش‌بینی، مقابله، مقاومت و بهبود یافتن از اثر یک فاجعه طبیعی پایین است.
Tilio et al, 2011	آسیب‌پذیری را به‌عنوان گرایش و تمایل یک عنصر برای خسارت دیدن یا فساد تعریف می‌کنند که به شرایط فیزیکی و عملکردی آن وابستگی دارد.
Vink 2013	افرادی که دارای شرایط و ویژگی زندگی حساس‌تر از دیگران نسبت به خطر و تهدید بلایا دارند.

بحران حادثه‌ای که در اثر رخدادها و عملکردهای طبیعی و انسانی به‌طور ناگهانی به وجود می‌آید؛ مشقت، سختی و خسارت را به یک مجموعه یا جامعه انسانی تحمیل می‌کند و برطرف کردن آن نیاز به اقدامات اضطراری و فوق‌العاده دارد که آنچه در ادامه بحران نیاز است، مدیریت بحران است (Rahimi & Ravanshadnia, 2018). مدیریت بحرانی فرایندی پویا (Fotohi & Kiani, 2015) کاربردی و با استفاده از تجزیه‌وتحلیل بحران‌های گذشته و با کمک علم و فن‌آوری در جستجوی یافتن راه‌حل یا ابزاری که به‌وسیله آن: بتوان از وقوع بحران پیشگیری نمود (Nojoumi, Givehchi & Imamgholibabadi, 2019). بر مبنای چنین گستره قابل‌توجهی بحران در محدوده جغرافیای کشورمان، در نظر گرفتن چهارچوب مدیریت بحران و ابعاد پیشگیرانه امری کاملاً ضروری است. باوجوداین، ابعاد وسیع آسیب‌پذیری، کشور ایران به علت عدم برنامه‌ریزی و اقدام لازم، در طی دهه‌های پیش در زمینه بلایای طبیعی و ازجمله زمین‌لرزه، دوره‌ای بسیار پرهیاهو و سخت را پشت سر گذاشته است (Kelmer-Alizamini, 2017)؛ بنابراین، یکی از ضروری‌ترین اقدامات به‌کارگیری اصول مدیریت بحران، است. این فرآیند با تکیه‌بر اصول مدیریت برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری، نظارت و هماهنگی به‌عنوان مهم‌ترین بحث در استراتژی کاهش اثرات زمین‌لرزه است. پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه استان کردستان ازنظر لرزه‌خیزی به دو ناحیه شرقی و غربی تقسیم‌شده است. ناحیه غربی شامل شهرستان‌های، کامیاران سنندج مریوان و سقز بوده که بیش از ۶۰٪ از مساحت هرکدام در پهنه با خطر بالا قرار دارد و ناحیه شرقی در پهنه با خطر متوسط و پایین قرار

می‌گیرد (Shahabi, Gholizadeh & Nayiri, 2011). بیش از ۳۰ مساحت استان کردستان، شامل مناطق جنوب غرب و غرب ازجمله شهر سقز درخطر زلزله خیلی زیاد می‌باشند (Bahrami, 2008). گسل‌های موجود در محدوده شهر سقز در طول رودخانه سقز با جهت‌های جنوب غربی–شمال شرقی، در جهت شمال غربی–جنوب غربی و یک گسل دیگر در امتداد رودخانه (چم و لیخان) و در محدوده شهر سقز شامل گسل سنته را راستای شمال شرقی–جنوب غربی و طول نزدیک به ۵۰ کیلومتر در شرق سقز است. نتایج نشان می‌دهند که بر اساس نقشه سایزموتکتونیک و بررسی تاریخی وقوع زمین‌لرزه در منطقه، امکان وقوع زمین‌لرزه‌های با شدت بالا در منطقه سقز وجود دارد (Nomani, 2015) بنابراین لزوم اقدامات جهت افزایش تاب و آوری و مدیریت بحران برای چنین شرایطی بیش‌ازپیش احساس می‌گردد. شهر سقز به دلیل وضعیت اقلیمی، منابع طبیعی مناسب، دارای تعداد زیادی سکونتگاه با بناهای قدیمی می‌باشد. بااین‌وجود قرار گرفتن در پهنه با خطر نسبتاً بالای زمین لرزه‌خیزی در این شهر بررسی موضوع مخاطرات طبیعی و پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری در سطح محله‌های این شهر را دوچندان نموده است؛ ازآنجایی‌که مخاطرات طبیعی تحت تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی قرار دارند، بررسی تأثیرگذاری عوامل ژئومورفولوژیکی بر وقوع و تشدید مخاطرات طبیعی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. لذا این پژوهش باهدف پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی زمین‌لرزه به بررسی عوامل ژئومورفولوژیکی در رخداد مخاطرات طبیعی پرداخته است. در این مقاله کوشش شده است تا با استفاده از شاخصه‌ای موجود به بررسی میزان آسیب‌پذیری در شهر سقز پرداخته شود و برای این منظور از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (ANP) استفاده‌شده است و در پایان نیز به پهنه‌بندی خطر زلزله در این مناطق پرداخته‌شده است.

روش شناسی(مواد و روش‌ها)

روش تحقیق در این پژوهش اکتشافی بوده و اطلاعات موردنیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری‌شده است. همچنین روش انجام مقاله حاضر ترکیبی از روش تحقیق‌های (توصیفی، اکتشافی، پیمایشی و تحلیلی) که مبنای کار تحقیق است می‌باشد و این مقاله را ازنظر ماهیت تحقیق می‌توان دارای رویکرد توسعه ای–کاربردی قرارداد که سعی می‌گردد کلیه نواحی شهر سقز را موردمطالعه قرار دهد. شاخص‌های به دست آمده طبق نظر خبرگان به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی نام‌گذاری شدند که جهت تعیین اولویت‌بندی مؤلفه‌ها از تکنیک تحلیل شبکه‌ای و مقایسات زوجی بین مؤلفه‌ها توسط صاحب‌نظران با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ی (ANP) در نرم‌افزار SUPER DESICION استفاده گردید، سپس رسترسازی لایه‌ها برای هر یک از معیارها صورت گرفت. در مرحله تجزیه‌وتحلیل اطلاعات لایه‌ها جهت ترکیب با یکدیگر استانداردسازی، و درنهایت با هم ترکیب شدند در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار ARC MAP به تهیه لایه‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها پرداخته شد. مرحله بعد، فازی سازی لایه‌ها را شامل می‌شود، همچنین می‌توان گفت در این مرحله اطلاعات به‌دست‌آمده از دو مرحله قبل را در محیط نرم‌افزارARC GIS تلفیق کرده و پس از تهیه‌ی نقشه آسیب‌پذیری مربوط به هر معیار، با روی‌هم گذاشتن نقشه‌های به‌دست‌آمده، نقشه نهایی آسیب‌پذیری محدوده استخراج شد.

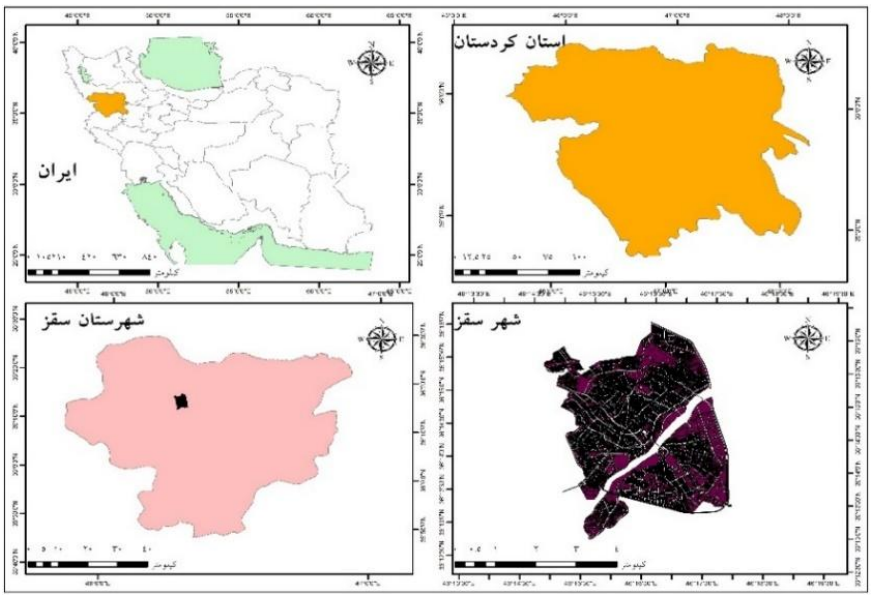


شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق

Figure 1. Conceptual model of the research

قلمرو جغرافیایی(محدوده مورد مطالعه)

محدوده موردمطالعه این پژوهش، شهر سقز می‌باشد؛ شهر سقز یکی از شهرهای استان کردستان و در غرب این استان قرار دارد و دارای مرز مشترک با کشور عراق است که در محدوده بین ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۴ دقیقه عرض جغرافیایی از خط استوا واقع‌شده است؛ از غرب به شهر بانه، از شمال به شهر بوکان و از شرق به شهر دیواندره محدود است. شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی شهر سقز را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر سقز

Figure 2. Map of the geographical location of the city of Saqqez

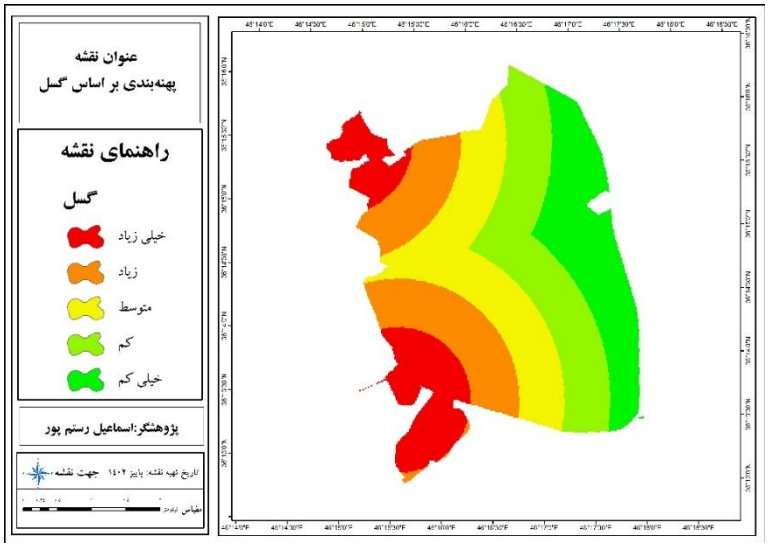
شهرستان سقز در طبقه‌بندی‌های رایج به‌عنوان یکی از نواحی کوهستانی کشور محسوب می‌شود. در مطالعات بربریان که در آن زون بندی لرزه‌خیزی منطقه به پیروی از روند کلی واحدهای زمین ساختی با روند عمومی شمال غربی ـ جنوب شرقی صورت گرفته، این شهر در ناحیه با خطر متوسط تا شدت ۷ درجه مرکالی ازنظر زلزله جای گرفته، که ازجمله زون‌های پرخطر مطالعات مذکور به شمار می‌رود. علاوه بر آن، مطالعات صورت گرفته توسط بربریان در خصوص حوزه مشاهدات و محاسبات شدت نسبی زمین‌لرزه‌ها ، بیانگر محل استقرار شهر در پهنه‌ای است که زمین‌لرزه در آن اغلب با آسیب جزئی توأم بوده است. گسل پیران شهر مهم‌ترین گسل شناخته‌شده بنیادی و مهم‌ترین سرچشمه لرزه زا با راستای شمال غربی ـ جنوب شرقی به درازای بیش از ۱۰۰ کیلومتر در منتهی‌الیه امتداد غرب و جنوب غرب نسبت به شهر سقز است. در قسمت شمال و شمال شرقی نیز گسل‌هایی قابل‌تشخیص بوده که به گسل سنته مرسوم است. گسل سنته با راستای شمال شرقی ـ جنوب غربی و در ازای نزدیک به ۵۰ کیلومتر در شرق سقز و در حدود ۵ کیلومتری روستای سنته شناسایی‌شده است که کارکرد آن راستا لغز و راستاگرد بوده و سنگ‌های دگرگونی و رسوبی در امتداد آن بریده‌شده است. بخش خردشده ناشی از کارکرد این گسله در کنار جاده دیواندره ـ سنته دیده می‌شود. هیچ‌گونه داده سنی دقیقی و یا لرزه‌خیزی از این گسله گزارش نشده است. همچنین در بیشتر رودخانه ولی خان یک گسل از خط القعر رودخانه به فاصله ۱۱۷۷۰ متر با جهت غربی ـ شرقی به گسل احتمالی رودخانه سقز منتهی می‌گردد.

جدول ۲. مشخصات و ویژگی‌های گسل‌های اطراف شهرستان سقز

Table 2. Specifications and characteristics of the faults around Saqqez County

نام گسل	موقعیت گسل نسبت به شهر	جهت گسل	نوع گسل	طول گسل (متر)	فاصله از شهر(KM)	حریم (متر)	تعداد گسل	کارکرد گسل
گسل پیرانشهر	شمال غربی-	شمالی-جنوبی	فرعی ۲	۴۸۴۵	۲۰۶	۴۰۰	۱	عادی (کششی)
	جنوب غربی	شرقی-غربی	فرعی ۲	۳۹۱۰	۲۱۰	۴۰۰	۱	
رودخانه سقز	غرب	شمال غربی- جنوب شرقی	فرعی ۲	۱۵۸۴۱	۰	۴۰۰	۵	چپ‌گرد
گسل سنته	شمال	شرقی-غربی	فرعی ۲	۷۹۰۱/۷	۸۵	۴۰۰	۴	راستاگرد
گسل سنته	شمال شرقی	جنوبی-شمالی	فرعی ۲	۴۵۰۰	۸۵	۴۰۰	۴	راستالغز
رودخانه ولیخان	خط القعر رودخانه	جنوب غربی- شمال شرقی	احتمالی	۱۱۵۲۱	۰	۰	۱	راستاگرد

بر اساس داده‌های لرزه‌نگاری، فراوانی وقوع زمین‌لرزه‌های ۵ /۳ ریشتر در شهر سقز بیشتر می‌باشد. عمق کانونی این زمین‌لرزه‌ها به تابعیت از ویژگی‌های لرزه‌خیزی منطقه شمال غرب کشور، کم‌عمق (۴۰ –۳۰ کیلومتر) می‌باشد و اینکه اغلب زمین‌لرزه‌های شهرستان در پیرامون گسل‌های منطقه اتفاق افتاده‌اند. نقشه گسل نشان‌دهنده روند توسعه شهر درگذشته در بخش‌های غربی و شمالی و شمال شرقی در محدوده حریم گسل‌های فرعی درجه‌دو است. زمین‌لرزه‌های با بزرگی بیشتر از ۵ /۳ ریشتر با گسل‌های اصلی و فرعی مهم انطباق خوبی را نشان می‌دهند.



شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی بر اساس خطوط گسل

Figure 3. Zoning map based on fault lines

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد؛ بخش عمده‌ای از گسل‌های منطقه در مناطق جنوب غربی و شمال غربی شهر سقز واقع‌شده است و گسترش افقی شهر به سمت گسل‌ها، احتمال اثرپذیری و آسیب‌پذیری آن‌ها نیز بالابرده است. همچنین مطابق نقشه‌ها و پیشینه لرزه‌خیزی شهر سقز ازنظر بزرگی زمین‌لرزه در سطوح هم‌لرز ۳ و بزرگ‌تر از ۳ ریشتر قرار دارد.

شاخص‌های مورداستفاده در پژوهش: در این پژوهش تعداد ۱۵ شاخص در قالب بعد کالبدی موردمطالعه قرارگرفته است که در جدول زیر، تعریف عملیاتی شاخص‌ها، نوع اثرگذاری آن‌ها بر تاب‌آوری شهری، نحوه استخراج شاخص‌ها و منابع آن‌ها ارائه‌شده است .

جدول ۳. شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی

Table 3. Indicators of physical resilience

ردیف	شاخص‌ها	تعریف عملیاتی شاخص‌ها	نوع اثرگذاری
۱	دسترسی به مراکز آموزشی	منظور از شاخص دسترسی به این مراکز ، دسترسی و فاصله به آن ها می باشد؛ که می توان در مواقع بحرانی از آن‌ها به‌عنوان فضای تخلیه، پناهگاه و اسکان موقت و ... استفاده نمود.	هرچه میزان دسترسی به این مراکز در شهر بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم).
۲	دسترسی به مراکز مذهبی		
۳	دسترسی به مراکز ورزشی		
۴	دسترسی به پارک		
۷	دسترسی به مراکز تجاری		
۸	دسترسی به پارکینگ		
۹	دسترسی به مراکز درمانی و بهداشت	منظور از شاخص دسترسی به مراکز امدادرسان، دسترسی به مراکز بهداشتی–درمانی، هلال‌احمر، آتش‌نشانی و شیرهای آتش‌نشانی و مراکز انتظامی، می‌باشد. هرچه مراکز درمانی و امدادرسان در شهر بیشتر باشد، احتمال برگشت‌پذیری و تاب‌آوری بیشتر خواهد بود.	هرچه میزان دسترسی به این مراکز در شهر بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم).
۱۰	دسترسی شبکه حمل و نقل	شبکه حمل‌ونقل نقش مهم و حساسی در امدادرسانی به‌موقع و توزیع کالاهای موردنیاز دارد.	هرچه میزان دسترسی به شبکه حمل‌ونقل در شهر بیشتر باشد، شهر تاب‌آور خواهد بود (تأثیر مستقیم).

۱۱	دسترسی به نیروی انتظامی	در زمان وقوع بحران زمین‌لرزه به دلیل نابسامانی فرصت برای برخی افراد سودجو فراهم می‌شود تا علاوه بر خسارات جانی موجود، موجب خسارات مالی برای مردم شوند و به سرقت از اموال مردم بپردازند که در این زمان دسترسی به نیروی انتظامی به‌منظور حفاظت از دارایی‌های مردم بسیار حائز اهمیت می‌باشد. همچنین پلیس می‌تواند به‌وسیله نیروهای انسانی خود به کمک‌رسانی به آسیب دیدگان بپردازد.	هرچه میزان دسترسی به این مراکز در شهر بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم).
۱۲	دسترسی به مخابرات	منظور از شاخص دسترسی به مراکز مخابرات، دسترسی یا فاصله از مراکز و شعبات مخابرات موجود در سطح شهر می‌باشد. تجربه نشان داده است که دسترسی به مراکز مخابره آن‌هم در شرایط بحرانی، می‌تواند به تاب‌آوری شهر کمک کند.	هرچه میزان دسترسی به خدمات و مراکز اطلاع‌رسانی در شهر بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم).
۱۳	بافت تاریخی	منظور از شاخص بافت تاریخی، ارزش این بافت ها به عنوان سرمایه ملی است که به دلیل شهرسازی بی برنامه، در معرض خطر زمین لرزه و تخریب های ناشی از آن قرار دارد.	هرچه میزان ایمن سازی این بافت ها در برابر حوادث طبیعی شهر بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم).
۱۴	تاسیسات و تجهیزات	منظور از این شاخص یعنی دسترسی به جایگاه سوخت، ایستگاه گاز، ایستگاه توزیع برق، انتقال برق، دسترسی به منابع و تأسیسات آبی می‌باشد. تجربه نشان داده است که در مواقع بروز حادثه، هرچقدر دسترسی به کاربری‌های زیرساختی بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود	هرچقدر دسترسی به این کاربری‌های بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم).
۱۶	فضای مسکونی با تراکم متوسط	این شاخص شامل تراکم جمعیتی، تراکم کلی مسکونی و تراکم خالص و ناخالص مسکونی است که هنگام صدور مجوز تراکم ساختمانی باید متناسب با قوانین ساخت و سازهای مقاوم در برابر زلزله، اقدام شود.	هرچقدر تراکم جمعیتی و ساختمانی فضاهای مسکونی زیاد باشد، به هنگام زمین لرزه شهر آسیب پذیری زیادی خواهد داشت (تأثیر مستقیم).
۱۷	فضای مسکونی با تراکم کم		هرچقدر تراکم جمعیتی و ساختمانی فضاهای مسکونی کمتر باشد، به هنگام زمین لرزه شهر آسیب پذیری کمتری خواهد داشت (تأثیر مستقیم).

یافته‌ها و بحث

در این بخش شاخص‌های موجود آسیب‌پذیری در چندین مرحله توسط اساتید مربوطه غربال و اصلاح شدند، نهایتاً تعداد ۱۵ شاخص در قالب بعد کالبدی برای شهر سقز نهایی شدند. روایی ابزار تحقیق در این پژوهش که شامل پرسش‌نامه می‌باشد از طریق ارزشیابی توسط اساتید دانشگاه و کارشناسان مربوطه موردبررسی و پس از رفع اشکالات و نواقص مورد تائید قرار گرفت. در پرسشنامه حاضر سؤالات متناسب با متغیرهای تأثیرگذار بر کاهش آسیب‌پذیری شهری و میزان انعطاف‌پذیری شهر در برابر زمین‌لرزه مطرح‌شده است و میان کارشناسان توزیع گردیده شد تا جهت بررسی و تحلیل اثر تاب‌آوری شهری و متغیرهای مؤثر بر آن، بر کاهش آسیب‌پذیری شهری در شهر سقز مورداستفاده قرار گیرد. همان‌طور که گفت شد یکی از مراحل، مرحله وزن‌دهی به شاخص‌ها بود که در این خصوص از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) در قالب نرم‌افزار Super Decision که نسبت به دیگر مدل‌ها علمی‌تر است استفاده شد. در این راستا از نظرات خبرگان استفاده شد که نتایج حاصل در جدول ۳ ارائه شده است.

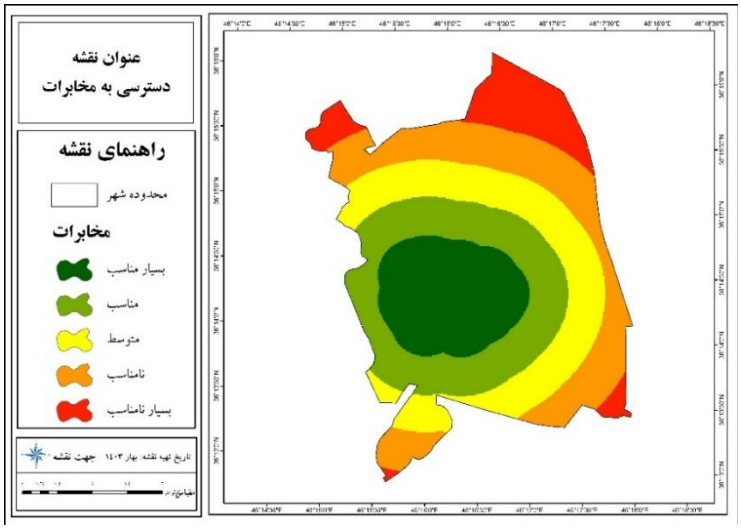
معیارهای به‌کاررفته برای ارزیابی شاخص کالبدی در این رساله عبارت انداز : ۱۵ زیر معیار (دسترسی به مراکز مخابرات، دسترسی به مراکز آموزشی، دسترسی به مراکز انتظامی، دسترسی به مراکز ورزشی، دسترسی به مراکز مذهبی، دسترسی به مراکز تجاری، دسترسی به بیمارستان، دسترسی به شبکه حمل و نقل، دسترسی به پارک و فضای سبز، دسترسی به پارکینگ، تأسیسات و تجهیزات، معابر بن‌بست، بافت تاریخی، فضای مسکونی با تراکم متوسط، فضای مسکونی با تراکم کم) که در ادامه به‌طور مفصل به تحلیل هرکدام از آن‌ها می‌پردازیم. جدول ۴ محاسبه وزن معیارهای مؤثر با استفاده از نرم‌افزارSuper Decisions را نشان می‌دهد.

جدول ٤. محاسبه وزن معیارهای کالبدی مؤثر با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions

Table 4. Calculation of the weights of effective physical criteria using Super Decisions software

ابعاد	وزن	شاخص‌ها	وزن
بعد کالبدی	۰,۱۳۰۴۳	دسترسی به مراکز مخابرات	۰,۰۱۸۴۲
		دسترسی به مراکز آموزشی	۰,۰۱۴۰۵
		دسترسی به مراکز انتظامی	۰,۰۱۰۴۹
		دسترسی به مراکز ورزشی	۰,۰۰۵۸۱
		دسترسی به مراکز مذهبی	۰,۰۰۶۴۴
		دسترسی به مراکز تجاری	۰,۰۴۰۰۵
		دسترسی به بیمارستان	۰,۰۵۸۴۸
		دسترسی به شبکه حمل و نقل	۰,۰۶۱۰۶
		دسترسی به پارک و فضای سبز	۰,۰۲۷۲۶
		دسترسی به پارکینگ	۰,۰۵۷۵۷
		تأسیسات و تجهیزات	۰,۱۱۸۱۱
		معابر بن‌بست	۰,۰۲۱۱۱
		بافت تاریخی	۰,۰۷۳۳۲
		فضای مسکونی با تراکم متوسط	۰,۱۶۹۱۱
		فضای مسکونی با تراکم کم	۰,۱۵۱۱۲

دسترسی به مراکز مخابرات: منظور از شاخص دسترسی به مراکز مخابرات، دسترسی یا فاصله از مراکز و شعبات مخابرات موجود در سطح شهر می‌باشد. تجربه نشان داده است که دسترسی به مراکز مخابرات آن‌هم در شرایط بحرانی، می‌تواند به تاب‌آوری شهر کمک کند. با توجه به شکل زیر که نتیجه خروجی GIS می‌باشد، می‌توان بیان نمود که شمال شرقی، شمال غربی و بخشی از جنوب شرقی شهر از نظر عملکردی آسیب‌پذیری بالایی دارد و در مقابل قسمت زیادی از شهر بخصوص بخش مرکزی آن در شرایط تاب‌آوری عملکردی بالا قرار دارند.



شکل ٤. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به مراکز مخابرات

Figure 4. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to telecommunications centers

دسترسی به مراکز آموزشی: منظور از شاخص دسترسی به مراکز آموزشی، دسترسی و فاصله از مدارس، مراکز آموزش عالی دانشگاه‌ها می‌باشد؛ که می‌توان در مواقع بحرانی از آن‌ها به‌عنوان فضای تخلیه، پناهگاه و... استفاده نمود. تعیین شعاع پوشش مراکز آموزشی می تواند کیفیت دسترسی شهروندان به این مراکز را از نظر فضایی بررسی کند. به همین منظور برای هر مرکز آموزشی شعاع ۵۰۰ متر، ۱۰۰۰ متر، ۱۵۰۰ متر، ۲۰۰۰ متر و بیش از ۲۰۰۰ متر را مشخص شده است. مطابق نقشه زیر، پراکندگی مراکز

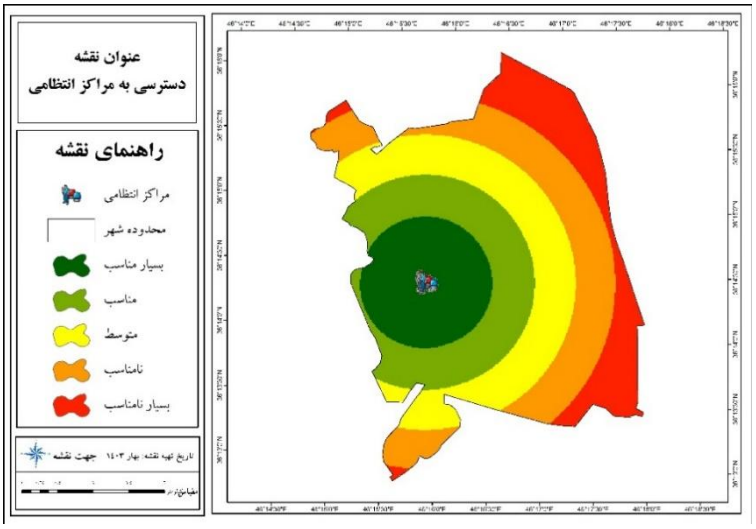
آموزشی و شعاع پوشش آن‌ها از نظر فضایی در شهر سقز در وضعیت مناسبی قرار دارد؛ همچنین مناطق متناظر با رنگ زرد بیانگر نواحی با آسیب‌پذیری متوسط و قسمت‌هایی با رنگ نارنجی و قرمز بیانگر نواحی با میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد می‌باشد.



شکل ۵. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به مراکز آموزشی

Figure 5. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to educational centers

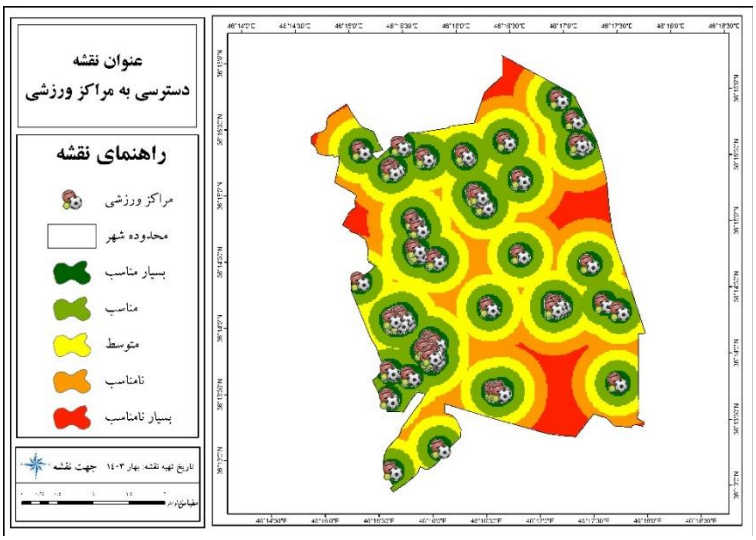
دسترسی به مراکز انتظامی: در زمان وقوع بحران زمین‌لرزه به دلیل نابسامانی فرصت برای برخی افراد سودجو فراهم می‌شود تا علاوه بر خسارات جانی موجود، موجب خسارات مالی برای مردم شوند و به سرقت از اموال مردم بپردازند که در این زمان دسترسی به نیروی انتظامی به‌منظور حفاظت از دارایی‌های مردم بسیار حائز اهمیت می‌باشد. همچنین پلیس می‌تواند به‌وسیله نیروهای انسانی خود به کمک‌رسانی به آسیب دیدگان بپردازد. نیروهای نظامی و انتظامی با توجه به برخورداری از پیشرفته ترین فناوری ها و تجهیزات به دلیل حجم سازمانی بزرگ و آمادگی دائم برای واکنش سریع در برابر تهدیدها و حفظ امنیت در هنگام بروز بحران های طبیعی می توانند نقش موثری ایفا نمایند. نقشه زیر مراکز انتظامی و شعاع پوشش آنها را نشان می دهد. برای هر مرکز انتظامی مشخص شعاع ۵۰۰ متر، ۱۰۰۰ متر، ۱۵۰۰ متر، ۲۰۰۰ متر و بیش از ۲۰۰۰ متر را مشخص شده و کیفیت دسترسی به مراکز انتظامی مناسب بررسی می گردد. از نظر فضایی، پراکندگی انتظامی و شعاع پوشش آن در شهر سقز در وضعیت نامناسبی قرار دارد و بخش شرقی شهر آسیب‌پذیری بالایی دارد و در مقابل بخش مرکزی و غربی شهر در شرایط تاب‌آوری پایین قرار دارند.



شکل ۶. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به مراکز انتظامی

Figure 6. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to law enforcement centers

دسترسی به مراکز ورزشی: منظور از شاخص دسترسی به مراکز ورزشی، دسترسی و فاصله از زمین‌ها و سالن‌های ورزشی می‌باشد؛ که می‌توان در مواقع بحرانی از آن‌ها به‌عنوان پناهگاه، اسکان موقت و ... استفاده نمود. در شکل زیر، که میزان تاب‌آوری نواحی شهر سقز بر مبنای شاخص دسترسی به مراکز ورزشی شهر سقز را نشان می‌دهد می‌توان بیان نمود که مناطق متناظر با رنگ سبز بیانگر نواحی با آسیب‌پذیری کم و قسمت‌هایی با رنگ نارنجی و قرمز بیانگر نواحی با میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد می‌باشد.



شکل ۷. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به مراکز ورزشی

Figure 7. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to sports centers

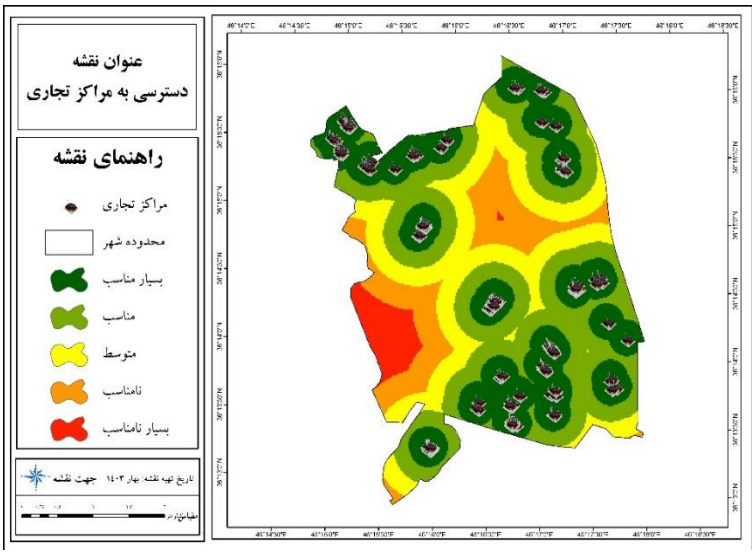
دسترسی به مراکز مذهبی: منظور از شاخص دسترسی به مراکز مذهبی، دسترسی و فاصله از مساجد، حسینیه‌ها و سایر مکان‌های مذهبی می‌باشد؛ که می‌توان در مواقع بحرانی از آن‌ها به‌عنوان فضای تخلیه، پناهگاه و اسکان موقت و ... استفاده نمود. درواقع می‌توانند به‌عنوان فضاهای چند کاربری در تاب‌آوری شهر مؤثر باشند. با توجه به شکل زیر می‌توان بیان نمود که مناطق متناظر با رنگ سبز بیانگر نواحی با آسیب‌پذیری کم و قسمت‌هایی با رنگ زرد نواحی با آسیب‌پذیری متوسط و بخش‌هایی با رنگ نارنجی و قرمز بیانگر نواحی با میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد می‌باشد.



شکل ۸. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به مراکز مذهبی

Figure 8. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to religious centers

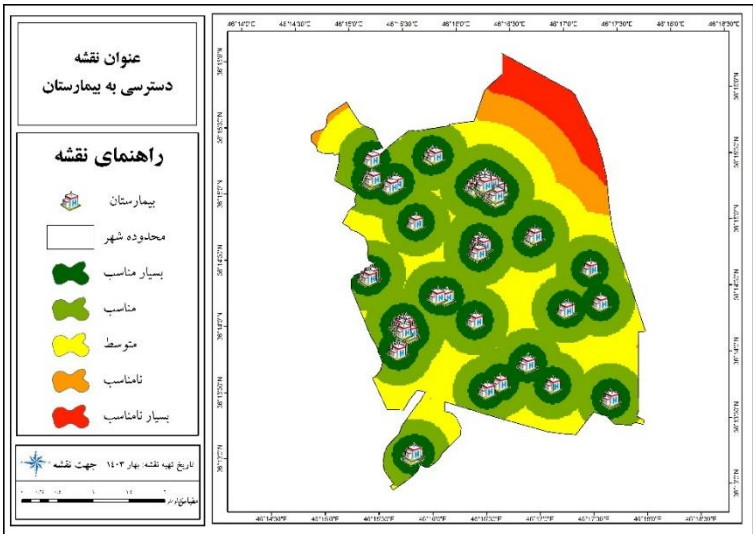
دسترسی به مراکز تجاری: منظور از شاخص دسترسی به مراکز تجاری، دسترسی و فاصله به آن‌ها می‌باشد؛ که می‌توان در مواقع بحرانی از آن‌ها به‌عنوان فضای تخلیه، پناهگاه و اسکان موقت و ... استفاده نمود. هرچه میزان دسترسی به این مراکز در شهر بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم). با توجه به شکل زیر که نتیجه خروجی GIS می‌باشد، می‌توان بیان نمود که بخشی از نواحی غربی و مرکزی شهر از نظر عملکردی آسیب‌پذیری بالایی دارد و در مقابل قسمت زیادی از شهر بخصوص بخش جنوب غربی و شمالی آن در شرایط تاب‌آوری عملکردی بالا قرار دارند.



شکل ۹. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به مراکز تجاری

Figure 9. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to commercial centers

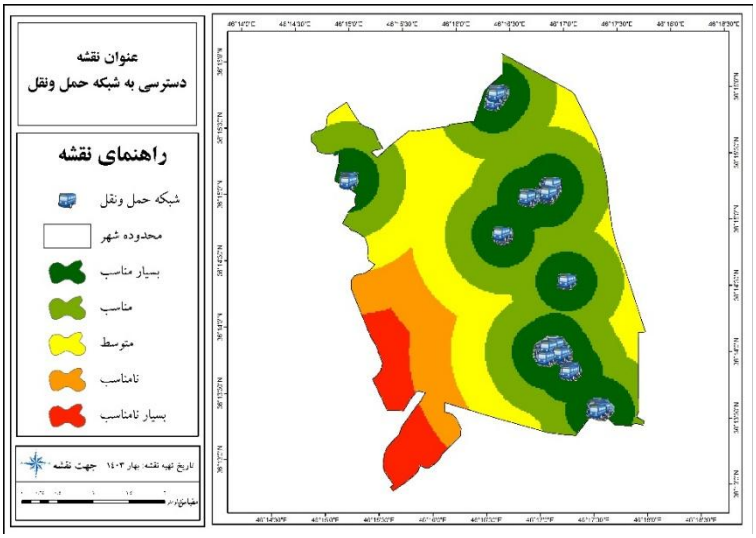
دسترسی به مراکز درمانی و بهداشت: منظور از شاخص دسترسی به مراکز امدادرسان، دسترسی به مراکز بهداشتی– درمانی، هلال‌احمر، آتش‌نشانی و شیرهای آتش‌نشانی و مراکز انتظامی، می‌باشد. هرچه مراکز درمانی و امدادرسان در شهر بیشتر باشد، احتمال برگشت‌پذیری و تاب‌آوری بیشتر خواهد بود. تامین مکان های مناسب برای استقرار مراکز امدادی پس از وقوع زلزله یکی از موارد مهم در برنامه ریزی است. به همین منظور سنجش و تحلیل مراکز امدادی نظیر بیمارستان از اهمیت بالایی برخوردار است. نقشه زیر مراکز درمانی و شعاع پوشش آنها را نشان می دهد. تعیین شعاع پوشش بیمارستانها می تواند کیفیت دسترسی شهروندان به یک بیمارستان را از نظر فضایی بررسی کند. به همین منظور برای هر مرکز درمانی مشخص شعاع ۵۰۰ متر، ۱۰۰۰ متر، ۱۵۰۰ متر، ۲۰۰۰ متر و بیش از ۲۰۰۰ متر را مشخص کرده و کیفیت دسترسی به مراکز درمانی مناسب بررسی می گردد. هر چند که بسیاری از مراکز درمانی از نظر امکانات دارای مشکل هستند و باید آن را برطرف نمود اما از نظر فضایی، پراکندگی بیمارستان‌ها و شعاع پوشش آن در شهر سقز در وضعیت مناسبی قرار دارد و فقط بخش شمال شرقی شهر از نظر کالبدی آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی دارد و در هنگام زمین‌لرزه آمار تلفات جانی و آسیب‌های مالی به همراه خواهد داشت.



شکل ۱۰. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به مراکز بیمارستان

Figure 10. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to hospital centers

شبکه حمل‌ونقل: شبکه حمل‌ونقل نقش مهم و حساسی در امدادرسانی به‌موقع و توزیع کالاهای موردنیاز دارد. هرچه میزان دسترسی به شبکه حمل‌ونقل در سطح شهر بیشتر باشد، شهر تاب‌آوری خواهد بود (تأثیر مستقیم). با توجه به شکل زیر می‌توان گفت که بخش جنوب غربی شهر ازنظر کالبدی آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی دارد و در هنگام زمین‌لرزه آمار تلفات جانی و آسیب‌های مالی به همراه خواهد داشت. این محلات منطبق بر بافت فرسوده و قدیمی حاشیه شهر است که در شرایط نامطلوبی قرار دارند و از آسیب‌پذیری جدی برخوردار هستند.

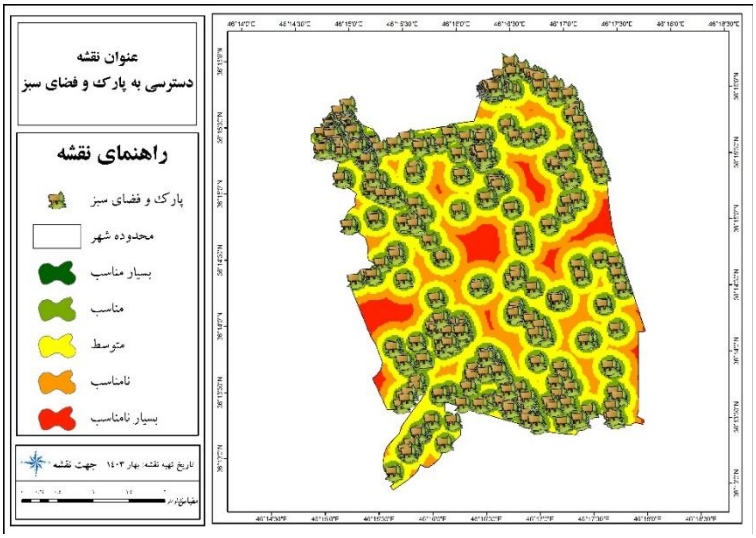


شکل ۱۱. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس شبکه حمل‌ونقل

Figure 11. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on the transportation network

دسترسی به پارک و فضای سبز: منظور از شاخص دسترسی به پارک و فضای سبز، دسترسی و فاصله از به پارک و فضاهای سبز شهر می‌باشد؛ که می‌توان در مواقع بحرانی از آن‌ها به‌عنوان فضای تخلیه، پناهگاه و اسکان موقت و ... استفاده نمود. این شاخص، حاصل میزان دسترسی به پارک ها و فضاهای سبز در داخل شهر سقز می‌باشد و زیرمعیارهای به کار رفته در آن عبارتند از: فاصله کمتر از ۲۵۰ متر، ۲۵۰–۵۰۰ ، ۵۰۰–۱۰۰۰ ، ۱۰۰۰–۱۵۰۰ و بیش از ۱۵۰۰ متر می‌باشد. شکل زیر نقشه پراکندگی فضایی

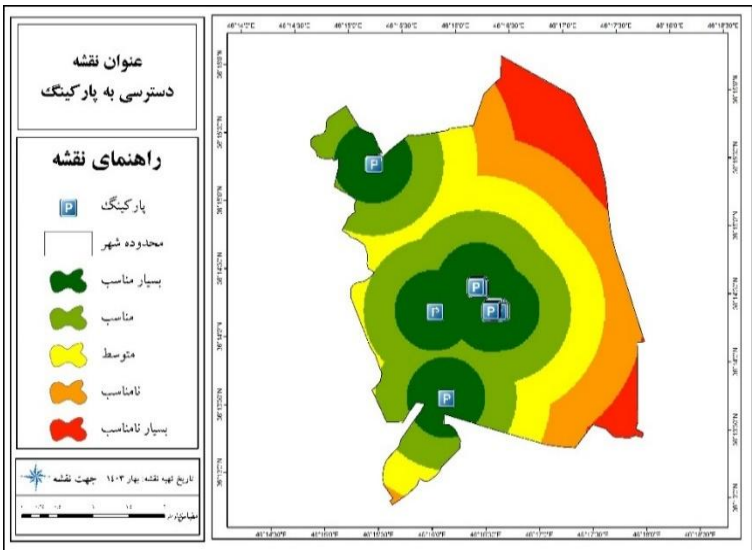
بر اساس دسترسی به پارک و فضای سبز را نشان می‌دهد. در بررسی زیرمعیارهای شاخص دسترسی به فضای سبز، طبق نقشه زیر، فاصله کمتر از ۲۵۰ متر و ۲۵۰–۵۰۰ متر بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. با توجه به شکل زیر می‌توان بیان نمود که مناطق متناظر با رنگ زرد نواحی با آسیب‌پذیری متوسط و بخش‌هایی با رنگ نارنجی و قرمز بیانگر نواحی با میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد می‌باشد. در حالت کلی با توجه به موضوع اصلی پژوهش، هر چه دسترسی نواحی به فضای سبز بیشتر باشد در افزایش کاهش آسیب‌پذیری کالبدی شهر اثرگذار خواهد بود.



شکل ۱۲. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به پارک و فضای سبز

Figure 12. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to parks and green spaces

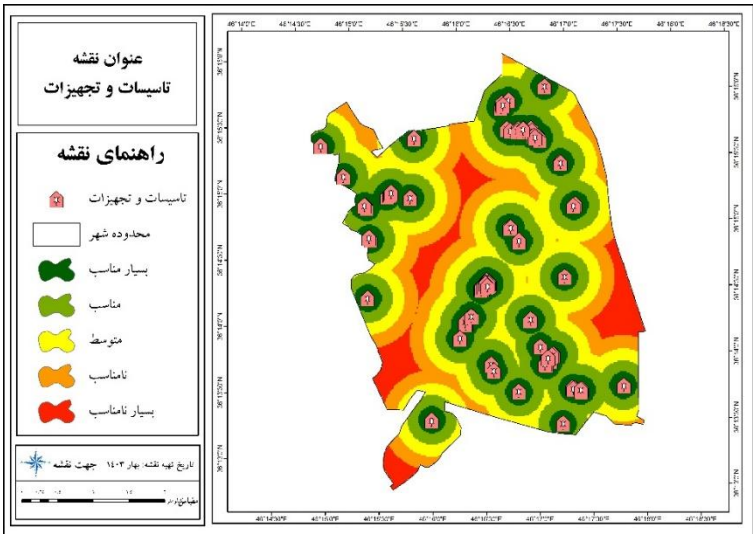
دسترسی به پارکینگ: منظور از شاخص دسترسی به پارک و فضای سبز، دسترسی و فاصله از به پارک و فضاهای سبز شهر می‌باشد؛ که می‌توان در مواقع بحرانی از آن‌ها به‌عنوان فضای تخلیه، پناهگاه و اسکان موقت و ... استفاده نمود. زیرمعیارهای به کار رفته در شاخص دسترسی به پارکینگ عبارتند از: فاصله کمتر از ۲۵۰ متر، ۲۵۰–۵۰۰ ، ۵۰۰–۱۰۰۰ ، ۱۰۰۰–۱۵۰۰ و بیش از ۱۵۰۰ متر می‌باشد. در بررسی زیرمعیارهای این شاخص طبق نقشه زیر، فاصله ۲۵۰–۵۰۰ متر بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. با توجه به شکل زیر که نقشه پراکندگی فضایی بر اساس دسترسی به پارک و فضای سبز را نشان می‌دهد می‌توان بیان نمود که فقط قسمت مرکزی و بخشی از شمال‌غربی شهر سقز به لحاظ شاخص‌های کالبدی شرایط مطلوبی دارند و جزء مناطق با آسیب‌پذیری شهری کم محسوب می‌شود.



***شکل ۱۳*. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس دسترسی به پارکینگ**

Figure 13. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on access to parking

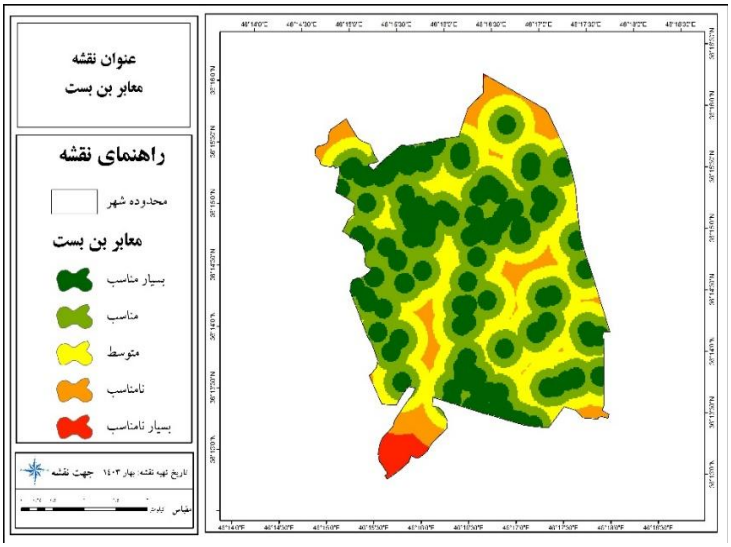
تأسیسات و تجهیزات: منظور از این شاخص یعنی دسترسی به جایگاه سوخت، ایستگاه گاز، ایستگاه توزیع برق، انتقال برق، دسترسی به منابع و تأسیسات آبی می‌باشد. تجربه نشان داده است که در مواقع بروز حادثه، هرچقدر دسترسی به کاربری‌های کالبدی بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود. هرچقدر دسترسی به این کاربری‌های بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم). شکل زیر نقشه پراکندگی فضایی بر اساس دسترسی به تأسیسات و تجهیزات را نشان می‌دهد. با توجه به شکل زیر می‌توان بیان نمود که مناطق متناظر با رنگ سبز بیانگر نواحی با آسیب‌پذیری کم و قسمت‌هایی با رنگ زرد نواحی با آسیب‌پذیری متوسط و بخش‌هایی با رنگ نارنجی و قرمز بیانگر نواحی با میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد می‌باشد که در این جا بخش غربی و قسمت از نواحی شرقی شهر در شرایط آسیب‌پذیری خیلی زیاد می‌باشد.



شکل ۱۴. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس تأسیسات و تجهیزات

Figure 14. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on facilities and equipment

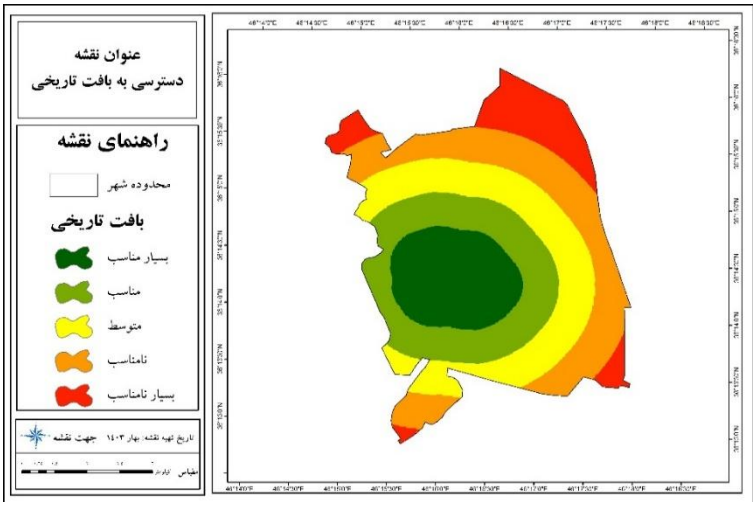
معابر بن‌بست: این معابر که بیشتر هم در بافت فرسوده قرار دارد مشکلات زیادی در تردد شهروندان و خودروها به وجود آورده و از دیگر مشکلات این معابر خطراتی است که به‌واسطه بحران‌های طبیعی مثل زلزله ایجاد می‌شود. زیرمعیارهای به کار رفته در این شاخص عبارتند از: فاصله از ۴–۸ متر، ۸–۱۲، ۱۲–۱۶، ۱۶–۲۰ و بیش از ۲۰ متر می‌باشد. در بررسی زیرمعیارهای این شاخص، طبق نقشه زیر، فاصله کمتر از ۴–۸ متر و ۸–۱۲ متر بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است؛ همچنین می‌توان بیان نمود که فقط بخش کمی از شهر در شرایط آسیب‌پذیری بالایی قرار دارد و در مقابل قسمت زیادی از شهر در شرایط آسیب‌پذیری کمی می‌باشد.



***شکل ۱۵.* نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس معابر بن‌بست**

Figure 15. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on dead-end alleys

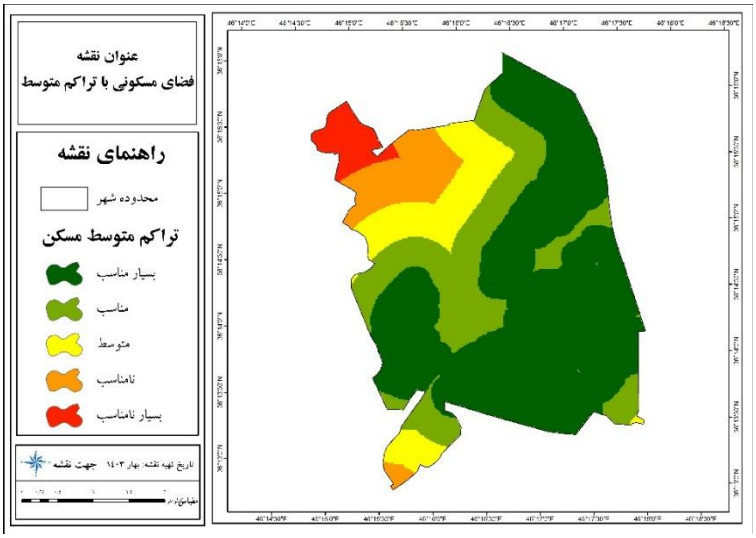
بافت تاریخی: منظور از شاخص بافت تاریخی، ارزش این بافت‌ها به‌عنوان سرمایه ملی است که به دلیل شهرسازی بی‌برنامه، در معرض خطر زمین‌لرزه و تخریب‌های ناشی از آن قرار دارد. هرچه میزان ایمن‌سازی این بافت‌ها در برابر حوادث طبیعی شهر بیشتر باشد، شهر تاب آور خواهد بود (تأثیر مستقیم). نقشه زیر بافت تاریخی و شعاع پوشش آنها را نشان می دهد. تمامی بافت‌های تاریخی در سه بخش تخریبی، مرمتی و قابل نگهداری ارزیابی می‌شود. بافت قدیم فرسوده که بقایای ساختار سقز قدیم را در خود جای داده اند اما به رغم داشتن عناصری ارزشمند وضعیت عمومی بافت آنها نامناسب است که نیازمند طرح های ویژه مداخله و سامانده و باززنده سازی هستند. از نظر فضایی، توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس بافت تاریخی و شعاع پوشش آن‌ها در وضعیت نامناسبی قرار دارد؛ همچنین با توجه به نتیجه خروجی نرم‌افزار GIS می‌توان بیان نمود که شمال شرقی، شمال غربی و بخشی از جنوب شرقی شهر از نظر عملکردی آسیب‌پذیری بالایی دارد و در مقابل قسمت زیادی از شهر بخصوص بخش مرکزی آن در شرایط تاب‌آوری عملکردی بالا قرار دارند.



شکل۱۶. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس بافت تاریخی

Figure 16. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on historical texture

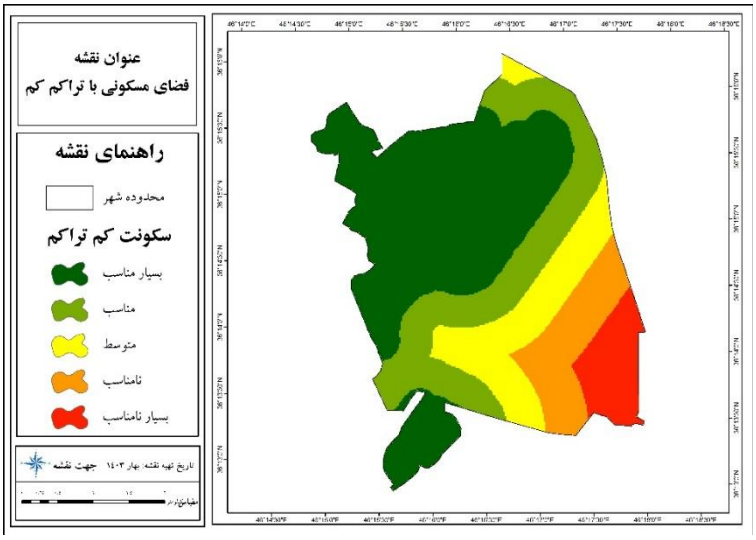
فضای مسکونی با تراکم متوسط: این شاخص شامل تراکم جمعیتی، تراکم کلی مسکونی و تراکم خالص و ناخالص مسکونی است که هنگام صدور مجوز باید متناسب با قوانین ساخت و سازهای مقاوم در برابر زلزله، اقدام شود. هرچقدر تراکم جمعیتی و ساختمانی فضاهای مسکونی زیاد باشد، به هنگام زمین‌لرزه شهر آسیب‌پذیری زیادی خواهد داشت (تأثیر مستقیم). زیرمعیارهای به کار رفته در شاخص سطح تراکم بنا، عبارتند از: کمتر از ۷۰ درصد، ۷۰–۱۲۰ ، ۱۲۰–۱۸۰، ۱۸۰–۲۴۰ و بیش از ۲۴۰ درصد که با توجه به مطالعات انجام شده است. مطابق نقشه زیر در بین زیرمعیارهای شاخص سطح تراکم ساختمانی، بیشترین مقدار، از آنِ سطحِ تراکم از ۷۰–۱۲۰ درصد می باشد که ۵۰ درصد از مجموع کل سطوح تراکم را به خود اختصاص داده است. لازم به ذکر است که طبق نقشه زیر با افزایش درصد زیرمعیار سطح تراکم ساختمانی، مقدار و سهم آن در میان سطوح تراکم کمتر می شود. برای تبیین بهتر موضوع، این توضیح ضروری است که هرچه مساحت ساخته شدهٔ ساختمان نسبت به مساحت کل قطعه افزایش یابد میزان تراکم ساختمانی بیشتر خواهد شد. مطابق نقشه زیر می‌توان بیان نمود که منطقه شمال‌غربی شهر سقز به لحاظ شاخص‌های کالبدی شرایط مطلوبی نداشته و جزء مناطق آسیب‌پذیر شهری محسوب می‌شود؛ همچنین طبق نقشه اکثر قسمت های شمال‌غربی شهر در سطح تراکم ۱۲۰ – ۷۰ و ۱۲۰–۱۸۰ درصد را نشان می دهند.



شکل ۱۷. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس فضای مسکونی با تراکم متوسط

Figure 17. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on medium-density residential space

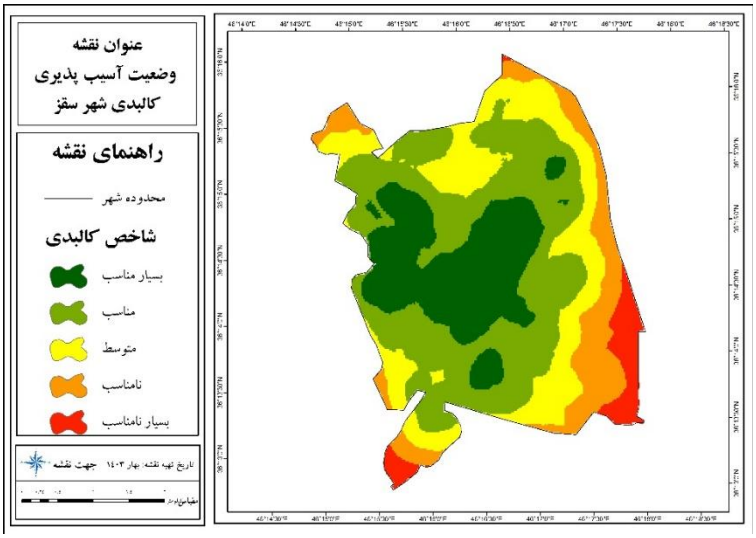
فضای مسکونی با تراکم کم: ضریب فضای مسکونی یا تراکم ساختمانی یکی از رایج ترین روش های محاسبه و کنترل تراکم جمعیتی در جهان و به خصوص در شهرهای ایران است. این شاخص از تقسیم مساحت زیربنای ساختمانی احداث شده بر کل مساحت قطعه تفکیکی به دست می آید. زیرمعیارهای به کار رفته در شاخص سطح تراکم بنا، عبارتند از: کمتر از ۷۰ درصد، ۷۰–۱۲۰ ، ۱۲۰–۱۸۰ ، ۱۸۰–۲۴۰ و بیش از ۲۴۰ درصد که با توجه به مطالعات انجام شده است. مطابق نقشه زیر در بین زیرمعیارهای شاخص سطح تراکم ساختمانی، بیشترین مقدار، از آنِ سطحِ تراکم کمتر از ۷۰ درصد می باشد که ۴۰ درصد از مجموع کل سطوح تراکم را به خود اختصاص داده است؛ هرچقدر تراکم جمعیتی و ساختمانی فضاهای مسکونی کمتر باشد، به هنگام زمین‌لرزه شهر آسیب‌پذیری کمتری خواهد داشت (تأثیر مستقیم). با توجه به شکل زیر، می‌توان بیان نمود که مناطق جنوب شرقی شهر سقز به لحاظ شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی شرایط مطلوبی نداشته و جزء مناطق آسیب‌پذیر شهری محسوب می‌شوند.



شکل ۱۸. **نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر سقز بر اساس فضای مسکونی با تراکم کم**

Figure 18. Map of the spatial distribution of buildings in the city of Saqqez based on low-density residential space

ارزیابی کاهش آسیب‌پذیری شهر سقز به لحاظ کالبدی: در اینجا برای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر سقز، تمامی لایه‌های معیار اصلی و زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری کالبدی منطقه که حاصل اعمال وزن‌های حاصل از ANP در محیط GIS بود مورد تحلیل و تلفیق قرار گرفت و سپس بعد از استانداردسازی کلیه شاخص‌ها و با استفاده از وزن به‌دست‌آمده از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP)، به تهیه نقشه‌های استاندارد موزون و درنهایت پهنه‌بندی فضاهای تاب آور شهری اقدام شد. ازاین‌رو، در این مرحله، تاب‌آوری بعد کالبدی با استفاده از ابزار Raster Calculator محاسبه گردید تا در پهنه‌بندی نهایی این بعد از تاب‌آوری، مورداستفاده قرار گیرد. این فرایند برای تک‌تک شاخص‌ها اجراشده و درنهایت نقشه آسیب‌پذیری کالبدی شهر سقز که حاصل از تلفیق ۱۵ زیر شاخص تحقیق می‌باشد استخراج گردید. نقشه‌ی مربوط به تاب‌آوری بعد کالبدی در شکل زیر نمایش داده‌شده است.



شکل ۱۹. **نقشه وضعیت آسیب‌پذیری کلی شهر سقز به لحاظ ابعاد کالبدی**

Figure 19. Map of the overall vulnerability status of the city of Saqqez in terms of physical dimensions

با توجه به شکل بالا که نتیجه خروجی نرم‌افزار GIS می‌باشد، می‌توان بیان نمود که بخش شرقی و جنوبی شهر ازنظر کالبدی آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی دارد. با توجه به نقشه نهایی مشخص گردید که شرایط هسته شرقی و جنوبی شهر سقز نامناسب است و در هنگام زمین‌لرزه آمار تلفات جانی و آسیب‌های مالی به همراه خواهد داشت.

جدول۵. امتیازدهی معیارهای کالبدی مؤثر در آسیب‌پذیری شهر سقز توسط کارشناسان خبره

Table 5. Scoring of effective physical criteria in the vulnerability of the city of Saqqez by expert evaluators

عوامل و معیارهای اصلی	زیر معیارها	آسیب‌پذیری				
		بسیارکم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
دسترسی به مراکز آموزشی- انتظامی- مراکز ورزشی- مراکز مذهبی- مراکز تجاری- دسترسی به بیمارستان- دسترسی به پارکینگ و تأسیسات و تجهیزات	کمتر از ۵۰۰ متر	*				
	۵۰۰-۱۰۰۰ متر		*			
	۱۰۰۰-۱۵۰۰ متر			*		
	۱۵۰۰-۲۰۰۰ متر				*	
	بیش از ۲۰۰۰ متر					*
دسترسی به شبکه حمل‌ونقل دسترسی به پارک و فضای سبز	کمتر از ۲۵۰ متر	*				
	۲۵۰-۵۰۰ متر		*			
	۵۰۰-۱۰۰۰ متر			*		
	۱۰۰۰-۱۵۰۰ متر				*	
	بیش از ۱۵۰۰ متر					*
معابر بن‌بست	۴-۸ متر					*
	۸-۱۲ متر				*	
	۱۲-۱۶ متر			*		
	۱۶-۲۰ متر		*			
	بیش از ۲۰ متر	*				
بافت تاریخی	تخریبی					*
	مرمتی			*		
	قابل نگهداری		*			
فضای مسکونی با تراکم متوسط فضای مسکونی با تراکم کم	کمتر از ۷۰ درصد	*				
	۷۰-۱۲۰ متر		*			
	۱۲۰-۱۸۰ متر			*		
	۱۸۰-۲۴۰ متر				*	
	بیش از ۲۴۰ متر					*

بر اساس جدول بالا ملاحظه می‌شود که مساحت قابل توجهی از شهر جزو محدوده‌های پرخطر محسوب شده و دارای آسیب‌پذیری متوسط به بالا در برابر زمین‌لرزه هستند.

نتیجه‌گیری

مخاطرات طبیعی حوادثی تهدیدآمیز هستند که خسارات جانی و مالی فراوانی به دنبال دارند. این مخاطرات تنها منحصر به زمان وقوع نیست بلکه به دلیل پیامدهای اجتماعی که دارند سال‌های سال گریبان گیر مردم منطقه خواهند بود. در چنین مواردی که آثار مخاطرات طبیعی در زندگی انسان‌ها تظاهر می‌یابد ازاین‌گونه مخاطرات با عنوان بلایای طبیعی یاد می‌شود. بااینکه وقوع این مخاطرات مجال هرگونه عکس‌العمل فوری را از آسیب دیدگان می‌گیرد، ولی درهرصورت احتمال وقوع آن‌ها قابل پیش‌بینی است. مخاطرات طبیعی نظیر سیل و زمین‌لرزه آثار ژئومورفولوژیکی خاصی را در سطح زمین ایجاد می‌کنند و خود نیز تحت تأثیر فرم و فرایندهای ژئومورفولوژیکی می‌باشند. در تحقیق حاضر نیز به این مهم پرداخته شد و شاخص کالبدی شهر سقز در ارتباط با مخاطره طبیعی زلزله بررسی گردید.

با توجه به اینکه تحلیل و افزایش تاب‌آوری سازه‌های شهری در برابر سوانح طبیعی در مسیر نیل به آرمان توسعه پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، پژوهش حاضر درصدد است تا میزان تاب‌آوری کالبدی شهر خلخال را در برابر زمین‌لرزه سنجش و ارزیابی نماید و به اولین گام برنامه‌ریزی برای مقابله با بحران زمین‌لرزه یعنی شناسایی میزان تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری جامع

شهری دست یابد .برای رسیدن به این هدف، شاخص کالبدی به همراه 15 زیر معیار مؤثر در شهر سقز در برابر زمین‌لرزه در قالب مدل‌های برنامه‌ریزی و تلفیقی چون ANP وزن دهی شدند. لایه‌های انتخابی در محیط gis ترکیب و نهایتاً نقشه وضعیت آسیب‌پذیری کلی شهر سقز به لحاظ ابعاد کالبدی پیش از زمین‌لرزه تهیه گردید.حضور مراکز و فضاهای خطرآفرین مانند معابر بن‌بست، بافت‌های تاریخی، فضاهای مسکونی با تراکم‌های متوسط به بالا و ... عامل مهمی در ایجاد احتمال آسیب‌پذیری ساختمان‌ها خواهند داشت. مجموع نتایج به‌دست‌آمده از یافته‌های پژوهش را می‌توان در جدول زیر خلاصه کرد:

جدول ٦. نتایج یافته‌های پژوهش

Table 6. Results of the research findings

مؤلفه	ضعف‌های موجود	آسیب‌های احتمالی
کالبدی	–وضعیت فرسوده ساختمان‌های قدیمی –سرانه پایین فضای بهداشتی و درمانی –ساخت‌وسازهای بی‌رویه در پیرامون محله –تراکم بالای جمعیت در فضاهای مسکونی –عدم دسترسی بیش از ۵۰ درصد جمعیت محله به مراکز مهم امدادی –ضعف در پیاده‌رو –عدم زیرسازی در برخی معابر فرعی	–مسدود شدن راه‌های ارتباطی –تحمیل هزینه‌های سنگین به –ساکنین برای نوسازی ساختمان‌ها –مسدود شدن راه‌های دسترسی به مراکز مهم امدادی –تحمیل هزینه‌های سنگین بازگشایی به ترجمان‌های امدادی

در برابر خطری مانند گسل، تنها گزینه از نظر کالبدی مقاوم‌سازی و مناسب‌سازی بناها و ساخت مساکنی مقاوم در برابر خطر وقوع زمین‌لرزه است. مراکز امدادرسانی از استانداردهای مشخص در برنامه‌ریزی فضایی تبعیت نماید و دسترسی به آن‌ها تسهیل شود. برای مثال ازآنجایی‌که مراکز آتش‌نشانی دور از محل مستقرند و امکان این نیست که در همه جای شهر آتش‌نشانی احداث کرد لازم است از روش‌های دیگر مانند ایستگاه‌های سیار استفاده کرد و به‌اندازه لازم شیرهای آتش‌نشانی در محله تعبیه کرد؛ همچنین لازم است تا حد امکان با برنامه‌ریزی و پهنه‌بندی زمین، از تراکم بیش‌ازحد جمعیت در واحد سطح و در ساختمان‌های غیر مقاوم و ناپایدار جلوگیری کرد. در این زمینه سیاست‌های کلان برنامه‌ریزی شهری و اجتماعی تأثیرگذار خواهد بود. همچنین اگرچه در این پژوهش اهداف اجتماعی دنبال نشد، لیکن اطلاع‌رسانی، آگاهی‌رسانی و توانمندسازی شهروندان برای مواجهه با زمین‌لرزه، از عوامل مهم در کاهش آسیب‌های اجتماعی ناشی از زمین‌لرزه است. با توجه به نقشه نهایی مشخص گردید که بخش شرقی و جنوبی شهر ازنظر کالبدی آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی دارد و در هنگام زمین‌لرزه آمار تلفات جانی و آسیب‌های مالی به همراه خواهد داشت. این محلات منطبق بر بافت فرسوده و قدیمی حاشیه شهر است که در شرایط نامطلوبی قرار دارند و از آسیب‌پذیری جدی برخوردار هستند. درنهایت در این مقاله، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که روش به کار گرفته‌شده در تحقیق به‌خوبی قادر به ارزیابی منطقه موردمطالعه بوده و قسمت‌های آسیب‌پذیر که بیشتر شامل بخش شرقی و جنوبی شهر سقز می‌باشد را در نقشه نهایی به نمایش گذاشته است.

پیشنهادها/توصیه های کاربردی منطبق با نظریه راهبرد مهندسی جغرافیایی فضا

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر و با تکیه بر راهکارهای برنامه‌ریزی شهری، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود

- پژوهش و مطالعه درزمینه‌ی آسیب‌پذیری مساکن شهری، به‌ویژه در مورد شهرهایی که احتمال وقوع زلزله در آن‌ها وجود دارد اصل اولیه درزمینه‌ی ایمنی شهری است.
- توسعه‌ی فیزیکی شهر سقز باید همراه با در نظر گرفتن اصل ایمنی شهری توان لرزه‌خیزی و احتمال خطر زلزله شهر در مقابل زلزله‌های احتمالی باشد.
- در ساخت‌وسازهای جدید باید علاوه بر تأکید بر مقاوم‌سازی مصالح، به ایمن‌سازی نمای ساختمان‌ها نیز توجه بسیار شود.
- اعمال قوانین در جهت مقاوم‌سازی ساختمان‌های فرسوده و افزایش ضریب ایمنی در ساخت‌وسازهای جدید به‌ویژه در بافت‌های فرسوده شهر سقز

- مطالعه و بررسی میزان تاب‌آوری سازه‌های شهری در هنگام وقوع زمین‌لرزه و تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری در راستای شناسایی و برنامه‌ریزی جهت کاهش خسارات ناشی از زمین‌لرزه.
- استفاده از مصالح و فن‌آوری‌های نوین جهت گسترش ساخت‌وسازهای مقاوم و پایدار و الزامی کردن استفاده از مصالح استاندارد باکیفیت و مقاوم
- بازسازی و بهسازی بافت‌های فرسوده موجود در سکونتگاه‌های شهری و ایمن‌سازی و بهسازی ساختمان‌های مهم و حساس
- جلوگیری از استقرار و ایجاد سکونتگاه‌های شهری و همچنین جلوگیری از ساخت‌وساز کاربری‌ها و ساختمان‌ها در حاشیه گسل‌ها به‌ویژه گسل‌های فعال
- بهینه‌سازی و تغییر کاربری‌های خطرناک هم‌جوار و جایگزینی آن‌ها با کاربری‌هایی که حساسیت کمتری نسبت به زمین‌لرزه دارند.

Reference

Aghayari, S. F., Samadzadeh, R. & masoumi, T. (2025). An analysis of urban social and economic resilience against earthquakes(Case study of Khalkhal city). *Geographical Engineering of Territory*, *9*(1), 105–126. [In Persian] doi: https://doi.org/10.22034/jget.2024.383111.1474

Alexander, D. (2011). Resilience against earthquakes: some practical suggestions for planners and managers. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, 13 (2), 109. URL: https://www.jsee.ir/article_240619.html

Aminzadeh, B., & Adeli, Z. (2014). Measuring the vulnerability of urban textures in times of earthquake crisis (case study: Qazvin city areas). *City Identity*, 8(20), 5-16. [In Persian] dor: https://dorl.net/dor/20.1001.1.17359562.1393.8.20.1.0

Ebrahimi, F., Einali, J. (2012). Evaluation of the role of reconstruction methods in the sustainability of earthquake-damaged rural settlements; A case study of Avuj County, *Journal of Land Geography Engineering*, 6(4), 849-870. [In Persian] dor: https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25381490.1401.6.4.5.8

Bahrami, R. (2008). An analysis of the vulnerability of rural settlements to earthquakes: A case study of Kurdistan Province. *Village and Development*, 11(2), 163-182. [In Persian] URL: https://rvt.agri-peri.ac.ir/article_59271.html?lang=en

Comfort, L. K. (2007). Crisis management in hindsight: Cognition, communication, coordination, and control. *Public administration review*, *67*, 189-197. URL: https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2007.00827.x

Fotohi, S., & Kiani, S. (2015). Urban Flood Risk Zoning Using Analytic Hierarchy Process Model (Case Study: Nahavand City). *Environmental Planning*, 8(29), 133-152. [In Persian] URL: https://sanad.iau.ir/en/Article/988328?FullText=FullText

Ghanbari, A., Salaki Maleki, M. A. & Ghasemi, M. (2013). Zoning of Cities Level of Vulnerability toEarthquake Danger (Case Study: Tabriz. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 2(1), 21–36. [In Persian] doi: https://doi.org/10.22067/geo.v2i1.15617

Hatami, H. R., Amani, M.M. (2013), Tehran Municipality's preparedness in managing crises caused by natural disasters with emphasis on earthquakes, Journal of Crisis Management and Emergency Situations, 15(2), 11-26. [In Persian] dor: https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20083564.1402.15.2.1.1

Hosseinekhah, H. & Zarrabi, A. (2019). Role combination mode Decision WASPAS in Identify areas Seismic (Case study: township Bahmaei). *Spatial Analysis of Environmental Hazards*, *6*(2), 147–164. [In Persian] doi: https://doi.org/10.29252/jsaeh.6.2.147

Kavoosi, F., Saberi, A., Rangzan, K. & Hosein zadeh, M. (2018). Analyzing the level of risk in urban areas for crisis management after earthquake using FAHP method in GIS (Case study: 1th district of Ahvaz). *Geography and Development*, *16*(50), 161-180. [In Persian] doi: 10.22111/gdij.2018.3571

Kelmer-Ali-Zemini, Reza (2017), The role of crisis management in reducing the effects of earthquakes at urban levels (case study: Babol city), Master's thesis in Civil Engineering, Supervisor: Dr. Mohammad Shamekhi Amiri, Arian Institute of Higher Education in Science and Technology, Faculty of Civil Engineering. [In Persian]

Khedmatzadeh, A., Mousavi, M., Yousefzadeh, A. (2021). Analysis of Urban Vulnerability Indexes with the Approach Seismic Disaster Management Using Fuzzy Network Analysis Process (FANP) (Case

study: Urmia city). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 16(1), 43-62. [In Persian] doi: https://dorl.net/dor/20.1001.1.25385968.1400.16.1.4.7

Mohammadpour, S., Zali, N. & Pourahmad, A. (2016). Analysis of Seismic Vulnerability Factors in Urban Old Texture with the Approach of Earthquake Crisis Management (Case Study: Sirus Neighborhood). *Human Geography Research*, *48*(1), 33–52. [In Persian] doi: https://doi.org/10.22059/jhgr.2016.51273

Mehrjou, M. and Molavi, M. (2024). Evaluation of Socio-Spatial Vulnerability of Rasht's Historical Fabric Using Space Syntax Approach. *Physical Social Planning*, *11*(3), 57-76. [In Persian] doi: 10.30473/psp.2025.72203.2735

Nojoumi, A. (2020). Proposing a Strategic Model for Technological Crisis management - A Case Study on South Pars Gas Complex Assaluyeh-Bushehr-IRAN. Applied Research in Geographical Sciences, 20(56), 205–221. [In Persian] doi: https://doi.org/10.29252/jgs.20.56.205

Nomani, H. (2015), Natural Disasters and Saqqez's Exposure to Them, Sharnews. [In Persian] http://www.sharnews.com/

Rahimi, M., Ravanshadnia, M. (2018). Vulnerability and resilience of Tehran's 15th district to earthquakes using the analytic hierarchy process, Urban Management, 17(51), 213-223. [In Persian] URL: http://ijurm.imo.org.ir/article-1-2244-fa.html

Rodrıguez, H., Quarantelli, E. L., & Dynes, R. (2008). Handbook of Disaster Research, Springer Science+Business Media, LLC.

Sasanpour, F., & Musivand, J. (2009). The impact of man-made factors on the intensification of natural hazards in metropolitan environments using fuzzy logic and geographic information systems. *Applied Research in Geographical Sciences (Geographical Sciences)*, 13(16), 29-50. [In Persian] URL: https://jgs.khu.ac.ir/article_5079.html?lang=en

Shahabi, H., Gholizadeh, M. H., & Nayiri, H. (2011). Earthquake hazard zoning using spatial multi-criteria analysis. Geography and Development, 9(21), 65-80. [In Persian] doi: 10.22111/gdij.2011.581

Singh, R.B. (2006). Natural hazards and disaster management, vulnerability and Mitigation, New Delhi: Rawat Publications.

Tilio, L. Murgante, M. Di Trani, F. Vona, M. & Masi, A. (2011). Resilient City and Seismic Risk: A Spatial Multi criteria Approach, ICCSA, Part I, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 410-422.

Vink, K. & Takeuchi, K. (2013). International comparison of measures taken for vulnerable People in disaster risk management laws, International Journal of Disaster Risk Reduction, 4, 63–70.

Wisner, B, Blaikie, P, Cannon, T, Davis, I. (2004). At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters, 2nd end. Routledge, London, 220p.

Ylenia, S. Luca, S & Maria, R.V(2021). Seismic response of masonry buildings in historical centres struk by the 2016 Central Italy earthquake, Calibration of a vulnerability model for strengthend conditions, Constraction and Building Materials, 299, 123911, https://doi.org/10.1016/j. conbuildmat. 2021.123911

Zabardast, E. (2001). Application of Analytic Hierarchy Process in Urban and Regional Planning. Fine Arts, -(10), 13-21. [In Persian] URL: https://jhz.ut.ac.ir/article_13624.html?lang=en

Zangiabadi, A., Mohammadi, J., Safaei, H., & Qaed Rahmati, S. (2008). Analysis of vulnerability indicators of urban housing against earthquake risk: Case study: Housing in Isfahan city. Geography and Development, 6(12), 61-79. [In Persian] doi: https://doi.org/10.22111/gdij.2008.1243