

## Analysis of the Vulnerability of the Villages of Eshtehard City Against Earthquakes

Vahid Riahi<sup>1✉</sup>, Yasin Moghaddasi<sup>2</sup>

1. Associate Professor of Geography and Rural Planning, University of Kharazmi, Tehran, Iran

✉ E-mail: Riahi@khu.ac.ir

2. M. Sc Student of Geography and Rural Planning, University of Kharazmi, Tehran, Iran

E-mail: 993191505@khu.ac.ir



**How to Cite:** Riahi, V; Moghaddasi, Y. (2023). Analysis of the Vulnerability of the Villages of Eshtehard City Against Earthquakes. *Geography and Development*, 21 (70), 181-206.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2023.7404>

**Received:**

27 June 2022

**Received in revised form:**

29 September 2022

**Accepted:**

12 December 2022

**Published online:**

20 January 2023

### ABSTRACT

According to its geographical and geological location, Iran is among the ten earthquake-prone countries in the world. This is despite the fact that now about a quarter of Iran's population lives in rural settlements, and on the other hand, the establishment of villages near or on active fault lines is necessary to be scientifically investigated in terms of the level of physical vulnerability. Therefore, the purpose of this research is to analyze the vulnerability of the villages of Eshtehard city against earthquakes. The current research method is descriptive-analytical and library and field methods were used to collect information and data. Data analysis and research information were done through spatial analysis (Arc Map) and statistical analysis (SPSS) and the statistical population includes 1326 rural households from 4 Eshtehard districts, based on non-probability sampling and with a purposeful (judgmental) method, the number of 208 The household was selected as the sample size. The findings of the research show that first: most of the rural areas are located in the safe and low-risk areas of the region, half of which are currently uninhabited and the rest have a very low population density, in contrast to a small number of rural areas Villages with high population density are located in high-risk areas. Second: Among the 8 criteria selected to estimate the vulnerability of housing against earthquakes, it can be said that in the studied area, the indicators of the width of the roads, the quality of the materials used, and the density of the residential units are not in a suitable condition and make them vulnerable. Rural houses play an important role against earthquakes, and against the indicators of building age and the number of floors of residential units, they have favorable conditions and have moderated the vulnerability of housing in four villages to some extent.

**Keywords:**

Natural disasters,  
Earthquake,  
Rural areas,  
Vulnerability,  
Eshtehard city.



© the Author(s).

**Publisher:** University of Sistan and Baluchestan

### Extended Abstract

#### 1. Introduction

Every year, millions of people lose their lives due to natural and unnatural events all over the world. Among natural disasters, earthquakes have always had the highest human casualties and damages, while the number of people killed in developing countries is higher than in developed countries. Meanwhile, there are more rural settlements and production activities in villages than in cities due to

the deep connection of villagers with the natural environment and their limited power against environmental threats. Therefore, in the process of disaster management cycle, it is important to identify the vulnerable areas of earthquakes before the earthquakes to estimate the vulnerability of villages and reduce losses and damages. The rural areas of Eshtehard county in Alborz province are highly vulnerable to earthquakes due to many

reasons, and the present study seeks to analyze the vulnerability of the villages of Eshtehard to earthquakes.

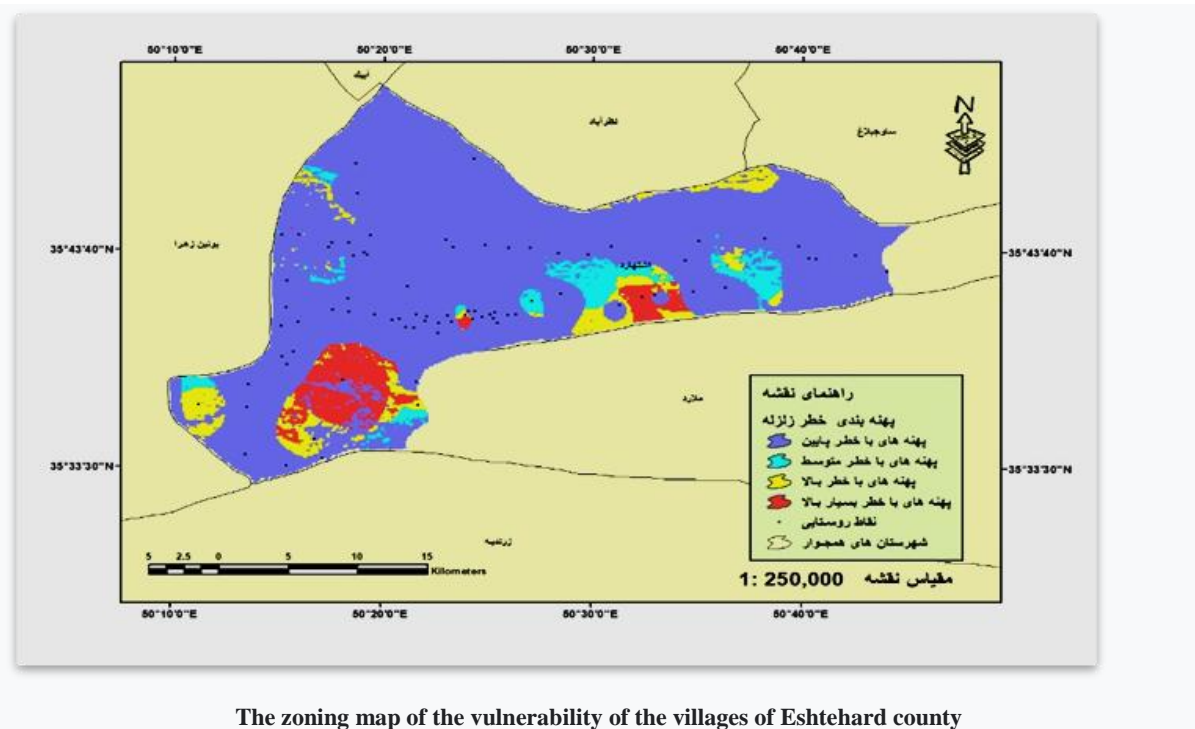
## 2. Methods and Material

In this research, the primary goal is to stratify the rural settlements of Eshtehar county against earthquakes and the second goal is to estimate the vulnerability of villages. This study is descriptive-analytical in terms of method. In order to conduct the study, information layers such as fault map, population density map, slope map and distance map from the previous earthquake points in the studied area were prepared. Then the effective parameters in the vulnerability of villages were weighted using the process of hierarchical analysis. Next, fuzzy factor maps were prepared in Arc Map software according to the weight of each information layer. After that, the maps were combined with each other and the final map of the rural area was produced. In order to determine the degree of vulnerability, the necessary data were collected from the field method (questionnaire) and official information of organizations. The statistical population of the research is 87 villages in Eshtehard county, which had 1326 households. The sample size was also calculated and completed through the purposeful (judgmental) sampling method, the number of 208 questionnaires.

## 3. Results and Discussion

In the current research, four factors including distance from the fault, slope, distance from the epicenters of previous earthquakes and the amount of population have been used to zone the vulnerability of the rural area. Distance from the fault: 39 villages are located less than 2 km from the fault. Slope: Basically, lands with a slope of less than 5% are considered suitable lands for the establishment of human settlements, and in contrast,

slopes above 15% are considered unsuitable lands. Slope zoning has been done using DEM maps of the area. This area was divided into four parts in terms of slope, including areas with slopes less than 2%, 2 to 5%, 5 to 10% and areas with a slope greater than 10%. Considering that high slopes have a greater effect on the vulnerability of rural settlements; The results showed that out of 87 rural areas, 9 villages are highly vulnerable due to being located on a slope above 10%. Distance from earthquake points: This index showed the potential of earthquake risk and the vulnerability of rural areas near the epicenter of the earthquake. Based on that, four risk zones were identified and it was found that 10 villages are located less than 2 km from the epicenter of the previous earthquakes and 6 villages are located in the low risk zone. Population: Population density is one of the effective factors in the vulnerability of rural settlements. In this research, the population density of rural areas was prepared using the IDW method and four classes of population density were determined. With this key result, 63 villages are in the low density group and 6 villages are in the dense group. fault: Castle has had the greatest impact on the degree of vulnerability of rural settlements with a weighted average of 0.615. After that, the distance index from the previous earthquake points with a weighted average of 0.257, the population density index with a weight of 0.090 and the slope index with the least influence and a weighted average of 0.045 have been effective. After obtaining the final weight of each index, the maps related to each index were multiplied by the final weight and standardized zoning maps were prepared and the final map was prepared by combining the standardized maps based on the weight of the indicators. The final map was presented in four levels of low risk areas, medium risk areas, high risk areas and very high risk areas.



The zoning map of the vulnerability of the villages of Eshtehard county

#### 4. Conclusion

The study of natural threats and environmental hazards gives managers the ability to manage crisis in order to identify dense population and sensitive points before the crisis occurs. In the study of the vulnerability of the villages of Eshtehard county against severe earthquakes, it was found that the vulnerability status was medium and high in all indicators. In general, among the 8 criteria selected to estimate the vulnerability of housing against earthquakes, the indicators of the width of the roads, the quality of materials and the density of residential units were low. These factors play an important role in making rural houses vulnerable to earthquakes. On the other hand, the indicators of the age of the building and the number of floors of the residential units have favorable conditions and have moderated the vulnerability of housing to some extent. The results of the research showed that most of the residential units have an area between 70 and 100 square meters and are in a state of moderate

vulnerability. 28.8% of all residential units in villages have very high vulnerability in the density index of residential units. In the building age index, the results show that 35 percent of the residential units are about 10 to 20 years old and have moderate vulnerability in terms of the division. The visibility of rural roads shows that nearly 87% of rural roads are less than 8 meters wide and only 13% of roads are more than 8 meters wide. Finally, this research, by specifying the estimation of the vulnerability of rural areas of Eshtehard city against earthquakes, It showed that preventive measures are necessary, including a study to estimate the vulnerability of rural settlements against earthquakes and improving the conditions of dense rural areas against environmental hazards, which is effective in crisis management, especially after an earthquake.

**Keywords:** Natural disasters, Earthquake, Rural areas, Vulnerability, Eshtehard city.

## 5. References

- Eftekhari, Abdul Reza; Sadeghlou Tahereh (2016). The resilience of local communities against environmental hazards, the first volume. second edition. Publications of Tarbiat Modares University. Tehran.  
<https://www.gisoom.com/book>.
- Bahrami, Rahmatullah (1381), an analysis of the vulnerability of rural settlements to earthquakes: a case study of Kurdistan Province, Village and Development, Volume 11, Vol. 2, 163-182.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=89701>.
- Portahari, Mehdi; Hajinejad Ali; Fatahi Ahadullah; Nemati Reza (2013). Assessing the physical vulnerability of rural settlements against natural hazards using the Cooperas decision-making model, planning and spatial planning. Volume 18. Number 3. 29-52.  
<https://hsmmp.modares.ac.ir/article-21-303-fa.html>.
- Portahari, Mehdi; Parshan Majid; Eftekhari Abdul Reza; Asgari Ali (2013). Measuring and evaluating the basic components of earthquake risk management, rural researches. first year Pages 115-150.  
[https://jrur.ut.ac.ir/article\\_22752.html](https://jrur.ut.ac.ir/article_22752.html)
- Jalalian, Hamid; Dadger Hossein (2014). Vulnerability zoning of rural settlements against earthquakes with AHP model in GIS environment, case study: Chorzaq section of Tarem city, geography and environmental planning. Year 26. Number 3. 29-42.  
[https://gep.ui.ac.ir/article\\_18748.html](https://gep.ui.ac.ir/article_18748.html).
- Riahi, Vahid; Khadija Karimi (2015). Risk Management in Rural Areas, Academic Publications and Geographical Society of Iran. 31.  
<https://www.gisoom.com/book>.
- Riahi, Vahid; Luqman Zamani (2012). Earthquake crisis management in rural settlements of Sarwabad county, Space Economy and Rural Development, Year 2. Number 1. Pages 169-151.  
<https://serd.khu.ac.ir/article-1-1613-fa.html>
- Riahi, Vahid (2016). Crisis Management in Rural Areas of Iran, Academic Publications and Geographical Society of Iran. 57-70.  
<https://www.gisoom.com/book>.
- Zomorrodian, Mohammad Jaafar (2011). Application of natural geography in urban and rural planning, Payam Noor University Publications. 121-120.  
<https://www.gisoom.com/book>
- Saif, Jacob; Shakib Alireza; Matkan Ali Akbar; Mir Bagheri Babak (2016). Measuring the brightness and prioritizing the vulnerability of rural settlements against earthquakes using fuzzy logic in GIS, a case study of Fars province, Earth Science Research. Year 9. No. 36. 181-200.  
<https://www.magiran.com/paper/1921739>.
- Shakur, Ali; Fazalullah Karimi; Maleki Mohammad (2016). Vulnerability risk analysis of rural settlements against earthquakes, a case study of villages in Lamard city, Regional Planning Quarterly. Year 7. Number 26. 80-92.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=297324>.
- Einai, Javad; Cheraghi Mehdi; Rumiani Ahmad (2013). Evaluating the role of housing loans in reducing the physical vulnerability of rural settlements, Housing Quarterly and Village Environment. The twenty-third period. No. 146. 78-90.  
[http://jhre.ir/browse.php?a\\_id=446&sid=1&slc\\_lang=en](http://jhre.ir/browse.php?a_id=446&sid=1&slc_lang=en)
- Quaid Rahmati, Safar; ancient faith; Leila Soltani (1390). Investigating the effects of density on the vulnerability caused by earthquakes in the city of Isfahan (with a fuzzy approach), geography and environmental planning. Year 22. Number 41. 107-122.  
[https://journals.ui.ac.ir/article\\_18488.html](https://journals.ui.ac.ir/article_18488.html).

Mohammadzadeh, Rahmat (1386). Experiences of Tokyo urban planning in reducing vulnerability caused by earthquakes, 3rd International Conference on Comprehensive Crisis Management in Unforeseen Natural Disasters. Year 9. Number 26. 111-89.

<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=102470>.

Meshkini, Abolfazl; Reza Shabanzade Namini (2013). Vulnerability analysis of urban fabric against earthquakes, study area: 2nd district of Tehran Municipality, human geography researches. Volume 46. Number 4. 856-843.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=239140>.

Azizi, M. A (2009). An Analysis of the Status and Transformation of Urban Housing Indicators in Iran, HONAR-HA-YEZ-ZIBA, 23(23), 25- 34. [InPersian].

[https://journals.ut.ac.ir/article\\_10711.html?lang=en](https://journals.ut.ac.ir/article_10711.html?lang=en)

Ghafory Ashtyani, M (2005). Earthquake Risk Management Strategies: the Iranian Experience, IIES, 2005.

<http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/677/5691%20%20Earthquake%20Risk%20management%20Strategies.%20The%20Iranian%20Experience.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rashed, T (2003). Measuring the Environmental Context of urban vulnerability to Earthquake Hazards: An Integrative Remote Sensing and GIS Approach. Uc Santa Barbara and San Diego State University.

[https://www.researchgate.net/publication/252632503\\_Measuring\\_the\\_environmental\\_context\\_of\\_social\\_vulnerability\\_to\\_urban\\_earthquake\\_hazards\\_An\\_integrative\\_remote\\_sensing\\_and\\_GIS\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/252632503_Measuring_the_environmental_context_of_social_vulnerability_to_urban_earthquake_hazards_An_integrative_remote_sensing_and_GIS_approach).

Menoni, S (2006), Seismic Risk Evaluation Integrated use of Geographical Information System and Artificial Intelligence Technique SERGISAL, Istituto di Ricerca sul Rischio sismico, Milano, Italy.

<https://cordis.europa.eu/project/id/ENV4960279/results/es>.

Samaddar, S .& N. okada (2006). «Participatory Approach for post- Earthquake Reconstruction in the villages of kachehh, India, annuals of Disaster», Prevres. Inst, Kyoto univ, No. 49 B, 2006.

<https://www.dpri.kyotou.ac.jp/nenpo/no49/49b0/a49b0p20.pdf>.

Smith, K (1996). Environmental Hazards, second ed., Rutledge: London.

<https://www.routledge.com/Environmental-Hazards-Assessing-Risk-and-Reducing-Disaster/Smith-Smith/p/book/9780415681063>.

The Word Bank, Mainstreaming Hazard Risk Management in Rural Projects, written by Jolanta Kryspin Watson, 2006, <http://www.worldbank.org/hazards>.

<https://documents.worldbank.org/en/publication/documentsreports/documentdetail/602871468320732040/mainstreaming-hazard-risk-management-into-rural-projects>.

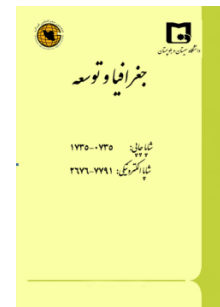


## تحلیل میزان آسیب‌پذیری روستاهای شهرستان اشتهارد در برابر زلزله

دکتر وحید ریاحی<sup>۱\*</sup>، یاسین مقدسی<sup>۲</sup>

### مقاله پژوهشی

جغرافیا و توسعه، شماره ۷۰، بهار ۱۴۰۲  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۶  
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۱/۰۷/۰۷  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱  
صفحات: ۲۰۶-۱۸۱



واژه‌های کلیدی:  
بلاای طبیعی، زلزله، نواحی روستایی،  
آسیب‌پذیری، شهرستان اشتهارد.

### چکیده

کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناختی آن در زمره ده کشور زلزله‌خیز جهان جای دارد. این در حالی است که هم‌اکنون حدود یک‌چهارم جمعیت ایران در سکونتگاه‌های روستایی سکونت دارند و از طرفی، استقرار روستاها در نزدیکی یا روی خطوط گسل فعال، ضرورت دارد تا به لحاظ میزان آسیب‌پذیری کالبدی مورد بررسی علمی قرار گیرند؛ از این رو هدف این پژوهش تحلیل میزان آسیب‌پذیری روستاهای شهرستان اشتهارد در برابر زلزله است. روش تحقیق حاضر توصیفی-تحلیلی بوده و برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها نیز از روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. تحلیل داده‌ها و اطلاعات تحقیق از طریق تحلیل فضایی (Arc Map) و تحلیل آماری (SPSS) صورت گرفته و جامعه آماری شامل ۱۳۲۶ خانوار روستایی از ۴ دهستان اشتهارد است که براساس نمونه‌گیری غیراحتمالی و با روشی هدفمند (قضائتی)، تعداد ۲۰۸ خانوار به‌عنوان حجم نمونه انتخاب شد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که نخست، اکثر نقاط روستایی در پهنه‌های امن و کم‌خطر منطقه قرار گرفته‌اند که در حال حاضر نیمی از آن‌ها خالی از سکنه و مابقی نیز از تراکم جمعیتی بسیار کمی برخوردار هستند، در مقابل تعداد کمی از نقاط روستایی با تراکم بالای جمعیتی در پهنه‌های پرخطر قرار گرفته‌اند. دوم، از میان ۸ معیار انتخاب‌شده برای برآورد میزان آسیب‌پذیری مسکن در برابر زلزله، می‌توان گفت در محدوده مورد مطالعه، شاخص‌های عرض معابر، کیفیت مصالح به‌کار رفته و تراکم واحدهای مسکونی وضعیت مناسبی ندارند و در آسیب‌پذیرکردن خانه‌های روستایی در برابر زلزله نقش مهمی دارند و در مقابل شاخص‌های قدمت بنا و تعداد طبقات واحدهای مسکونی شرایط مطلوبی دارند و تا حدودی آسیب‌پذیری مسکن در چهار روستا را تعدیل کرده‌اند.

### مقدمه

هر ساله میلیون‌ها نفر در سراسر جهان جان خود را بر اثر حوادث طبیعی و غیرطبیعی از دست می‌دهند. مسئله و مشکل مخاطرات طبیعی از گذشته گریبانگیر بشر بوده است و همواره بخشی از تاریخ زندگی انسان را تشکیل می‌دهد. در میان پدیده‌های خطرآفرین، زلزله همیشه بیشترین مسئولیت را در قبال تلفات انسانی و خسارات مادی برعهده داشته است و این درحالیست که شمار کشته‌شدگان انسانی در کشورهای درحال توسعه به‌مراتب بالاتر از کشورهای توسعه‌یافته است (جلالیان و دادگر، ۱۳۹۴: ۳۰). گاهی اوقات مخاطرات طبیعی، تأثیرات مخربی بر زندگی جوامع

انسانی می‌گذارد و بر اثر وقوع این پدیده، تغییر و تحولی در شرایط محیطی به‌وجود می‌آید که در نهایت باعث گسسته‌شدن روند زندگی مردم عادی می‌شود و خسارات اقتصادی و اجتماعی زیادی را به‌خصوص در بین جوامع روستایی به همراه دارد (شکور و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۱).

در این میان جوامع روستایی و فعالیت تولیدی آن‌ها به‌دلیل ارتباط عمیقی که با محیط طبیعی دارند و نیز توان محدود آن‌ها در برابر تهدیدات محیطی، از گذشته تا اکنون همواره بیشتر از سایر جوامع در برابر نیروهای مخرب طبیعی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین امروزه تحلیل میزان آسیب‌پذیری جوامع

<sup>۱</sup> Riahi@khu.ac.ir

۱. دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، گروه جغرافیا انسانی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> 993191505@khu.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران

ایپیک اشاره کرد و این گسل‌ها اغلب با جهت غربی شرقی و یا شمال‌غربی- جنوب‌شرقی سبب جابه‌جایی و شکسته‌شدن پوسته زمین شده‌اند.

ساخت‌وسازهای غیراصولی، بافت‌های فرسوده و مصالح ساختمانی نامناسب در کاهش ایمنی محیط و تشدید خسارات ناشی از وقوع زلزله نقش مهمی دارند و شهرستان اشتهارد نیز به واسطه موقعیت جغرافیایی خاص، همواره در برابر مخاطرات محیطی از جمله زلزله آسیب‌پذیر بوده و وجود گسل‌های متعدد در این محدوده، زلزله‌های مخربی را در سال‌های گذشته به وجود آورده و باعث بروز خسارات مالی و تلفات جانی شده است.

در این میان مناطق روستایی شهرستان اشتهارد به دلایل متعدد آسیب‌پذیری بیشتری در برابر زلزله داشته و تحقیق حاضر نیز به دنبال مشخص کردن سکونتگاه‌های روستایی با آسیب‌پذیری زیاد است تا با شناسایی این مناطق و اقدامات لازم جهت به حداقل رساندن آسیب‌پذیری، از وقوع بحران تا حد امکان جلوگیری کرد؛ زیرا آسیب‌پذیری زیاد یک ناحیه به همراه وجود خطر (زلزله)، باعث به‌وجود آمدن فاجعه و بحران می‌شود و با کاهش آسیب‌پذیری جوامع روستایی و گذر از آسیب‌پذیری به تاب‌آوری می‌توان از تلفات جانی و خسارات مالی تا حدود زیادی جلوگیری کرد. بر همین اساس و با توجه به اینکه توسعه پایدار و مدیریت بحران و ریسک هر سه در جهت کاهش آسیب‌پذیری حرکت کرده‌اند؛ از این‌رو هدف کلی پژوهش تحلیل میزان آسیب‌پذیری روستاها و روستاییان شهرستان اشتهارد در برابر زلزله است و به دنبال پاسخ به دو پرسش اصلی است؛ نخست، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناحیه در برابر زلزله‌های شدید چگونه است؟ دوم، واحدهای مسکونی روستاها و جوامع محلی تا چه میزان در برابر زلزله‌های شدید آسیب‌پذیر است؟

روستایی در برابر زلزله امری ضروری به نظر می‌رسد. کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناختی خود، جزو ده کشور برتر جهان در زمینه لرزه‌خیزی محسوب می‌شود و علاوه بر آن براساس آمارهای رسمی در ۱۰۰ سال گذشته، بیشتر از ۱۳ زلزله به بزرگی هفت ریشتر در کشور رخ داده است و این درحالیست که سکونتگاه‌های روستایی کشور در برابر زلزله‌های ۵ ریشتر به شدت آسیب‌پذیر هستند (سیف و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۸۲)؛ از این‌رو شناسایی مناطق آسیب‌پذیر زلزله قبل از وقوع به منظور کاهش تلفات و خسارات براساس چرخه مدیریت بحران، از اهمیت خاصی برخوردار است.

با توجه به اینکه بسیاری از داده‌های مربوط به زلزله و عوامل مربوط به آن خصوصیات مکانی دارند، سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان ابزار مناسب در جهت اولویت‌بندی خطر زلزله می‌تواند برای ساماندهی و تحلیل یکپارچه اطلاعات و کمک به تصمیم‌گیری‌های مناسب در زمینه مدیریت بحران گام بردارد. کشور ایران روی یکی از دو کمربند زلزله‌خیز جهان واقع شده است و وجود گسل‌های فعال و فراوان، باعث شده تا وقوع زلزله در فلات مرکزی ایران امری طبیعی به نظر برسد. همچنین کمربند زلزله حدود ۹۰ درصد از خاک کشور را دربر گرفته است (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۲۱). حدود ۱۸ درصد از زلزله‌های مخرب جهان در کشورمان اتفاق می‌افتد که این رقم حدود سه برابر بیشتر از زلزله‌های مخرب کشور ژاپن است (محمدزاده، ۱۳۸۶: ۹۲).

استان البرز نیز به تبعیت از کشور در برابر مخاطرات به شدت آسیب‌پذیر است؛ زیرا محل وقوع مخاطرات طبیعی گوناگونی است که بیشتر آن‌ها منشأ زمین‌ساختی و آب و هوایی دارند. علت اصلی لرزه‌خیزی استان، وجود گسل‌های متعددی است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به گسل طالقان، گسل شمال تهران، گسل مشاء و نهایتاً گسل اشتهارد و

## مبانی نظری

مدیریت بحران<sup>۱</sup> مجموعه‌ای از فرایندها و فعالیت‌های را شامل می‌شود که برای تشخیص، پیش‌بینی یا مطالعه بحران‌ها و مجموعه‌ای از اقدام‌ها برای کنترل بحران‌هاست و به‌طور کلی می‌توان گفت مدیریت بحران دارای چرخه و مراحل است که شامل مرحله آمادگی و پیشگیری می‌شود. آمادگی در برابر بحران شامل اقداماتی است برای پاسخ سریع به بحران بلافاصله بعد از وقوع و اتخاذ روش‌های مناسب پاسخ، طراحی و نصب سیستم‌های هشدار بحران، برنامه تخلیه، اجرای مانورهای عملیاتی و آموزش پرسنل امداد و نجات است. از سوی دیگر در مرحله پیشگیری از بحران اقداماتی صورت می‌گیرد که موجب جلوگیری از وقوع بحران شده یا گاهی احتمال وقوع آن را کاهش می‌دهد. پژوهش حاضر نیز با رویکردی پیشگیرانه به تحلیل میزان آسیب‌پذیری کالبدی روستاها (واحدهای مسکونی)، با هدف شناسایی نقاط آسیب‌پذیر و در نهایت تاب‌آور کردن روستاییان در برابر زلزله، صورت گرفته است. پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه ارزیابی خطر در سکونتگاه‌های انسانی نشان‌دهنده سه رویکرد مطالعاتی در زمینه خطرهای محیطی در اجتماعات انسانی است: ارزیابی زیست‌محیطی، ارزیابی اقتصادی و اجتماعی و ارزیابی مکانی- فضایی. رویکرد ارزیابی محیطی بر پیش‌بینی احتمال وقوع خطرها و تعیین شعاع اثرگذاری در محیط و فضای جغرافیای تأکید دارد و این رویکرد با پهنه‌بندی خطر زلزله در تحقیق پیش‌رو همخوانی لازم دارد و از سوی دیگر مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی روستاها در برابر زلزله‌های شدید در این پژوهش با رهیافت توسعه که هدف آن کاهش آسیب‌پذیری جوامع است، همسو خواهد بود؛ زیرا با ارتقای سطح توسعه اقتصادی در یک جامعه، سایر زیربنایهای اجتماعی- فرهنگی و کالبدی زیربنایی نیز تحول پیدا

می‌کند و بنابراین درصد آسیب‌پذیری روند کاهش خواهد داشت (برای اطلاع بیشتر در این زمینه رجوع شود به *Smith, 1996; Azizi, 2009; Menoni, 2006*). مهم‌ترین وظیفه مدیریت بحران این است که تلاش کند آسیب‌پذیری جامعه را در برابر فاجعه به کمترین حد برساند. از دیدگاه مدیریت بحران، اقدامات لازم در سکونتگاه‌های روستایی می‌تواند در چند بخش صورت گیرد که در بخش پیشگیری، ضرورت توجه به زیرساخت‌ها و نحوه ساخت‌وساز اهمیت پیدا می‌کند (ریاحی، ۱۳۹۶: ۱۵۳). از آنجا که بیشترین تلفات و خسارات جانی و مالی در هنگام وقوع زلزله در نواحی روستایی به تخریب واحدهای مسکونی مربوط می‌شود؛ بنابراین توجه به مسئله آسیب‌پذیری در برنامه‌ریزی روستایی و کالبدی امری ضروری به نظر می‌رسد.

مفهوم آسیب‌پذیری<sup>۲</sup> به شیوه‌های مختلف و از دیدگاه‌های متفاوتی بررسی شده است. برخی از مهم‌ترین تعاریف آسیب‌پذیری نیز در جدول ۱ قابل‌ملاحظه است. به‌طور کلی آسیب‌پذیری از جنبه‌های مختلف بررسی می‌شود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به آسیب‌پذیری اقتصادی، اجتماعی، محیطی و کالبدی اشاره کرد. در این پژوهش آسیب‌پذیری کالبدی مدنظر بوده و با توجه به اینکه بیشترین خسارات‌ها در نواحی روستایی مربوط به تخریب واحدهای مسکونی است، در نتیجه تلاش شد تا ضمن مشخص کردن پهنه‌های پرخطر به‌منظور ارائه راهکارهای مؤثر در جهت کاهش خطر، به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی در سطح دهستان نیز با هدف بالابردن مقاومت واحدها در شاخص‌هایی که آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهند، پرداخته شود.

آسیب‌پذیری روستاهای محدوده مورد مطالعه با توجه به وجود گسل‌های متعدد در این شهرستان



روستا اساس حیات اجتماعی کشور است و توسعه کشور نیز مستلزم توسعه پایدار روستایی است؛ بنابراین این پژوهش به دنبال مشخص کردن و تحلیل میزان آسیب پذیری کالبدی روستاها خواهد بود.

به صورت بالقوه بالاست و از سوی دیگر پایین بودن استانداردهای ساخت و ساز در روستاها و همچنین شاخص‌های کمی و کیفی مسکن سبب شده تا در صورت وقوع زلزله به مراتب آسیب پذیری شدیدی در برابر زلزله داشته باشند؛ از این رو با توجه به اینکه

جدول ۱: تعاریف آسیب پذیری

| منبع                         | آسیب پذیری   |
|------------------------------|--|
| (ریاحی، ۱۳۹۶: ۳۴)            | آسیب پذیری تغییر مداوم در طول زمان است و از سوی عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی تأثیر می پذیرد. در فرهنگ‌های فارسی به معنای زیان، صدمه، آفت و بلا معنا شده است.  |
| (افتخاری و صادقلو، ۱۳۹۶: ۲۶) | آسیب پذیری به نابرخورداری از توان و ابزارهای مناسب برای محافظت کردن خود و دارایی‌ها در برابر آثار مخاطرات دلالت دارد. هدف تحلیل آسیب پذیری، ارزیابی شرایط موجود منطقه و ظرفیت‌های آن در برابر مخاطرات و آثار ناشی از بروز سانحه است. |
| (Ghafory Ashtyani, 2005: 1)  | آسیب پذیری نه تنها پیامدهای در معرض ریسک قرار گرفتن در نظر گرفته می شود؛ بلکه در دیدگاهی وسیع، از شرایط اجتماعی و اقتصادی و فرایندهای تحت توسعه قبل، حین و بعد از موقعیت‌های مخاطره منتج می شود.                                     |
| (The Word Bank, 2006:1)      | آسیب پذیری پتانسیل رنج بردن از آزار و زیان است و به ظرفیت پیش بینی ریسک، مقاومت کردن در برابر آن و همچنین بهبود یافتن از آثار ریسک مربوط می شود.   |
| (Samaddar & Okada, 2006)     | آسیب پذیری یک برآیند و نتیجه انعکاسی (واکنشی) از روابط دوتایی بد و ناسازگار و رشد بین عناصر ساختاری و عملکردی جامعه یا اجتماع محلی است.  |

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

### پیشینه پژوهش

در ارتباط با آسیب پذیری سکونتگاه روستایی و شهری در برابر زلزله پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج صورت گرفته است. دسته‌ای از این تحقیقات پژوهش‌هایی است با محوریت تعیین خطر لرزه‌ای در مناطق که معمولاً براساس داده‌های تاریخی، اطلاعات گسل‌های لرزه‌زا، سازوکار ژرفی و ساختار زمین‌شناسی مناطق و روش‌های دیگر، مدل لرزه زمین‌ساخت مناطق ارائه می‌شود. دسته‌ای دیگر تحقیقات نیز بیشتر به دنبال تعیین آسیب پذیری سکونتگاه براساس مجموعه‌ای از عوامل و متغیرهای ترکیبی زمین‌ساختی، توپوگرافی و رفتار انسانی هستند. تحقیقات دسته اول از سوی زمین‌شناسان و فیزیک‌دانان زمین و تحقیقات دسته دوم نیز معمولاً از سوی جغرافیدانان به‌ویژه ژئومورفولوژیست‌ها صورت می‌گیرد. برای مطالعه از

اثرات زلزله در سکونتگاه‌های روستایی و نیز اثر آن بر فضاهای کالبدی منابع متعددی قابل استفاده و آرایه است مانند مطالعات پورطاهری و همکاران (۱۳۹۰)، بهرامی (۱۳۸۱)، ریاحی و کریمی (۱۳۹۵)، عینالی و همکاران (۱۳۹۰)، و قاید رحمتی و همکاران (۱۳۹۰). در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود: ریاحی و زمانی (۱۳۹۲)، در تحقیقی با عنوان «مدیریت بحران زلزله در نواحی روستایی شهرستان سروآباد» به این نتیجه رسیدند که حدود ۵۰ درصد از مساحت این شهرستان با ۴۵ روستا و ۵۳/۵ درصد جمعیت منطقه در محدوده پرخطر قرار دارد و فقط ۱۳ درصد مساحت شهرستان با ۷ روستا و ۱۴/۲ درصد جمعیت در خطر کم یا پهنه‌های امن قرار گرفته‌اند. پورطاهری و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهش خود با عنوان «ارزیابی آسیب پذیری فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی در برابر

### روش تحقیق

تحقیق حاضر توصیفی-تحلیلی و از لحاظ هدف کاربردی است. در ابتدا در مطالعات کتابخانه‌ای به مطالعه و بررسی کتاب‌ها، اسناد و مقالات در زمینه مدل‌ها و روش‌های علمی و مفهومی مکان‌یابی، مسائل و مباحث مربوط به مدیریت بحران و آسیب‌پذیری جوامع محلی و نیز شاخص‌ها و پارامترهای مؤثر بر پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه در برابر زلزله‌های احتمالی شدید و نیز ویژگی‌های جغرافیایی و طبیعی شهرستان اشتهارد (به‌عنوان منطقه مورد مطالعه) پرداخته شد. سپس اقداماتی در جهت تهیه و آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی از قبیل نقشه گسل، نقشه تراکم جمعیت، نقشه شیب و نقشه فاصله از نقاط زلزله قبلی محدوده مورد مطالعه انجام شده است. سپس با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری وزن‌دهی شده و سپس متناسب با وزن هر یک از لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه‌های فاکتور فازی در نرم‌افزار Arc Map و همچنین تلفیق نقشه‌ها با یکدیگر، نقشه نهایی آسیب‌پذیری منطقه مورد بررسی مشخص و تولید شد.

برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری جوامع محلی و واحدهای مسکونی روستاییان نیز از روش میدانی (پرسشنامه) و کتابخانه‌ای استفاده شد و داده‌های موردنیاز از این طریق جمع‌آوری شد. جامعه آماری این بخش از تحقیق را ۴ دهستان شهرستان اشتهارد تشکیل داده است که ۱۳۲۶ خانوار روستایی را شامل می‌شود. حجم نمونه نیز از طریق روش نمونه‌گیری هدفمند (قضاوتی) محاسبه شد و تعداد ۲۰۸ پرسشنامه متناسب با جمعیت روستاهای مورد مطالعه در بین روستاییان توزیع و تکمیل شد که مشخصات آن در جدول ۲ قابل مشاهده است. روش تحقیق در بحث یافته‌ها به‌طور کامل تشریح شده است.

مخاطرات طبیعی (زلزله)، مورد: روستاهای شهرستان دورود» با استفاده از مدل تصمیم‌گیری گوپراس در منطقه مورد مطالعه به این نتیجه رسیده‌اند که روستاهای بابا پشمان، دوسر و گاراژ به ترتیب بیشترین آسیب‌پذیری و روستاهای حشمت‌آباد و احمدآباد کمترین آسیب‌پذیری را در سال ۱۳۸۵ دشت سیلاخور لرستان داشته‌اند.

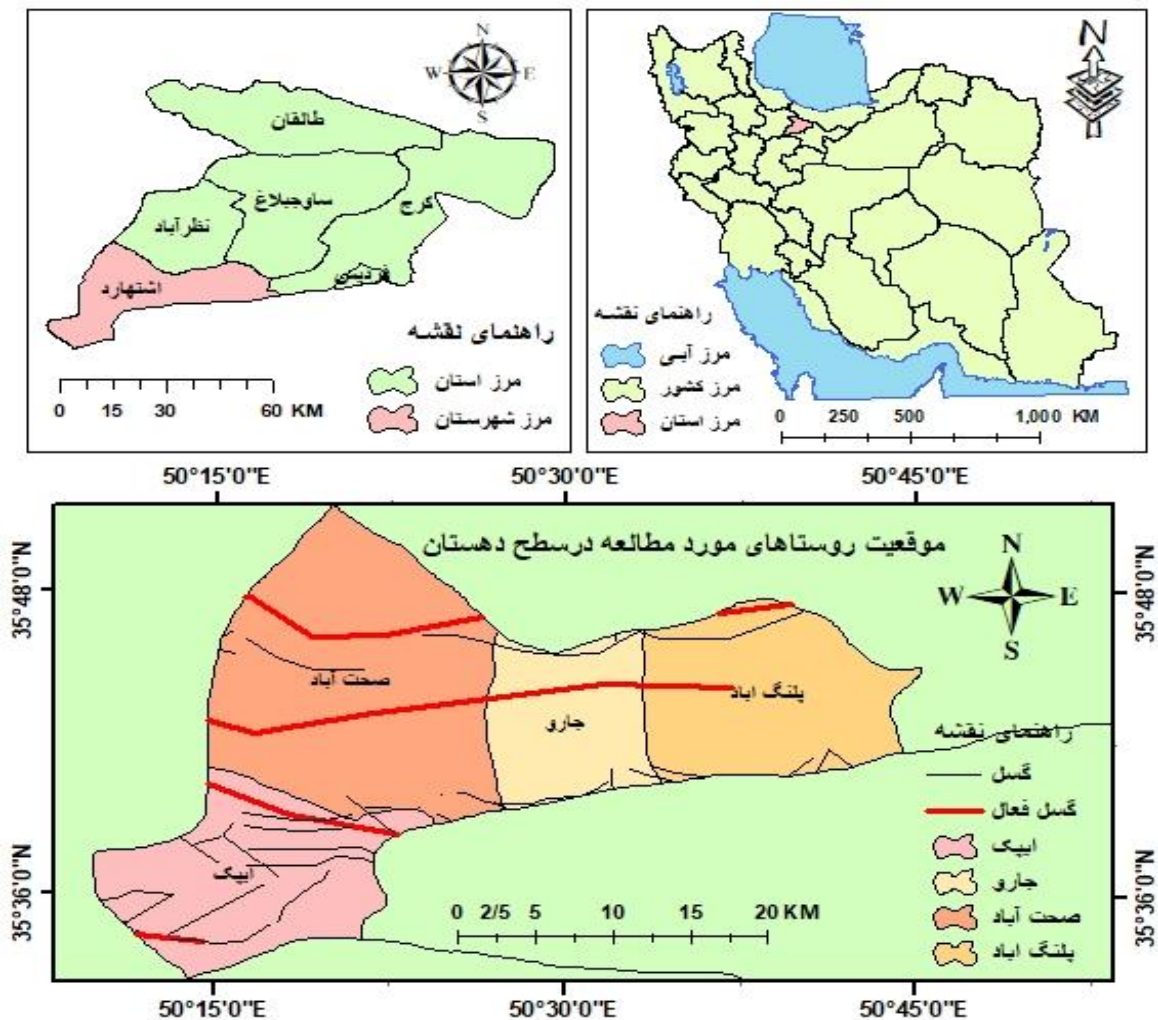
مشکینی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی با عنوان «آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله» به این نتایج دست پیدا کردند که بافت شهری منطقه ۲ شهرداری تهران به میزان متوسط و روبه‌بالایی آسیب‌پذیر است و این میزان در مناطق شرقی و جنوبی با توجه به نتایج حاصل از تکنیک فازی بیشتر است.

جلالیان و دادگر (۱۳۹۴)، در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که بخش عمده‌ای از محدوده شهرستان طارم و سکونتگاه‌های روستایی منطقه در پهنه‌های با خطر بالا (۴۵ درصد) و خیلی بالا (۱۴ درصد) قرار گرفته است و با توجه به پهنه‌های خطر بالقوه، ضروری است تا محل مناسبی برای اسکان اضطراری در منطقه مکان‌یابی و تجهیز شود. راشد<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله» از طریق ترکیب کردن شاخص‌های کالبدی و اجتماعی در محیط GIS با روش فازی‌سازی و همپوشانی شاخص‌های مختلف، به تحلیل میزان آسیب‌پذیری شهر کالیفرنیا پرداخت و روش AHP را بهترین و قابل‌اطمینان‌ترین روش در ارزیابی میزان آسیب‌پذیری دانست. آرماس<sup>۲</sup> و همکاران در پژوهشی با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی از طریق مدل تحلیل چندمعیاره و با استفاده از شاخص‌های آسیب‌پذیری اجتماعی»، به ارزیابی آسیب‌پذیری بخارست رومانی پرداختند و مدل شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی را مناسب‌ترین روش در ارزیابی آسیب‌پذیری در نظر گرفتند.

جدول ۲: مشخصات محدوده مورد مطالعه و تعداد حجم نمونه انتخابی به روش نمونه‌گیری هدفمند

| شهرستان | بخش       | دهستان    | تعداد خانوار انتخاب‌شده | تعداد حجم نمونه |
|---------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------|
| اشتهارد | پلنگ‌آباد | پلنگ‌آباد | ۳۰۶                     | ۴۸              |
| اشتهارد | پلنگ‌آباد | جارو      | ۲۵۶                     | ۴۰              |
| اشتهارد | مرکزی     | ایپک      | ۲۲۲                     | ۳۵              |
| اشتهارد | مرکزی     | صحت‌آباد  | ۵۴۲                     | ۸۵              |
| مجموع   | ۲         | ۴         | ۱۳۲۶                    | ۲۰۸             |

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

### محدوده مورد مطالعه

محدوده روستاهای مورد مطالعه در استان البرز و شهرستان اشتهارد قرار دارد؛ به طوری که این شهرستان در جنوب غربی استان البرز واقع شده است. از نظر تقسیمات کشوری، شهرستان اشتهارد شامل دو بخش به نام های بخش مرکزی و بخش پلنگ آباد است که بخش مرکزی به مرکزیت شهر اشتهارد شامل دهستان های ایپک و صحت آباد و بخش پلنگ آباد به مرکزیت روستای پلنگ آباد شامل دهستان های جارو و پلنگ آباد است.

### یافته های تحقیق

در تحقیق حاضر، ابتدا برای پهنه بندی آسیب پذیری ناحیه چهار فاکتور شیب، فاصله از گسل، فاصله از نقاط قبلی زلزله و جمعیت انتخاب شده و سپس داده ها و اطلاعات مربوط به هر یک از عوامل توسط نرم افزار GIS تعیین شد. برای پهنه بندی نهایی آسیب پذیری ناحیه نیز بعد از آنکه نقشه های هر یک از فاکتورها به صورت جداگانه تهیه شد، چهار فاکتور مشخص شده به وسیله AHP<sup>۱</sup> وزن دهی شدند و سپس با استفاده از وزن هر یک از شاخص ها، نقشه های فازی سازی برای هر شاخص توسط نرم افزار Arc Map تهیه شد و با استفاده از دستور Fuzzy overlay پهنه بندی نهایی آسیب پذیری در محدوده مورد مطالعه متناسب با وزن فاکتورها تهیه شد. در ادامه نحوه به دست آوردن لایه های اطلاعاتی برای هر چهار شاخص آورده شده و تجزیه و تحلیل تعداد روستاهایی که در معرض آسیب پذیری قرار دارند، براساس نقشه های هر فاکتور و همچنین نقشه نهایی پهنه بندی ناحیه صورت گرفته است.

**فاکتور فاصله از گسل:** گسل یا گسله به شکستگی هایی اطلاق می شود که سنگ های دو طرف صفحه شستگی نسبت به یکدیگر حرکت کرده باشند. این جابه جایی می تواند از چند میلی متر تا صدها متر باشد. انرژی آزاد شده به هنگام حرکت سریع گسل های فعال،

عامل وقوع اغلب زمین لرزه هاست. مطالعه گسل ها از آنجایی که توان لرزه زایی دارند، دارای اهمیت است. شناسایی زون های گسلی فعال و برآورد توان لرزه زایی این گسل های می تواند در کاهش تلفات جانی و خسارات های مالی مهم باشد؛ بنابراین با توجه به توان خطر زایی گسل ها، لازم است که پهنه های فاصله از گسل مشخص شوند تا بتوان حریم های مناسب برای آن ها در نظر گرفت. در این تحقیق با توجه به گسل های موجود در منطقه چهار پهنه بندی براساس فاصله از گسل مشخص شده است (شکل ۱) که براساس آن مناطق نزدیک به گسل به دلیل میزان آسیب پذیری بالا، دارای ارزش وزنی بالاتر و در مقابل مناطق دورتر از گسل، دارای ارزش وزنی پایین تری هستند (جدول ۳). با توجه به جدول و نقشه به دست آمده از پهنه بندی فاصله از گسل، تعداد ۳۹ روستا در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری از گسل واقع شده اند و با توجه به توان لرزه زایی گسل ها، نیاز است که اقدامات لازم در جهت کاهش آسیب پذیری و تاب آور کردن روستاییان در برابر زلزله صورت گیرد تا در صورت وقوع زلزله میزان خسارات کاهش یابد.

**فاکتور شیب:** نسبت اختلاف ارتفاع دو نقطه به فاصله مستقیم آن ها شاخص «شیب» گفته می شود که یکی از عوامل مهم در پایداری و ناپایداری دامنه ها محسوب می شود. تخریب در زمین های با توپوگرافی پر شیب به ویژه در خط الرأس ها و قلعه ها به میزان قابل توجه افزایش می یابد. اصولاً زمین های با شیب کمتر از ۵ درصد به عنوان زمین های مناسب برای استقرار سکونتگاه های انسانی به شمار می روند و در مقابل شیب های بالای ۱۵ درصد نیز زمین های نامناسب از این جهت محسوب می شود. در تحقیق حاضر پهنه بندی شیب با استفاده از نقشه های DEM منطقه صورت گرفته است که براساس آن برای تحلیل آسیب پذیری ناشی از پارامتر شیب، محدوده مورد نظر به چهار طبقه با شیب های کمتر از ۲ درصد، ۲ تا ۵ درصد، ۵ تا ۱۰ درصد و مناطقی با شیب بیشتر از ۱۰ درصد تقسیم شدند (شکل ۳). با توجه به

همان نسبت نیز آسیب‌پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد. در این تحقیق مطابق با (جدول ۳)، حدود ۱۰ روستا فاصله کمتر از ۲ کیلومتری با کانون زلزله‌های قبلی داشتند و تنها ۶ روستا در پهنه کم‌خطر قرار دارند.

**فاکتور تراکم جمعیت:** تراکم جمعیت از جمله عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی است که با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته مشخص شد، هر چقدر تراکم جمعیتی در سکونتگاه‌ها کمتر باشد، آسیب‌پذیری آن‌ها نیز کمتر بوده و کار امدادسانی و اسکان روستاییان نیز سریع‌تر انجام می‌شود. در این تحقیق، تراکم جمعیت نقاط روستایی با روش IDW و به‌صورت میانمایی تهیه شده و چهار طبقه تراکم جمعیت از یکدیگر تفکیک شده که اطلاعات کامل آن در جدول ۳ و شکل ۲ قابل‌مشاهده است.

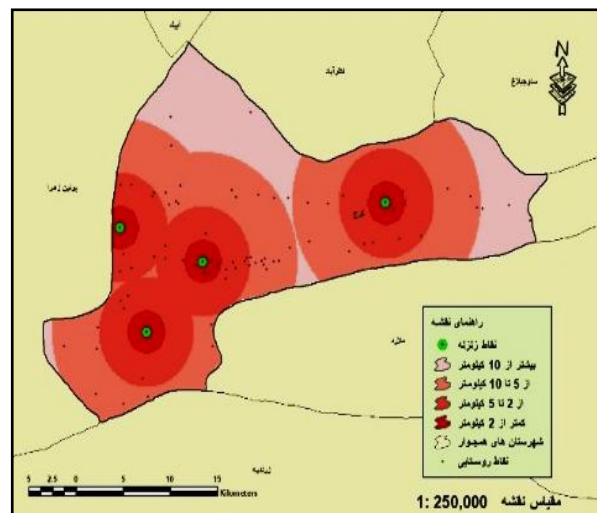
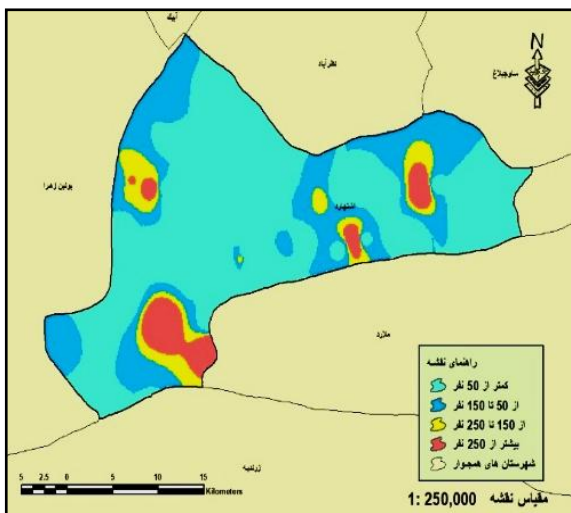
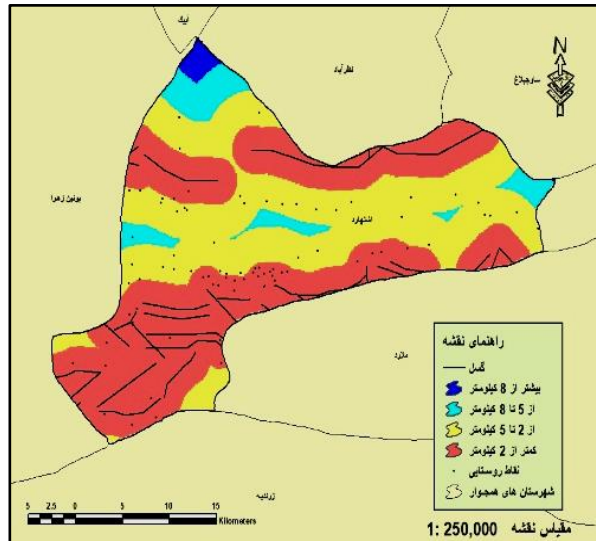
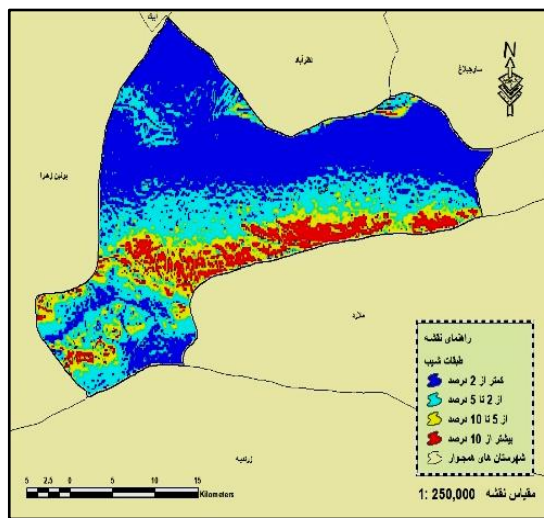
اینکه شیب‌های زیاد، تأثیر بیشتری در آسیب‌پذیری سکونتگاه روستایی دارد؛ بنابراین شیب‌های بالای ۱۰ درصد، ارزش وزنی ۴ را به خود اختصاص می‌دهند و در مقابل شیب‌های کمتر از ۲ درصد نیز ارزش وزنی پایینی دارند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از بین ۷۸ نقاط روستایی، حدود ۹ روستا به‌علت قرارگیری در شیب بالای ۱۰ درصد، از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند (جدول ۳).

**فاکتور فاصله از نقاط زلزله:** این شاخص در واقع پتانسیل خطر زلزله و آسیب‌پذیربودن نقاط روستایی نزدیک به کانون زلزله را نشان می‌دهد که براساس آن چهار پهنه خطر شناسایی شده و سکونتگاه‌های روستایی که فاصله کمتری از نقاط زلزله دارند، از آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله برخوردار هستند و در مقابل نقاط روستایی که فاصله بیشتری با کانون زلزله دارند، به

جدول ۳: ارزش‌گذاری و طبقه‌بندی چهار معیار مؤثر در آسیب‌پذیری

| شماره جدول | فاصله از گسل (متر)        | ارزش وزنی | تعداد روستا |
|------------|---------------------------|-----------|-------------|
| ۳،۱        | ۲۰۰۰ - ۰                  | ۴         | ۳۹          |
|            | ۵۰۰۰ - ۲۰۰۰               | ۳         | ۳۸          |
|            | ۸۰۰۰ - ۵۰۰۰               | ۲         | ۱           |
|            | + ۸۰۰۰                    | ۱         | ۰           |
| شماره جدول | طبقات شیب (به درصد)       | ارزش وزنی | تعداد روستا |
| ۳،۲        | کمتر از ۲ درصد            | ۱         | ۲۷          |
|            | ۵ - ۲                     | ۲         | ۱۹          |
|            | ۱۰ - ۵                    | ۳         | ۲۵          |
|            | + ۱۰                      | ۴         | ۷           |
| شماره جدول | فاصله از نقاط زلزله (متر) | ارزش وزنی | تعداد روستا |
| ۳،۳        | بیشتر از ۱۰۰۰۰ متر        | ۱         | ۶           |
|            | ۱۰۰۰۰ - ۵۰۰۰              | ۲         | ۳۳          |
|            | ۵۰۰۰ - ۲۰۰۰               | ۳         | ۲۹          |
|            | ۲۰۰۰ - ۰                  | ۴         | ۱۰          |
| شماره جدول | طبقات جمعیتی (نفر)        | ارزش وزنی | تعداد روستا |
| ۳،۴        | کمتر از ۵۰ نفر            | ۱         | ۶۳          |
|            | ۱۵۰ - ۵۰                  | ۲         | ۷           |
|            | ۲۵۰ - ۱۵۰                 | ۳         | ۲           |
|            | + ۲۵۰                     | ۴         | ۶           |

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰



شکل ۲: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه براساس ۴ معیار مورد بررسی  
 الف) پهنه‌بندی طبقات فاصله از گسل؛ ب) طبقات شیب محدوده مورد مطالعه  
 ج) پهنه‌بندی فاصله از نقاط زلزله؛ د) طبقات جمعیتی محدوده مورد مطالعه  
 مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

## وزن‌دهی داده‌ها و تلفیق نقشه‌ها با استفاده از مدل AHP و نرم‌افزار Arc map

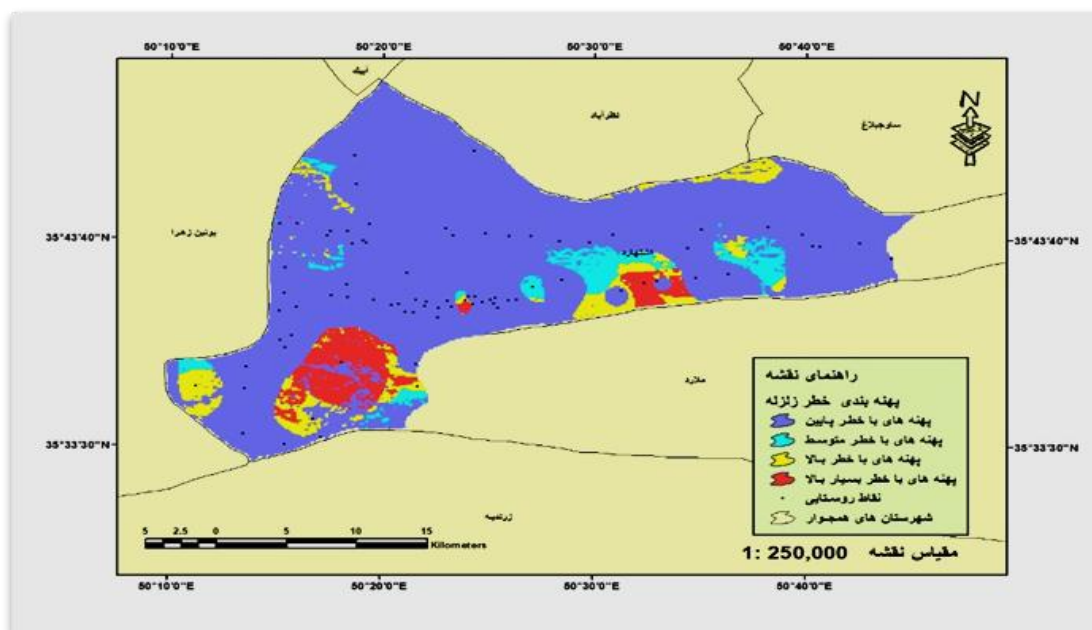
در این تحقیق برای پهنه‌بندی نهایی آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه، نخست وزن چهار شاخص به وسیله مقایسات زوجی و نظر کارشناسان به‌دست آمد و سپس با دستور Fuzzy Membership، نقشه‌های فازی‌سازی برای چهار شاخص تهیه شد و با تلفیق نقشه‌ها، نقشه پهنه‌بندی نهایی آسیب‌پذیری منطقه به دست آمد. برای به‌دست‌آوردن وزن ۴ شاخص، سه مرحله طی شد که در گام اول، ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شد و در گام دوم، مقادیر به‌دست‌آمده استانداردسازی شدند و در گام سوم، با میانگین‌گرفتن از وزن‌های سطری هر شاخص، وزن نهایی شاخص‌ها به‌دست آمد (جدول ۴).

براساس نظر کارشناسان و نتایج به‌دست‌آمده از مقایسات زوجی، مشخص شد که شاخص گسل با میانگین وزنی ۰/۶۱۵ بیشتر تأثیرگذاری را بر میزان آسیب‌پذیر شدن سکونتگاه‌های روستایی داشته و بعد از آن شاخص فاصله از نقاط زلزله‌قلبی با میانگین وزنی ۰/۲۵۷، شاخص تراکم جمعیت با وزن ۰/۰۹۰ و شاخص شیب با کمترین تأثیرگذاری و میانگین وزنی ۰/۰۴۵ مشخص شدند. بعد از به‌دست‌آوردن وزن نهایی هر شاخص، نقشه‌های مربوط به هر شاخص در وزن نهایی ضرب شده و نقشه‌های استاندارد شده پهنه‌بندی تهیه شد و با روی هم‌قرارگیری و تلفیق نقشه‌های استاندارد شده براساس وزن شاخص‌ها، نقشه نهایی در چهار سطح پهنه‌های با خطر کم، پهنه‌های با خطر متوسط، پهنه‌های با خطر زیاد و پهنه‌های با خطر بسیار زیاد مدل‌سازی شدند (شکل ۳).

جدول ۴: ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها

| ۳         | ۲                    |      |      |      | ۱            |       |    |       | مراحل |              |
|-----------|----------------------|------|------|------|--------------|-------|----|-------|-------|--------------|
|           | استانداردسازی مقادیر |      |      |      | مقایسات زوجی |       |    |       |       |              |
| وزن نهایی | D                    | C    | B    | A    | D            | C     | B  | A     | **    | شاخص         |
| ۰/۶۱۵     | ۰/۷۹                 | ۰/۵۳ | ۰/۴۵ | ۰/۶۹ | ۵            | ۷     | ۹  | ۱     | A     | گسل          |
| ۰/۰۴۵     | ۰/۰۲                 | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۸ | ۰/۱۴۲        | ۰/۳۳۳ | ۱  | ۰/۱۱۱ | B     | شیب          |
| ۰/۰۹۰     | ۰/۰۳                 | ۰/۰۸ | ۰/۱۵ | ۰/۱۰ | ۰/۲          | ۱     | ۳  | ۰/۱۴۲ | C     | تراکم جمعیت  |
| ۰/۲۵۷     | ۰/۱۶                 | ۰/۳۸ | ۰/۳۵ | ۰/۱۴ | ۱            | ۵     | ۷  | ۰/۲   | D     | فاصله از گسل |
| ۱         | ۱                    | ۱    | ۱    | ۱    | ۶/۳۴         | ۱۳/۳۳ | ۲۰ | ۱/۴۵۴ | **    | مجموع        |

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰



شکل ۳: پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری روستاهای محدوده مورد مطالعه

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

۸۵ کیلومتر طول این گسل است و از فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب شهرستان بوئین‌زهرآ می‌گذرد و عامل وقوع زلزله‌های شدید (۷ ریشتر به بالا) است. زمین‌لرزه ۱۰ شهریور ۱۳۴۱ بوئین‌زهرآ در جنوب دشت قزوین با بزرگی ۷٫۲ ریشتر در اثر جابه‌جایی گسل ایپک صورت گرفته است و این زمین‌لرزه باعث ویرانی‌های زیادی در شهرستان بوئین‌زهرآ و روستاهای تاکستان، رودک و همچنین روستای ایپک از شهرستان اشتها شد. زلزله معروف بوئین‌زهرآ در روستای ایپک باعث از بین رفتن کامل خانه‌ها در سال ۱۳۴۲ شد و حدود ۱۵۰ نفر کشته و ۵۰ نفر زخمی در پی داشت.

به‌طور کلی براساس بررسی‌های صورت‌گرفته در پژوهش مشخص شد روستاها با تراکم جمعیت زیاد در محدوده‌های پرخطر قرار گرفته‌اند و در مقابل آبادی و مزارع کم‌جمعیت در پهنه‌های امن و کم‌خطر واقع هستند؛ از این رو لازم است برای مقابله با بلایای طبیعی از جمله زلزله، اقدامات لازم از سوی نهادهای

براساس پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری محدودۀ مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که از ۸۷ آبادی موجود در منطقه ۸۰ آبادی در پهنه‌ای با خطر پایین واقع شده‌اند. با این حال با توجه به آسیب‌پذیر بودن مناطق روستایی در برابر بلایای طبیعی، ضروری است اقدامات لازم از سوی مدیریت بحران و مسئولان مربوط در راستای مقاوم‌سازی خانه‌های روستایی صورت گیرد تا در صورت وقوع زلزله، خسارات مالی و تلفات جانی به کمترین میزان خود برسد. براساس شکل ۳ در محدوده مورد مطالعه، روستای قشلاق گنگ در پهنه‌ای با آسیب‌پذیری متوسط واقع شده است و در پهنه‌های با خطر بالا، ۳ روستا (قوزلو، قانلی‌بلاغ و قره‌ترپاق) قرار دارند؛ اما روستاهای که در پهنه‌ای با خطر بسیار بالا قرار گرفتند شامل روستاهای پرجمعیتی از جمله جارو، ایپک و نکوجار است که هر سه روستا سابقه زلزله‌های شدیدی دارند که به یک مورد آن اشاره خواهد شد. گسل ایپک از جمله گسل‌های مهم منطقه محسوب می‌شود که بیشتر از



مسئول صورت بگیرد و نهایتاً محدوده مورد مطالعه به تاب‌آوری در تمامی ابعاد خاصه در بعد کالبدی برسد. از سوی دیگر با توجه به شکل ۳، ضروری است توسعه روستایی و ساخت‌وساز و سرمایه‌گذاری از پهنه‌های پرخطر حذف شود و به پهنه‌های امن منتقل شوند. در پژوهش حاضر با توجه به اینکه آسیب‌پذیری در بعد کالبدی و محیطی، بیشتر معطوف به خانه‌ها می‌شود و بیشترین خسارت نیز ناشی از مقاوم‌نبودن واحدهای مسکونی است؛ بنابراین ضروریست تا میزان آسیب‌پذیری خانه‌های روستایی از نظر شاخص‌های مختلف، برآورد و مشخص شود. در این راستا سؤال دوم پژوهش نیز به این امر معطوف می‌شود و شاخص‌های مختلفی از جمله طول عمر بنا، کیفیت بنا و نوع مصالح ساختمانی و... از طریق داده‌های رسمی موجود و به کمک تکمیل پرسش‌نامه توسط روستاییان، مشخص شدند تا در نهایت میزان آسیب‌پذیری خانه‌های روستایی

در برابر زلزله‌های شدید احتمالی مشخص و مورد تحلیل قرار بگیرد. در این پژوهش تلاش شد تا با روش نمونه‌گیری هدفمند تعداد ۱۳۲۶ خانوار از چهار دهستان آسیب‌پذیر در برابر زلزله انتخاب شود و متناسب با جمعیت هر دهستان، تعدادی حجم نمونه برای تکمیل اطلاعات موردنیاز انتخاب شد که مطابق با آن حدود ۴۱ درصد پرسش‌شوندگان مربوط به دهستان صحت‌آباد، ۱۷ درصد مربوط به دهستان ایپک، ۲۳ درصد مربوط به پلنگ‌آباد و ۱۹ درصد نیز مربوط به دهستان جارو بوده است. به لحاظ سنی، کمترین آن‌ها ۱۹ سال و بیشترین آن‌ها ۶۳ سال داشته‌اند و در میان گروه‌های سنی مختلف، سن‌های ۳۴ سال، ۵۰ سال و ۲۹ سال بیشترین فراوانی را به ترتیب با ۱۰/۶، ۸/۷ و ۶/۷ درصد به خود اختصاص دادند. مابقی اطلاعات فردی از جمله شغل، تحصیلات و سرپرست خانوار بودن در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵: مشخصات فردی پرسش‌شوندگان در محدوده مورد مطالعه

|       |               |           |          |                |           |                    |                 |           |
|-------|---------------|-----------|----------|----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|
| جنسیت | مرد           | ۶۳/۵ درصد | وضعیت    | مجرد           | ۲۸/۸ درصد | سرپرست خانوار      | بله             | ۵۹/۶ درصد |
|       | زن            | ۳۶/۵ درصد | تاهل     | متاهل          | ۷۱/۲ درصد |                    | خیر             | ۴۰/۴ درصد |
| شغل   | کشاورز        | ۳۳/۷ درصد | سطح سواد | بی‌سواد        | ۸/۷ درصد  | مدت اقامت در روستا | کمتر از ۵ سال   | ۱۲/۵ درصد |
|       | دامدار        | ۳۰/۸ درصد |          | ابتدایی        | ۲۱/۲ درصد |                    | ۵ تا ۱۵ سال     | ۱۹/۲ درصد |
|       | خدماتی درمانی | ۱۴/۴ درصد |          | متوسطه         | ۱۴/۴ درصد |                    | بیشتر از ۱۵ سال | ۶۳/۳ درصد |
|       | سایر مشاغل    | ۲۱/۲ درصد |          | دیپلم و بالاتر | ۵۵/۸ درصد |                    | ****            | ****      |

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

سنجش و اندازه‌گیری میزان آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی از طریق شاخص‌های مختلف صورت می‌گیرد؛ به‌همین منظور در تحقیق حاضر از ۸ معیار اصلی استفاده شده که هر یک بسته به شرایط خاص خود، می‌توانند در آسیب‌پذیرشدن سکونتگاه‌های روستایی

در برابر زلزله‌های شدید نقش ایفا کند؛ بنابراین در این پژوهش ضمن بررسی شاخص‌ها و میزان تأثیرگذاری آن‌ها، به توصیف و تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده در سطح چهار دهستان پرداخته می‌شود.

بیشتر باشند، از آسیب‌پذیری بیشتری نیز در برابر زمین‌لرزه برخوردار خواهند بود. در این پژوهش واحدهای مسکونی بیشتر از ۳۵ سال قدمت در دسته‌ای با آسیب‌پذیری زیاد و در مقابل واحدهای مسکونی کمتر از ۵ سال قدمت به‌عنوان واحدهای امن و مقاوم در نظر گرفته شده است.

**تعداد طبقات:** با بالا رفتن تعداد طبقات ساختمانی، به همان نسبت نیز در صورتی که ساخت‌وساز با اصول ایمنی همراه نباشد، آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. در این پژوهش واحدهای ۲ تا ۳ طبقه آسیب‌پذیری زیادی را خواهند داشت.

**عرض معابر:** شامل نسبت عرض معبر به ارتفاع ساختمان‌های مجاور است و هرچه عرض معابر بیشتر باشد، آسیب‌پذیری کالبدی نیز کمتر خواهد شد و برعکس ارزش‌گذاری هر معیار در جدول ۶ با مشخصات دقیق قابل مشاهده است.

**مساحت زیربنا واحدهای مسکونی:** مساحت زیربنا ارتباط مستقیمی با آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی شهری و روستایی دارد. در این تحقیق مساحت زیربنای کمتر از ۵۰ مترمربع به‌عنوان واحدهایی که آسیب‌پذیری بالاتری را می‌توانند در برابر زلزله داشته باشند، مشخص شده است و هر چقدر مساحت زیربنا واحدهای مسکونی روستایی زیاد باشد، به همان نسبت نیز آسیب‌پذیری آن کاهش می‌یابد.

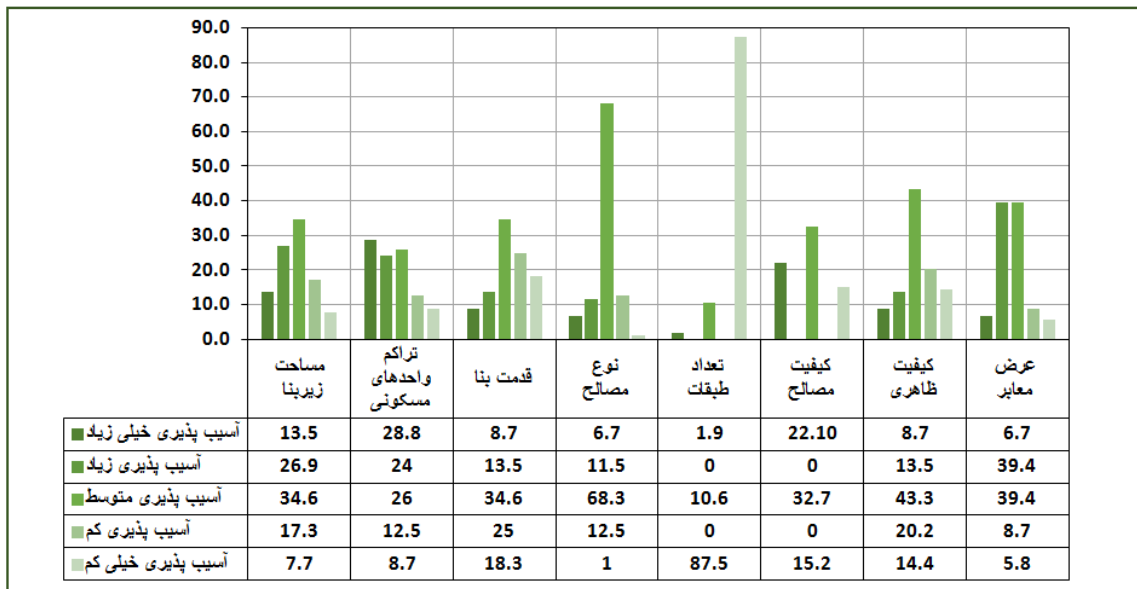
**تراکم واحدهای مسکونی (جمعیت/ مساحت):** هر چه تراکم واحدهای روستایی بیشتر باشد، به همان نسبت نیز آسیب‌پذیری آن‌ها بالا می‌رود و در واقع شاخص مهمی است که با بالا رفتن آن، احتمال تخریب و تلفات انسانی بیشتر می‌شود.

**قدمت بنا:** عمر یا قدمت ساختمان (مدت زمان ساخت بنا) از عوامل بسیار مهم در تعیین میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌هاست. هر میزان که ساختمان‌ها دارای سن

جدول ۶: ارزش‌گذاری زیرمعیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی

| میزان آسیب‌پذیری                 |                    |                  |                   |                    |                    |
|----------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| معیار                            | خیلی زیاد          | زیاد             | متوسط             | کم                 | خیلی کم            |
| مساحت زیربنا واحدهای مسکونی      | کمتر از ۵۰ مترمربع | ۵۰ تا ۷۰ مترمربع | ۷۰ تا ۱۰۰ مترمربع | ۱۰۰ تا ۱۵۰ مترمربع | ۱۵۰ تا ۲۰۰ مترمربع |
| تراکم واحد مسکونی (جمعیت/ مساحت) | تراکم خیلی زیاد    | تراکم زیاد       | تراکم متوسط       | تراکم کم           | تراکم خیلی کم      |
| قدمت بنا                         | بیشتر از ۳۵ سال    | ۲۰ تا ۳۵ سال     | ۱۰ تا ۲۰ سال      | ۵ تا ۱۰ سال        | کمتر از ۵ سال      |
| نوع مصالح                        | خشت و گل           | آجر و چوب        | آجر و آهن         | بتنی               | اسکلت فلزی         |
| تعداد طبقات                      | ۳ طبقه به بالا     | ***              | ۲ طبقه            | ***                | ۱ طبقه             |
| کیفیت مصالح                      | کم‌دوام            | ***              | نیمه‌دوام         | ***                | بادوام             |
| عرض معبر                         | کمتر از ۵ متر      | ۶ تا ۷ متر       | ۸ متر             | ۸ تا ۱۰ متر        | بیشتر از ۱۰ متر    |
| کیفیت ظاهری                      | تخریبی             | مرمتی            | قابل قبول         | نوساز              | در حال ساخت        |

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰



شکل ۴: نتایج کلی میزان آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی در سطح چهار دهستان بررسی شده

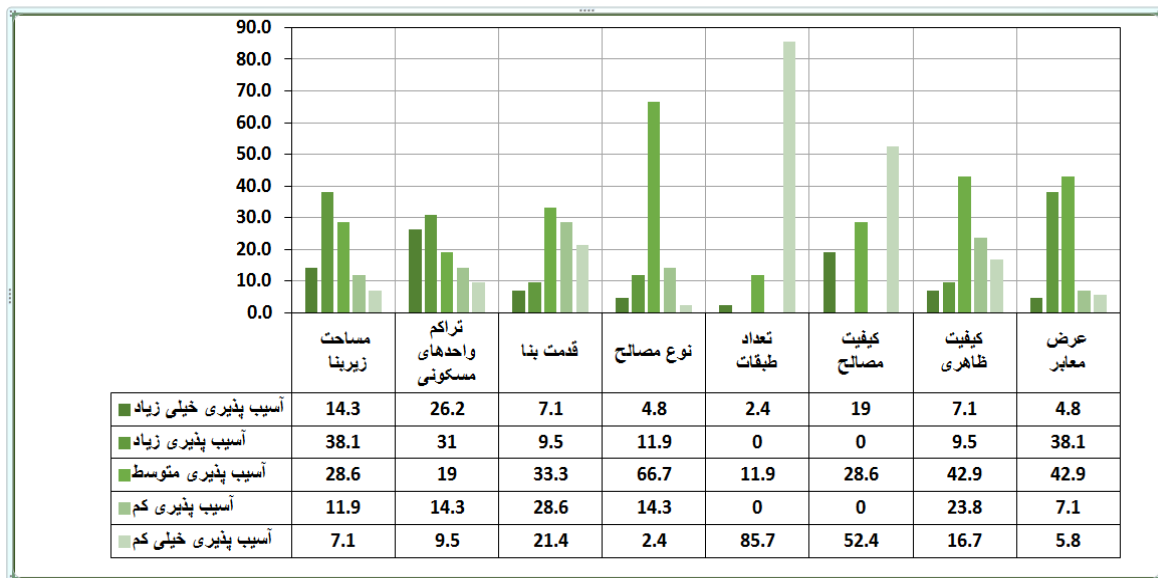
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

مقابل، بخش قابل توجه‌ای از خانه‌های روستایی، تراکم بالایی دارند که این امر نشان می‌دهد احتمال تخریب و تلفات انسانی در ۸۰ درصد خانه‌های روستایی وجود دارد و لازم است که اقدامات لازم در جهت افزایش واحدهای مسکونی و همچنین افزایش سطح زیربنا صورت گیرد تا با کاهش تراکم جمعیت در واحدهای مسکونی، بتوان میزان آسیب‌پذیری را کاهش داد. در این پژوهش مدت زمان ساخت بناهای روستایی نیز برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری خانه‌ها، در نظر گرفته شده است که نتایج به دست آمده از این شاخص نشان می‌دهد که ۳۵ درصد واحدهای مسکونی حدود ۱۰ تا ۲۰ سال قدمت دارند و به لحاظ تقسیم‌بندی صورت گرفته از آسیب‌پذیری متوسط برخوردار هستند و همچنین حدود ۹ درصد از خانه‌های روستایی به دلیل اینکه از مدت ساخت آن‌ها بیشتر از ۳۵ سال گذشته است، آسیب‌پذیری زیادی دارند و لازم است که وام مسکن و کمک‌های مالی مناسب برای ۱۰ درصد از خانه‌های روستایی این مناطق در نظر گرفته

شکل (۴)، نتایج به دست آمده از درصد آسیب‌پذیر بودن ۸ معیار را نشان می‌دهد که برای طبقه‌بندی میزان آسیب‌پذیری معیارها، هر معیار براساس شرایطی که دارد به زیرگروه‌های مشخصی تقسیم شده است و سپس براساس آن زیرمعیارها، میزان آسیب‌پذیری از خیلی کم تا خیلی زیاد مشخص شد که اطلاعات کامل در جدول ۵ ذکر شده است. به‌طور کلی در این تحقیق حدود ۱۴ درصد از خانه‌های روستایی مورد مطالعه، آسیب خیلی زیادی به لحاظ مساحت زیربنا دارند و در واقع ۱۴ درصد از خانه‌های روستایی، مساحت زیربنای کمتر از ۵۰ متر را داشته‌اند و حدود ۲۷ درصد خانه‌ها نیز مساحتی بین ۵۰ تا ۷۰ مترمربع را به خود اختصاص داده است؛ بنابراین در محدوده مورد مطالعه حدود ۴۰ درصد از خانه‌ها به لحاظ مساحت، آسیب‌پذیری زیادی در برابر زلزله‌ها دارند. در ارتباط با تراکم واحدهای مسکونی، در سطح چهار دهستان مورد مطالعه، فقط حدود ۲۱ درصد از خانه‌های روستایی تراکم پایین‌تری داشته‌اند و در

ضروری است اقدامات لازم برای مقاوم‌سازی این دسته از واحدهای روستایی صورت گیرد. حدود ۴۳ درصد از خانه‌های روستایی به لحاظ کیفیت ظاهری در وضعیت قابل‌قبولی قرار دارند، حدود ۲۰ درصد نوساز و همچنین ۱۴ درصد از واحدهای مسکونی در حال ساخت هستند و این دو گروه به لحاظ کیفیت مناسبی که دارند، طبیعتاً آسیب‌پذیری کمتری را نیز خواهند داشت. نتایج حاصل از تحلیل ویژگی‌های معابر روستایی نشان می‌دهد که نزدیک به ۸۷ درصد از معابر سکونتگاه دارای عرض کمتر از ۸ متر هستند و فقط ۱۳ درصد از معابر بیشتر از ۸ متر عرض دارند که این موضوع به‌خوبی اشاره می‌کند که در صورت وقوع زلزله، آسیب‌پذیری بیشتری را چهار دهستان خواهند داشت؛ زیرا عرض کم معابر در این دهستان‌ها توانایی تبدیل زمین‌لرزه را به حالت بحرانی دارد و با توجه به آمار به‌دست‌آمده از این تحقیق حتی ۱۰ درصد از معابر که وضعیت مناسبی دارند؛ به علت نبود فقدان یک نظام سلسله‌مراتبی و انسداد بخش عمده معابر، قابلیت استفاده خود را در شرایط بحرانی از دست خواهند داد. به‌طور کلی از میان ۸ معیار انتخاب‌شده برای برآورد میزان آسیب‌پذیری مسکن در برابر زلزله، می‌توان گفت چهار دهستان بررسی‌شده وضعیت مطلوبی ندارند و لازم است در ابعاد اقتصادی و اجتماعی و کالبدی جوامع روستایی را تاب‌آور کرد و در جهت مقاوم‌سازی مسکن روستایی حرکت کرد.

شود تا بتوان به میزان قابل‌توجهی جوامع روستایی را در برابر زلزله و سایر مخاطرات طبیعی، تاب‌آور کرد. در دهستان‌های مورد مطالعه به لحاظ نوع مصالح ساختمانی به‌کار برده‌شده، در وضعیت نسبتاً متوسطی از آسیب‌پذیری قرار دارد؛ به عبارت دیگر حدود ۶۸ درصد از واحدهای مسکونی از آجر و آهن درست شده و در نتیجه می‌توان گفت که شرایط مناسبی را به لحاظ نوع مصالح به‌کار برده دارد و همچنین ۱۲ درصد از واحدها بتنی و ۱ درصد نیز دارای اسکلت فلزی بوده‌اند. به لحاظ تعداد طبقات ساختمانی، چهار دهستان بررسی‌شده، وضعیت مطلوبی دارند و ۸۸ درصد از واحدهای مسکونی، یک طبقه بوده و آسیب‌پذیری خیلی کمی دارند. در میان خانه‌های روستایی بررسی‌شده در تحقیق، به لحاظ کیفیت مصالح ساختمانی ۳ سطح کم‌دوام، نیمه‌دوام و بادوام مشخص شده است و نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ۱۵ درصد از خانه‌های روستایی از مصالح بادوام استفاده کرده‌اند که این امر باعث شده مقاومت بیشتری را در برابر زلزله‌های شدید داشته باشند و همچنین ۳۳ درصد از مصالح نیمه‌دوام استفاده کرده‌اند و در مقابل ۲۲ درصد از واحدهای مسکونی به علت استفاده از مصالح بی‌کیفیت و کم‌دوام، پتانسیل آسیب‌پذیری و تخریب بالایی را به خود اختصاص دادند. به لحاظ کیفیت ظاهری که مسکن روستایی داشتند، نتایج نشان می‌دهد که حدود ۹ درصد از خانه‌ها تخریبی و ۱۴ درصد نیز مرمتی هستند و

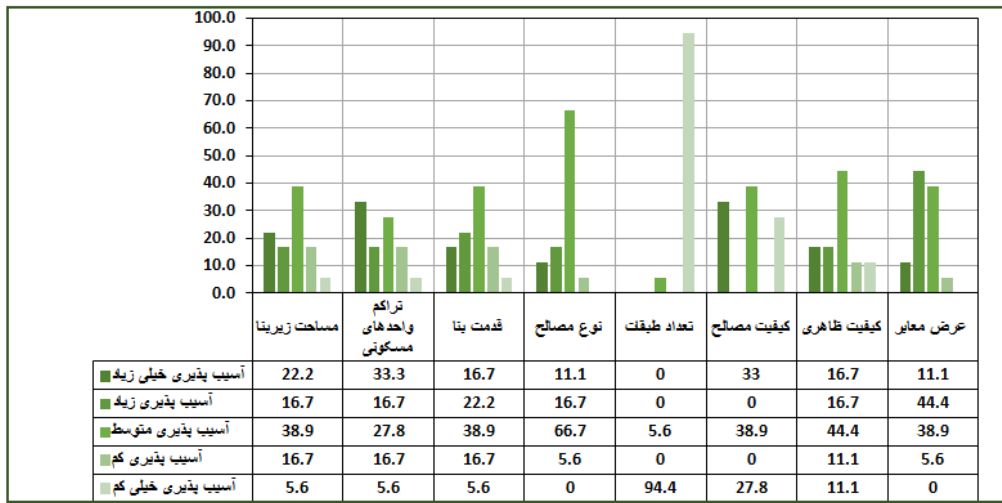


شکل ۵: میزان آسیب پذیری واحدهای مسکونی دهستان صحت آباد براساس زیرشاخص‌ها

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

باعث شده است که جمعیت قابل توجهی داشته باشد و این موضوع در نهایت سبب تراکم بالای واحدهای مسکونی این روستا شده است و نتایج (شکل ۵) نیز به خوبی این موضوع را اثبات می‌کند؛ در نتیجه پتانسیل آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سایر روستاها به لحاظ تلفات جانی در اثر وقوع زلزله احتمالی و شدید دارد. بیشتر مصالح ساختمانی به کار رفته در این روستا به لحاظ کیفیت، بادوام بوده و نوع مصالح به کار رفته نیز بیشتر از آهن و آجر است و این دو شاخص وضعیت متعادل تری را در میزان آسیب‌پذیری مسکن روستایی دارد. به لحاظ شاخص عرض معابر نیز این دهستان، در اکثر موارد ۸ متر عرض سکونتگاه را داشته است.

شکل ۵، میزان آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی در دهستان صحت‌آباد را براساس ۸ معیار اصلی و زیرمعیارهای آن نشان می‌دهد، که نتایج نظرسنجی نشان می‌دهد که ۳۸ درصد خانه‌های این روستا دارای مساحت زیربنای بین ۵۰ تا ۷۰ مترمربع است و این میزان از خانه‌ها به لحاظ طبقه بندی انجام شده در وضعیتی با آسیب‌پذیری بالا قرار دارد و فقط ۷ درصد از خانه‌های روستایی در این دهستان از آسیب‌پذیری کمی برخوردار هستند. در ارتباط با تراکم واحدهای مسکونی با توجه به اینکه دهستان صحت آباد کارکرد خوابگاهی را برای شهر پیرامون خود بازی میکند و از طرف دیگر نزدیکی این دهستان به شهرک صنعتی

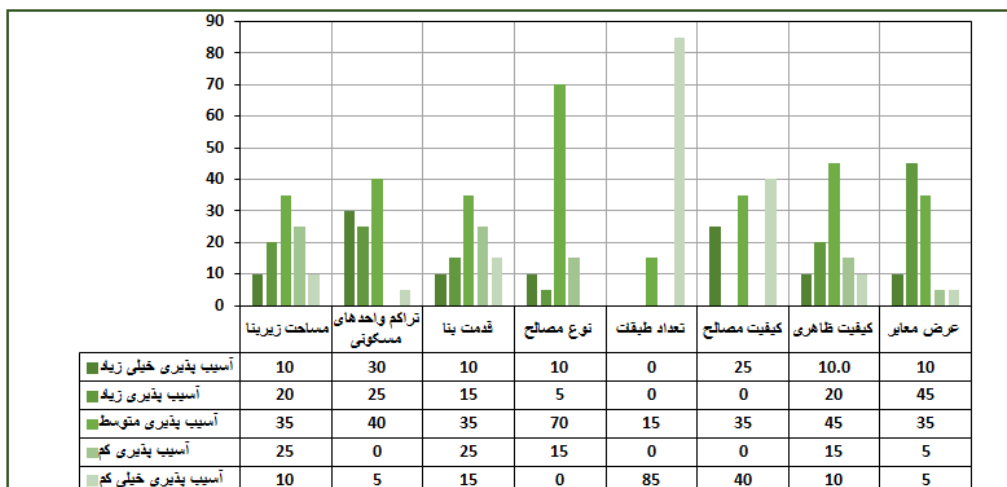


شکل ۶: میزان آسیب پذیری واحدهای مسکونی دهستان ایپک براساس زیرشاخص‌ها

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

آسیب‌پذیری مسکن در این دهستان شده است، این است که ۹۵ درصد خانه‌های این روستا یک طبقه هستند و این مورد، آسیب‌پذیری مسکن را در برابر زلزله‌های احتمالی پایین می‌آورد. شایان ذکر است با توجه به وجود گسل‌های متعدد در این دهستان، ساخت‌وساز توسط نهادهای مربوط با رعایت کامل اصول ایمنی همراه باشد و در صورت امکان توسعه روستایی در این محدوده کمتر صورت بگیرد.

شکل (۶)، نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های مختلف در دهستان ایپک را نشان می‌دهد که این دهستان نسبت به ۳ دهستان دیگر وضعیت ضعیف‌تر و آسیب‌پذیری داشته است. در شاخص مساحت سطح زیربنای واحدها، حدود ۳۹ درصد از واحدهای مسکونی این دهستان بین ۷۰ تا ۱۰۰ مترمربع وسعت داشته‌اند و از این لحاظ آسیب‌پذیری متوسطی دارند و حدود ۲۲ درصد خانه‌ها نیز در وضعیتی با آسیب‌پذیری بالا همراه بودند. تنها نکته مثبتی که باعث کاهش

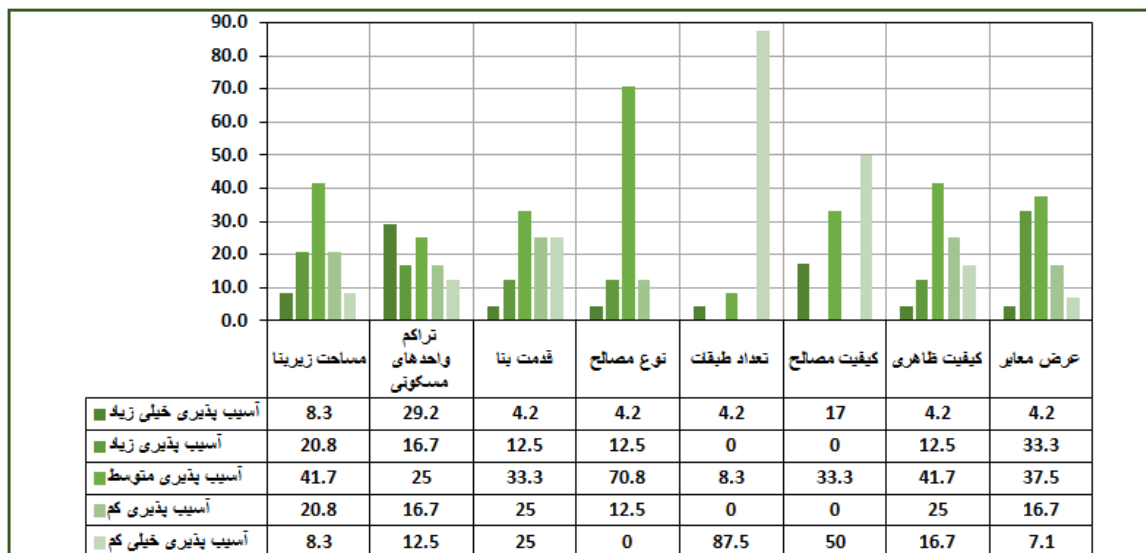


شکل ۷: میزان آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی دهستان جارو براساس زیرشاخص‌ها

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

با توجه به کوهستانی بودن این دهستان، وضعیت مطلوب نیست. به طور کلی در این دهستان ۸۵ درصد واحدهای مسکونی یک طبقه هستند؛ اما در سال‌های اخیر رشد ساخت‌وساز واحدهای دو طبقه و همچنین شیب زیاد و کوهستانی بودن منطقه و ساخت‌وساز در مناطق حادثه‌آفرین باعث شده است تا واحدهای این دهستان آسیب‌پذیری زیادی داشته باشند.

در ارتباط با میزان آسیب‌پذیری مسکن در دهستان جارو، مطابق با نتایج مشخص شد که به لحاظ سطح زیربنای واحدهای این دهستان وضعیت مطلوبی دارد؛ با این حال تراکم واحدهای مسکونی در این دهستان بالاست. نوع مصالح به کار رفته نیز بیشتر از آهن و آجر بوده و به لحاظ کیفیت نیز ۴۰ درصد خانه‌ها با مصالح بادوام ساخته شده‌اند و در مقابل، ۲۵ درصد نیز مصالح کم‌دوام به کار برده شده است. در ارتباط با عرض معابر



شکل ۸: میزان آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی در دهستان پلنگ‌آباد براساس زیرشاخص‌ها

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

فلزی است. حدود ۴ درصد از خانه‌های این منطقه بیشتر از ۳۵ سال ساخت هستند که نیاز به بازسازی و ساخت مسکن جدید دارند، با این حال ۵۸ درصد از خانه‌های دهستان پلنگ‌آباد کمتر از ۱۰ سال قدمت دارند. حدود ۲۳ درصد از معابر این روستا بیشتر از ۸ متر عرض دارند و این شرایط استاندارد و مطلوبی را نشان می‌دهد. با وجود این، نیاز است برای تسهیل در امر امداد رسانی، در تهیه طرح‌های هادی روستایی به مسئله عرض معابر توجه ویژه‌ای شود؛ زیرا در مقاوم‌سازی و کاهش آسیب‌پذیری، شاخص عرض معابر نقش تعیین‌کننده‌ای می‌تواند داشته باشد.

آسیب‌پذیری مسکن در روستای پلنگ‌آباد، با توجه به شکل (۸)، به این صورت است که حدود ۲۸ درصد از واحدهای مسکونی در دهستان پلنگ‌آباد مساحت زیربنای کمتر از ۷۰ مترمربع دارند و این آسیب‌پذیری زیادی را به همراه خواهد داشت. در ارتباط با تراکم واحدهای مسکونی، پراکندگی زیادی در این روستا وجود دارد؛ به طوری که در ۵ طبقه تراکمی، درصدهای مشابهی مشاهده شد که این نشان می‌دهد به طور متوسط آسیب‌پذیری متعادلی را در این شاخص تجربه کرده است. حدود ۷۰ درصد خانه‌ها در دهستان پلنگ‌آباد از آهن و آجر بوده و این دهستان نیز مانند سایر روستاهای منطقه، خالی از خانه‌هایی با اسکلت

## نتیجه

به‌طور کلی وقوع زلزله‌های اخیر در کشور تلفات جانی و خسارات مالی فراوانی را سبب شده که نشانگر وسعت آسیب‌پذیری و ضعف‌های بسیار در ساختمان‌های شهری و روستایی است. شهرستان اشتهارد نیز جزو مناطقی است که در ابعاد کالبدی، اقتصادی و اجتماعی، آسیب‌پذیری بالایی به‌خصوص در مناطق روستایی دارد. به‌طور کلی براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، اکثر مناطق روستایی در پهنه‌هایی با آسیب‌پذیری پایین واقع شده‌اند؛ اما از ۸۰ روستای واقع شده در پهنه امن و کم‌خطر، نخست اینکه نیمی از آن‌ها خالی از سکنه هستند و دوم اینکه مابقی روستاهای واقع شده در این منطقه، کم‌جمعیت و حالت عشایری دارند. در بررسی صورت‌گرفته در این تحقیق مشخص شد روستاهایی که در پهنه‌ای با خطر بالا واقع شده‌اند، از جمعیت بالاتری نیز برخوردار هستند؛ بنابراین نیاز است نهادهای دولتی با مشارکت جوامع محلی، اقداماتی در جهت افزایش تاب‌آوری به کار بگیرند. تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله براساس وزن‌گذاری شاخص‌های موجود و همپوشانی آن‌ها نشان می‌دهد که در محدوده مورد مطالعه، تعداد ۳ روستا در پهنه‌های با خطر بسیار بالا، ۳ روستا در پهنه‌های با خطر بالا، یک روستا در پهنه‌های با خطر متوسط و تعداد ۸۰ روستا نیز در پهنه‌های امن و کم‌خطر قرار گرفته‌اند.

در ارتباط با بررسی آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی چهار دهستان در برابر زلزله‌های شدید، می‌توان نتیجه گرفت که در تمامی شاخص‌ها، وضعیت آسیب‌پذیری در حد متوسط و بالا بوده است که نتایج هر یک از چهار دهستان به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی از میان ۸ معیار انتخاب‌شده برای برآورد میزان آسیب‌پذیری مسکن در برابر زلزله، می‌توان گفت در محدوده مورد مطالعه، شاخص‌های عرض معابر،

کیفیت مصالح به کار رفته و تراکم واحدهای مسکونی وضعیت مناسبی ندارند و در آسیب‌پذیر کردن خانه‌های روستایی در برابر زلزله نقش مهمی دارند و در مقابل شاخص‌های قدمت بنا و تعداد طبقات واحدهای مسکونی شرایط مطلوبی دارند و تا حدودی آسیب‌پذیری مسکن در چهار دهستان را تعدیل کرده‌اند. به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده در زمینه زیرشاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیر کردن واحدهای مسکونی، مشخص شد که در شاخص مساحت زیربنا بیشتر واحدهای مسکونی بین ۷۰ تا ۱۰۰ مترمربع مساحت دارند و در وضعیتی با آسیب‌پذیری متوسط قرار دارند. در شاخص تراکم واحدهای مسکونی نیز ۲۸٫۸ درصد از کل واحدها آسیب‌پذیری خیلی زیاد را داشته‌اند. در شاخص قدمت بنا، نتایج نشان می‌دهد ۳۵ درصد واحدهای مسکونی حدود ۱۰ تا ۲۰ سال قدمت دارند و به لحاظ تقسیم‌بندی صورت‌گرفته از آسیب‌پذیری متوسط برخوردار هستند. نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در خانه‌های روستایی از آجر و آهن بوده و ۶۸ درصد واحدهای مسکونی در روستاهای منطقه مورد مطالعه آسیب‌پذیری متوسطی را در برابر زلزله‌های شدید دارند. در شاخص تعداد طبقات، ۸۷٫۵ درصد از کل خانه‌های روستایی به‌واسطه یک طبقه بودن از آسیب‌پذیری خیلی کمی برخوردار هستند. نتایج حاصل از تحلیل ویژگی‌های معابر روستایی نشان می‌دهد که نزدیک به ۸۷ درصد از معابر سکونتگاه دارای عرض کمتر از ۸ متر هستند و فقط ۱۳ درصد از معابر بیشتر از ۸ متر عرض دارند که این موضوع به‌خوبی اشاره می‌کند که در صورت وقوع زلزله، چهار دهستان آسیب‌پذیری بیشتری خواهند داشت؛ بنابراین لازم است در ابعاد اقتصادی و اجتماعی و کالبدی جوامع روستایی را تاب‌آور کرد و در جهت مقاوم‌سازی مسکن روستایی حرکت کرد.



## منابع

افتخاری، عبدالرضا؛ طاهره صادقلو (۱۳۹۶). تاب‌آوری اجتماعات محلی در برابر مخاطرات محیطی، جلد اول. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

<https://www.gisoom.com/book>

بهرامی، رحمت‌اله (۱۳۸۱). تحلیلی بر آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله: مطالعه موردی استان کردستان، روستا و توسعه. دوره ۱۱. شماره ۲. صفحات ۱۸۲-۱۶۳.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=89701>.

پورطاهری، مهدی؛ علی حاجی‌نژاد؛ احدالله فتاحی؛ رضا نعمتی (۱۳۹۳). ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری کوپراس، برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دوره ۱۸. شماره ۳. صفحات ۵۲-۲۹.

<https://hsm.spa.modares.ac.ir/article-21-303-fa.html>.

پورطاهری، مهدی؛ مجید پریشان؛ عبدالرضا افتخاری؛ علی عسگری (۱۳۹۰). سنجش و ارزیابی مؤلفه‌های مبنایی مدیریت ریسک زلزله، پژوهش‌های روستایی. سال یکم. صفحات ۱۵۰-۱۱۵.

[https://jrur.ut.ac.ir/article\\_22752.html](https://jrur.ut.ac.ir/article_22752.html).

جلالیان، حمید؛ حسین دادگر (۱۳۹۴). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با مدل AHP در محیط GIS، مطالعه موردی: بخش چورزق شهرستان طارم، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۶. شماره ۳. صفحات ۴۲-۲۹.

[https://gep.ui.ac.ir/article\\_18748.html](https://gep.ui.ac.ir/article_18748.html).

ریاحی، وحید؛ خدیجه کریمی (۱۳۹۵). مدیریت ریسک در نواحی روستایی، انتشارات آکادمیک و انجمن جغرافیایی ایران. صفحه ۳۱.

<https://www.gisoom.com/book>.

ریاحی، وحید؛ لقمان زمانی (۱۳۹۲). مدیریت بحران زلزله در سکونتگاه‌های روستایی شهرستان سروآباد، فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی. سال ۲. شماره ۱. صفحات ۱۶۹-۱۵۱.

<https://serd.khu.ac.ir/article-1-1613-fa.html>

ریاحی، وحید (۱۳۹۶). مدیریت بحران در نواحی روستایی ایران، انتشارات آکادمیک و انجمن جغرافیایی ایران. صفحات ۷۰-۵۷.

<https://www.gisoom.com/book>.

زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی، انتشارات دانشگاه پیام نور. صفحات ۱۲۱-۱۲۰.

<https://www.gisoom.com/book>.

سیف، یعقوب؛ علیرضا شکیب؛ علی‌اکبر متکان؛ بابک میرباقری (۱۳۹۶). سنجش سطوح و اولویت‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با استفاده از منطق فازی در GIS، مطالعه موردی استان فارس، پژوهش‌های دانش زمین. سال ۹. شماره ۳۶. صفحات ۲۰۰-۱۸۱.

<https://www.magiran.com/paper/1921739>.

شکور، علی؛ فضل‌اله کریمی؛ محمد ملکی (۱۳۹۶). تحلیل ریسک آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله، مطالعه موردی روستاهای شهرستان لامرد، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای. سال ۷. شماره ۲۶. صفحات ۹۲-۸۰.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=297324>.

عینالی، جواد؛ مهدی چراغی؛ احمد رومیانی (۱۳۹۳). ارزیابی نقش اعتبارات مسکن در کاهش آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی، فصلنامه مسکن و محیط روستا. دوره بیست و سوم. شماره ۱۴۶. صفحات ۹۰-۷۸.

[http://jhre.ir/browse.php?a\\_id=446&sid=1&slc\\_lang=en](http://jhre.ir/browse.php?a_id=446&sid=1&slc_lang=en)

- قاندرحمتی، صفر؛ ایمان باستانی‌فر؛ لیلا سلطانی (۱۳۹۰). بررسی تأثیرات تراکم بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهر اصفهان (با رویکرد فازی)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۲. شماره ۴۱. صفحات ۱۰۷-۱۲۲.  
[https://journals.ui.ac.ir/article\\_18488.html](https://journals.ui.ac.ir/article_18488.html).
- محمدزاده، رحمت (۱۳۸۶). تجارب برنامه‌ریزی شهری توکیو در کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی. سال ۹. شماره ۲۶. صفحات ۸۹-۱۱۱.  
<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=102470>.
- مشکینی، ابوالفضل؛ رضا شعبان‌زاده نمینی (۱۳۹۳). تحلیل آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله، منطقه مورد مطالعه: منطقه ۲ شهرداری تهران. پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۶. شماره ۴. صفحات ۸۵۶-۸۴۳.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=239140>.

## References

- Azizi, M. A (2009). An Analysis of the Status and Transformation of Urban Housing Indicators in Iran, HONAR-HA-YEZ-ZIBA, 23(23), 25- 34. [InPersian].  
[https://journals.ut.ac.ir/article\\_10711.html?lang=en](https://journals.ut.ac.ir/article_10711.html?lang=en)
- Ghafory Ashtyani, M (2005). Earthquake Risk Management Strategis: the Iranian Experieance, IIES, 2005.  
<http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/677/5691%20%20Earthquake%20Risk%20management%20Strategies.%20The%20Iranian%20Experience.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rashed, T (2003). Measuring the Environmental Context of urban vulnerability to Earthquake Hazards: An Integrative Remote Sensing and GIS Approach. Uc Santa Barbara and San Diego State University.  
[https://www.researchgate.net/publication/252632503\\_Measuring\\_the\\_environmental\\_context\\_of\\_social\\_vulnerability\\_to\\_urban\\_earthquake\\_hazards\\_An\\_integrative\\_remote\\_sensing\\_and\\_GIS\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/252632503_Measuring_the_environmental_context_of_social_vulnerability_to_urban_earthquake_hazards_An_integrative_remote_sensing_and_GIS_approach).
- Menoni, S (2006). Seismic Risk Evaluation Integrated use of Geographical Information System and Artificial Intelligence Technique SERGISAL, Istituto di Ricerca sul Rischio sismico, Milano, Italy.  
<https://cordis.europa.eu/project/id/ENV4960279/results/es>.
- Samaddar, S .& N. okada (2006). «Participatory Approach for post- Earthquake Reconstruction in the villages of kachehh, India, annuals of Disaster», Prevres. Inst, Kyoto univ, No. 49 B, 2006.  
<https://www.dpri.kyotou.ac.jp/nenpo/no49/49b0/a49b0p20.pdf>.
- Smith, K (1996). Enviromental Hazards, second ed., Rutledge: London.  
<https://www.routledge.com/Environmental-Hazards-Assessing-Risk-and-Reducing-Disaster/Smith-Smith/p/book/9780415681063>.
- The Word Bank, Mainstreaming Hazard Risk Management in Rural Projects, written by Jolanta Kryspin Watson, 2006, <http://www.worldbank.org/hazards>.  
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documentsreports/documentdetail/602871468320732040/mainstreaming-hazard-risk-management-into-rural-projects>.