



## Evaluation of the prone directions of city development with emphasis on earthquake risk (case study: Zanjan city)

Masoume Hassanlou<sup>1</sup> | Rahman Zandi<sup>2</sup> | Mohammad Salmanimoghdam<sup>3</sup>

1. Master of Urban Planning, Department of Urban and Rural Planning, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
- ۲, Associate Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, Isfahan University, Isfahan, Iran. [R.zandi@geo.ui.ac.ir](mailto:R.zandi@geo.ui.ac.ir)
3. Assistant Professor of Urban Planning, Department of Urban and Rural Planning, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	Urban growth and development and changes in urban land use are inseparable parts of planning for sustainable development. The current research intends to evaluate the urban growth and leap for Zanjan city from the time dimension and spatial distribution based on the natural earthquake risk. For this purpose, using Landsat series satellite images, urban land use maps for the years 1986 to 2020 were evaluated and maps of land use changes in Zanjan city were obtained. In the next stage, considering the importance of earthquakes in Zanjan city, the number of earthquakes that occurred in the study area up to a radius of 200 kilometers was investigated using GIS software, and in the final stage, using two models, AHP and FUZZY, and using from the important parameters such as depth, strength, distance from the epicenter, slope, height and type of building structures, earthquake risk zoning maps were obtained in the city limits. The type of research in this research is applied and descriptive-analytical in terms of method and nature. The final results show that the area growth of Zanjan city during the years 1986 to 2020 has had an increasing trend (more than two hundred percent), so that the growth of urban areas has reached from 17.56 square kilometers to 50.65 square kilometers. Also, the results The result of the statistical study of earthquakes shows that in the last hundred years, 276 earthquakes occurred within a radius of 200 km of Zanjan city, the lowest of which was 3.4 on the Richter scale, and the highest of which was 7.4 on the Richter scale, and the average earthquakes were The data was 4.5 Richter. Based on the maps produced by AHP and FUZZY models, the studied area is located in a high risk zone in terms of the probability of earthquake occurrence. The most suitable direction for the development of Zanjan city is towards the south and southwest.
<b>Article history:</b> Received 20 March 2023 Received in revised form 20 April 2023 Accepted 6 May 2023 Published online 10 June 2023	
<b>Keywords:</b> Zanjan, Urban development, AHP, Earthquake, FUZZY.	

**Cite this article:** Hassanloo, Masoumeh, Zandi, Rahman, Salmani Moghaddam, Mohammad (1403). Evaluation of urban growth and appropriate directions of city development with emphasis on earthquakes (Case study: Zanjan city). *Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 4 (13), 1-20.

<http://doi.org/10.22034/rsgi.2024.62028.1080>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/rsgi.2024.62028.1080>

Publisher: University of Tabriz.



## Extended Abstract

### Introduction

One of the current characteristics of the contemporary world is the tendency towards urbanization and settlement in urban centers. A process that began after the industrial revolution and is currently continuing in a developing form. It is obvious that urbanization is one of the most important aspects of social life in the world today. Although this phenomenon has its roots in the past, it is not comparable to the current conditions in terms of the number and proportion of the population living in urban centers. It can be said that the growth of urbanization worldwide began in the twentieth century, especially in its second half, and therefore it is considered a new phenomenon that is both global and has been experienced by almost most countries.

### Materials and Methods

The steps of this research were first taken from the US Geological Survey, Landsat satellite images, TM, ETM+, and OLI sensors. The selected images were from the warm season of the year, when we had the least amount of cloud cover. These images have a resolution of 30 meters in the period from 1986 to 2020. In order to prepare the data, atmospheric and geometric corrections to satellite events were used from 1:250,000 and 1:50,000 topographic maps of the Armed Forces Geographical Organization and digital elevation data. The type of research in this study is applied and descriptive-analytical in terms of method and nature, and TM (Landsat 5), ETM+ (Landsat 7), and OLI (Landsat 8) satellite images with a resolution of 30 meters, from 1986 to 2020, were used to extract land use and cover maps. Initially, Landsat satellite images were geometrically and radio metrically corrected to reduce errors related to satellite images.

For earthquake hazard zoning in the AHP model, which is related to determining the importance of each of the indicators related to earthquake hazard. A questionnaire was designed whose structure is based on the AHP analytic hierarchy process technique and the basis of this method is based on paired comparisons. In this method, the weight of each indicator is obtained with a degree of importance that is equivalent to small values between 1 and 9. The parameters used in this questionnaire include: the strength of the earthquakes that occurred, the depth of the earthquakes that occurred, proximity to the fault, the slope of the ground, the height and the type of structure. In the process of completing this questionnaire, the size of the statistical population was increased to the level of enrichment. This targeted statistical population was selected, which included 20 members of the faculty and experts in this field, and the average of the experts' opinions was obtained. Then, to obtain the weight of the parameters, these parameters were entered into the Choice Expert software and analyzed and reviewed. Then, based on the fuzzy logic model, the aforementioned parameters were used and the compiled layers were combined and the final map of earthquake hazard zoning in the study area was obtained. Also, earthquake data was received from the United States Geological Survey website for the period from 1900 onwards.

### Results

Today, in a world free from border structures, complex and nonlinear settlement systems of cities face numerous hazards and have low predictability, among which earthquakes are the most obvious. Earthquakes are sudden ruptures of the upper layers of the earth, which sometimes involve the rupture of the surface layer and cause ground shaking, and sometimes involve the destruction of facilities, buildings, and assets, along with its complications (Alikhani, 2008). In the northwest region of Iran, the city of Zanjan is surrounded by three dangerous faults: Zanjan in the north, Soltaniyeh in the south, and the Biatler fault in the west, and the city and county mentioned are in a high-risk area in terms of earthquake risk zoning in Iran. Earthquakes are one of the most important and at the same time, the most destructive natural disasters caused by tectonic movements. As mentioned, the city of Zanjan and its surroundings are also affected by this phenomenon and the displacement of the main and secondary faults affected by it is considered one of the earthquake-prone areas of the country. In this section, we will examine the earthquakes that occurred in the city up to a radius of 200 kilometers and examine the depth and strength of the earthquakes that occurred. Within the city of Zanjan and based on the studies conducted on the earthquakes that occurred within a radius of 200 kilometers from 1986 to 2020, it can be said that a total of 276 earthquakes occurred in this area, the lowest of which was at a depth of 1 kilometer and the highest at a depth of 77.6 kilometers.

### Conclusion

According to the information collected from the population and area data of Zanjan city during the years 1365 to 1400 (1986 to 2020), it is observed that the area growth of Zanjan city has been increasing during the years 1986 to 2020, so that the growth of the area of urban areas has reached from 17.56 square kilometers to 50.65 square kilometers. In terms of population, the population growth has been on average more than 2 percent and the population of Zanjan city has always increased in these years. In a general view, when we examine the demographic evolution and expansion and development of the city of Zanjan from 1986 to 2020, we see that from



1986 to 2005 (1365 to 1385), the population density per square kilometer has continuously decreased, and between 2010 and 2015 (1385 to 1395), this trend was almost constant, and between 2015 and 2020 (1395 to 1400), a relative jump is seen in it. The physical expansion of the city initially has a faster trend than population growth, and the urban density, which was approximately 12,433 people per square kilometer (124 people per hectare) in 1986, has reached 8,624 people per square kilometer (86 people per hectare) in 2005. This trend has been almost constant over the next 10 years and has begun its reverse growth since 2016, reaching approximately 9,085 people per square kilometer (91 people per hectare) in 2020, which indicates the prevention of uncontrolled growth of Zanjan city in the last 15 years. Urban densification policies are also one of the reasons for preventing the horizontal expansion of cities in recent years.

-According to the studies conducted using the two AHP and FUZZY models and the parameters used, it can be said that the study area in terms of the probability of earthquake risk based on the AHP model is located in a low-risk zone, 1.4% in a medium-risk zone, 65.2% in a high-risk zone, 33.2% of the area in a high-risk zone, and 0.1% of the study area in a very high-risk zone. Based on the fuzzy model, it was concluded that 75.6% of the area is located in a low-risk zone and 4.9% of the study area is located in a high-risk zone.

## References

- Ahdanezhad Roushti, M. (2009). Earthquake Vulnerability Assessment Modeling (Case: Zanjan City), PhD Dissertation in Geography and Urban Planning, University of Tehran. [In Persian]
- Ablaghi, A, Sahrai, AH, (2004). Dilapidated textures in urban and rural settlements and earthquake risk, Haft Shahr Urban Development and Architecture Journal, period 1, Number 17, 30-34. [In Persian]
- Alikhani koushkak, R., (2008). Crisis management with the approach of the role of transportation in crisis conditions, Jahan Jam Jam publishing house. [In Persian]
- Abdi, P., (2007). "Investigation of seismic activities in Zanjan province, Proceedings of the fifth sustainable urban development planning conference with nuclear planning approach". [In Persian]
- Biroudian, N, (2006). Crisis Management, Principles of Safety in Unexpected Events, Mashhad Academic Jihad Publications. [In Persian]
- Dutta, V. (2012). "War on the Dream, How Land use Dynamics and Peri-urban Growth Characteristics of a Sprawling City Devour the Master Plan and Urban Suitability". A Fuzzy.
- Jha, K., Miner, W. Geddes, S. (2012). "Building Urban Resilience: Principles, Tools, and Practice". The world Bank , pp. 155.
- Hall, T. (2006) Urban Geography. Routledge Pub. London. Jose Afonso, M., et al. (2006) Urban hydrogeomorphology and geology of the Porto metropolitan area (NW Portugal). IAGE, NO. 92.
- Hosseini, M . (2008). Crisis Management. Tehran Publishing Institute.
- Habibi, Kiyomarth; Javanmardi, Kumar; (1391). Analysis of the instability of urban tissues and zoning the degree of vulnerability against earthquakes using AHP and GIS. Case example: a part of the central core of Sanandaj city. Armanshahr Architecture and Urbanism Journal. Number 11, Autumn and Winter 1992. [In Persian]
- León, J., March, A. (2014). "Urban Morphology as a Tool for Supporting Tsunami Rapid Resilience: A Case Study of Talcahuano", Chile, Habitat International, Volume 43, July 2014, Pages 250–262.
- Management and Planning Organization of Zanjan Province. (2012). Management and Planning Organization of Zanjan Province, Demographic Statistics of Zanjan Province, 2012. [In Persian]
- Mousavand, j. (2011). "Determining the optimal land use in order to reduce the environmental risk of earthquakes in the study area of the 1st region of Tehran" master's thesis in geography and urban planning, Tehran: Tarbiat Moalem University. [In Persian].
- Mallupattu, P.K. and J.R. Sreenivasula Reddy. (2013). Analysis of Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing Data and GIS at an Urban Area, Tirupati, India. The Scientific World, 2013: 1\_7.
- Nozarpour, A., (2008). Editor's Note" Journal of Urban Planning and Management of Municipalities, first year, (5). [In Persian]
- Pumain, Denise. (2006) The Urbanization presses, in Demography : analysis and synthesis : a treatise in population studies / Graziella Caselli, Jacques Vallin, and Guillaume Wunsch ; with contributions by Daniel Courgeau, Volume 2, London: Academic Press.
- Parvin, G.A, Surjan, A., and Rahman, A., show, R. (2016) UrbanRisk, City:10,10 16/B978-0-12-802169-9, 00002-1.



- Ruostaei, Shahram; Ahdanjad Roshni, Mohsen; Farrokhi Soumee, Mina. (1898). Investigating the spatial measurement of urban expansion with an emphasis on land use changes using multi-temporal satellite images (a case study of Urmia), *Journal of Geography and Planning*, 18(50): 189-206. [In Persian]
- Sasanpour, F., Mousavand, j. (2010). The effect of man-made factors in intensifying the consequences of natural hazards in metropolitan environments with the use of fuzzy logic and geographic information system, *Applied Sciences Geographical Research Quarterly*, Volume 13, Number 16, Spring 2019. [In Persian]
- Shamai, Ali et al. (2013), measuring harmful factors in a region of Tehran city using GIS, *Geography and Planning Journal*, year 17, number 43, spring 2013, pp. 122-93.
- Taheri, gh,. (2002). Evaluating the physical development model of Ramshiro city and presenting its appropriate model. Master's thesis on urban planning, Faculty of Literature and Humanities, University of Sistan and Baluchistan. [In Persian]
- United Nations Climate Change Conference (COP21). (2015). "Climate Change and Natural Disasters Displace Millions". Affect Migration Flows. December 10, Paris. available on: <http://www.migrationpolicy.org/article>.
- Yikang Rui (2013), *Urban Growth Modeling Based on Land-use Changes and Road Network Expansion*, Doctoral Thesis in Geodesy and Geoinformatics with Specialization in Geoinformatics Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2013.



## ارزیابی جهش شهری و جهات مستعد توسعه‌ی شهر با تاکید بر مخاطره زلزله (مطالعه موردی: شهر زنجان)

معصومه حسنلو<sup>۱</sup> | رحمان زندی<sup>۲</sup> | محمد سلمانی مقدم<sup>۳</sup>

۱. کارشناسی ارشد، برنامه ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: M.hasanlou2626@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه:

R.zandi@geo.ui.ac.ir

۳. استادیار برنامه ریزی شهری، گروه برنامه ریزی شهری و روستایی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه:

MI\_moghadam@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰</p> <p>کلیدواژه‌ها: توسعه‌ی شهری، AHP، زلزله، FUZZY، زنجان.</p>	<p>رشد و توسعه‌ی شهری و تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی شهری جز جدایی ناپذیر برنامه‌ریزی برای توسعه پایدارند. پژوهش حاضر در نظر دارد، رشد و جهش شهری را برای شهر زنجان از بعد زمانی و توزیع مکانی بر اساس مخاطره طبیعی زلزله ارزیابی کند. بدین منظور ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست، نقشه‌های کاربری اراضی شهری برای سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ مورد ارزیابی قرار گرفت و نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی شهر زنجان بدست آمد. در مرحله بعد با توجه به اهمیت زلزله در شهر زنجان تعداد زلزله‌های رخ داده در محدوده مورد مطالعه تا شعاع ۲۰۰ کیلومتری با استفاده از نرم‌افزار GIS مورد بررسی قرار گرفت و در مرحله نهایی با استفاده از دو مدل AHP و FUZZY و استفاده از پارامترهای مهم همچون عمق، قدرت، فاصله از کانون، شیب، ارتفاع و نوع سازه‌های ساختمانی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زلزله در محدوده شهر حاصل شد. نوع تحقیق در این پژوهش کاربردی و به لحاظ روش و ماهیت توصیفی-تحلیلی است. نتایج نهایی نشان می‌دهد که، رشد مساحتی شهر زنجان طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ روند افزایشی (بیش از دویست درصد) داشته است به طوری که رشد وسعت مناطق شهری از ۱۷،۵۶ کیلومتر مربع به ۵۰،۶۵ کیلومتر مربع رسیده است همچنین نتایج حاصل از مطالعه آماری زلزله‌ها نشان می‌دهد که در دوره مورد بررسی در بازه صد سال اخیر در شعاع ۲۰۰ کیلومتری شهر زنجان، ۲۷۶ زلزله رخ داده است که کمترین آنها ۳،۴ ریشتر و بیشترین آنها ۷،۴ ریشتر و میانگین زلزله‌های رخ داده ۴،۵ ریشتر بوده است. براساس نقشه‌های تولید شده از مدل‌های AHP و FUZZY محدوده مورد مطالعه از نظر احتمال خطر وقوع زلزله در پهنه با خطر بالا واقع شده است. مستعدترین جهت توسعه‌ی شهر زنجان به سمت جنوب و جنوب غرب می‌باشد.</p>

استاد: حسنلو، معصومه، زندی، رحمان، سلمانی مقدم، محمد (۱۴۰۳). ارزیابی جهش شهری و جهات مناسب توسعه‌ی شهر با تاکید بر زلزله (مطالعه موردی: شهر زنجان) عنوان مقاله. کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی، ۳ (۱۳)، ۱-۲۰.

http://doi.org/ 10.22034/rsgi.2024.62028.1080



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

## ۱- مقدمه

یکی از ویژگی های کنونی جهان معاصر گرایش به شهرنشینی و استقرار در مراکز شهری است. روندی که بعد از انقلاب صنعتی شروع شده و در حال حاضر به شکل رو به توسعه ای ادامه دارد. بدیهی است که شهرنشینی یکی از مهم ترین جنبه های زندگی اجتماعی امروز در دنیاست. اگر چه که این پدیده در گذشته ریشه دارد لکن از جهت تعداد و نسبت جمعیت ساکن در مراکز شهری قابل قیاس با شرایط کنونی نیست. می توان گفت که رشد شهرنشینی در سطح جهان در قرن بیستم و به ویژه از نیمه دوم آن شروع شده است و از این جهت یک پدیده جدید تلقی می شود که هم جهانی است و هم تقریباً اکثر کشورها آن را تجربه کرده اند. این فرایند جهانی توزیع فضایی ساکنین کره خاکی را در تمام قسمت های جهان شکل داده و هنوز هم در حال شکل دادن است فرایندی که به نظر برگشت ناپذیر می نماید (pumain,2006).

باتوجه به ارزیابی صورت گرفته از چشم انداز شهرنشینی جهان در سال ۲۰۱۱ (UnitedNation,2012). جمعیت شهری جهان از ۰/۵۷ میلیارد (۲۹/۴ درصد از جمعیت جهان) در سال ۱۹۵۰ به ۳/۶۳ میلیارد (۵۲/۱ درصد) در سال ۲۰۱۱ رسیده و انتظار می رود به ۶/۲۵ میلیارد (۶۷/۲ درصد) در سال ۲۰۵۰ برسد. سازمان ملل تخمین زده که اگر جمعیت شهری مناطق در حال توسعه سالانه به طور متوسط حدوداً ۲/۰۲ درصد افزایش یابد و از ۲/۶۷ میلیارد در سال ۲۰۱۱ به ۳/۹۲ میلیارد در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید، در حالی که انتظار می رود جمعیت شهری جهان در مناطق توسعه یافته با اندک افزایشی از ۰/۹۶ میلیارد به ۱/۰۶ میلیارد نفر برسد (Yikang Rui,2013).

رشد جمعیت یکی از مهم ترین نیروهای محرک تغییر در سیستم شهری می باشد. اگر جمعیت شهری افزایش یابد، شهر باید به سمت بالا یا بیرون گسترش یابد. در سرتاسر جهان، کشورها به طور فزاینده ای در حال شهری شدن هستند (Dutta,2012). مطابق با گزارش سازمان ملل بیش از ۵۴ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می کنند (United Nation Habitat Program,2014). با پیش بینی انجام شده از سوی سازمان ملل احتمال می رود تا ۲۰۵۰ حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند (jha et , 2012). از سوی دیگر شهر به عنوان یکی از مهم ترین مراکز سکونتگاهی انسان کانون رشد و توسعه به شمار می رود. این کانون همواره از درون و بیرون تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی قرار دارد و همواره در حال تغییراند (Hall, 2006). این تغییر را به لحاظ هندسی در قالب گسترش فیزیکی شهر می توان مشاهده کرد. توسعه فیزیکی شهر فرآیندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده های فیزیکی شهر و فضاهای کالبدی آن در جهات عمودی و افقی از حیث کمی و کیفی افزایش می یابد (طاهری، ۱۳۸۱).

توسعه قابل توجه این پدیده نشان می دهد که اگر فرآیند توسعه شهر و شهرنشینی تابع برنامه ضوابط و استانداردهای مناسب نباشد می تواند منجر به شکل گیری مراکز جمعیتی گردد که با مخاطرات گوناگونی مواجه باشد. در اینجاست که برنامه ریزی شهری و شهرسازی متکی بر ضوابط و استانداردهای مناسب توسعه شهری می تواند جلوی شکل گیری این رخداد را بگیرد. به بیان دیگر اگر انتخاب مکان استقرار شهرها و برنامه ریزی کالبدی توسعه شهری بر پایه توجه به اصول شهرسازی دنبال نشود به این معناست که مناطق شهری به مکان اصلی بسیاری از مخاطرات احتمالی بدل خواهد شد (leno & March,2014). گزارش سالیانه صلیب سرخ جهانی در سال ۲۰۱۰ میلادی نشان می دهد که بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها با ریسک بالایی از مخاطرات زندگی می کنند. همچنین با توجه به این که شهرها مراکز عمده ی فعالیت های اجتماعی و اقتصادی بشمار می روند، در برابر مخاطرات طبیعی بسیار آسیب پذیر هستند (Parvin et al, 2016). ازین رو یکی از عمده ترین مسائل و مشکلاتی که بیشتر کلانشهرهای جهان با آن

دست به گریبانند مخاطرات طبیعی است که همواره شهرها و جان شهروندان را تهدید می کند (ساسان پور و موسی وند، ۱۳۸۹). حدود سه چهارم مردم جهان در مناطقی زندگی می کنند که در دهه های اخیر حداقل وقوع یکی از چهار عامل عمده ی مرگومیر ناشی از بحران ها یعنی زلزله، سیل، طوفان یا خشکسالی را تجربه کرده اند در دو دهه گذشته بیش از ۱۵ میلیون نفر در سراسر دنیا در اثر سوانح طبیعی جان خود را از دست داده اند (Hosseini, 2008). در این میان زلزله یکی از انواع مخاطرات طبیعی است که در سطح جهانی به طور متوسط سالانه بیش از ۱۶۰ هزار نفر تلفات جانی و بیش از ۱۴۵ میلیارد ریال خسارت مالی بر کشورها تحمیل کرده است (موسی وند، ۱۳۹۰). کشورهای توسعه یافته در این جهت ضمن مقاوم سازی، فعالیت های همه جانبه ای به منظور مقابله با این مخاطره طبیعی برداشته اند با این حال نیاز است در کشورهای در حال توسعه توجه بیشتری به پدیده زلزله در مباحث شهری اعمال شود.

استقرار ایران در یک منطقه خاص به لحاظ ویژگی های زمین ساختی باعث شده است تا زلزله یکی از مخرب ترین و تهدید کننده ترین عوامل انهدام حیات انسانی در کشور باشد. بررسی های تاریخی نشان می دهد که نقاط زیادی از کشورمان توسط این حادثه طبیعی متحمل آسیب های جانی و مالی شده است. در کشور ایران متأسفانه اکثر نواحی پرجمعیت در مناطق زلزله خیز واقع شده اند زیرا بیشتر شهرهای بزرگ در پای ارتفاعاتی بنا گردیده اند که به وسیله ی گسل های مهم و غالباً سراسری از دشت جدا شده اند. با توجه به اینکه کشور ایران روی کمربند زلزله خیز آلپ\_هیمالیا قرار گرفته است به طور متوسط هر پنج سال یکبار زلزله هایی با قدرت ۶ تا ۷ ریشتر در کشور رخ می دهد و این موضوع باعث شده است تا تقریباً ۹۷ درصد از شهرهای ایران در معرض خطرات نسبی زلزله قرار داشته باشند (نوذرپور، ۱۳۸۷). شهر زنجان به عنوان یکی از شهرهای مهم کشور با این مخاطره روبروست. این شهر مطابق آمار نامه جمعیتی سال ۱۳۹۲ با ۳۹۸۸۸۴ نفر جمعیت به عنوان اولین و بزرگترین نقطه شهری استان و یکی از شهرهای میانه اندام کشور محسوب می شود (سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان زنجان، ۱۳۹۲). که در محاصره سه گسل خطرناک زنجان در شمال، سلطانیه در جنوب، گسل بیاتلر در غرب قرار دارد و بر اساس نقشه پهنه بندی زلزله که توسط پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله تهیه شده است، با پهنه درجه خطر نسبتاً زیاد قرار می گیرد (احدنژاد روشتی، ۱۳۸۸). و هم به عنوان یکی از مناطق واقع شده در روی کمربند زلزله در گذشته نه چندان دور خود شاهد یکی از مخرب ترین زلزله ها در کشور بوده است که در سال ۱۳۶۹ در شمال استان و در منطقه ی رودبار، منجیل و طارم با ۲/۷ ریشتر اتفاق افتاد که در اثر این زلزله بیش از ۴ هزار کشته و ۳۰۰ روستا تخریب کامل شد و به شهرهای رودبار، منجیل و لوشان آسیب های زیادی وارد شد و همچنین می توان به زلزله سال ۱۳۷۹ در منطقه خدابنده که ۵۰۰ نفر کشته داشته اشاره کرد (عبدی، ۱۳۸۶). از مهمترین پژوهش های صورت گرفته در این زمینه میتوان به Reddy & Mallupattu در سال ۲۰۱۳ به تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور و سامانه ی اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره ای شهری تیری پاتی در هند (طی دوره ی ۲۰۰۳-۱۹۷۶) پرداختند. نتایج این مطالعه نشان دهنده ی گسترش قابل توجه در مناطق شهری و نیز کاهش معنی دار مناطق کشاورزی و جنگلی در طی دوره ی مورد مطالعه است. روستایی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی سنجش فضایی، گسترش شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای چند زمانه (شهر ارومیه) پرداختند. نتایج نشان می دهد طی دوره ۱۳۶۳-۱۳۹۰، ۱۷۱۸۸/۵۶ هکتار از اراضی شهر ارومیه تغییر کاربری داده شده است. که بیشترین تغییر کاربری در اراضی کشاورزی آبی با کاهش ۷۶۷۲/۴۱ هکتار صورت گرفته است. شمعی و همکاران (۱۳۹۱)، به بررسی و سنجش عوامل آسیب رسان در منطقه یک شهر تهران با استفاده از GIS پرداخته اند. نتایج تحقیق آنها نشان دهنده این است که مهمترین عوامل تشدیدکننده آسیب ها در منطقه یک به ترتیب اولویت؛ فاصله از گسل ها، شیب زمین، همجواری با

کاربری های ناسازگار، عمر بنا، تراکم زیاد جمعیت، عدم دسترسی به فضاهای باز شهری و مساحت نامناسب قطعات زمین. و همچنین حبیبی و جوانمردی (۱۳۹۱)، در پژوهشی دیگر با بهره گیری از مدل AHP به ارزیابی خطر هسته مرکزی سندج پرداختند که نتایج تحقیق آنها حاکی از آسیب پذیری در محدوده ذکر شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی تغییرات شهری از نظر مساحت، جمعیت و کاربری اراضی شهری در بازه ی زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ و همچنین پهنه بندی زلزله در شهر زنجان و ارزیابی میزان خطر زلزله در مناطق مختلف شهر و ارائه بهترین جهت توسعه شهر زنجان می باشد.

## ۲- مواد و روش تحقیق

مراحل انجام این تحقیق، ابتدا تصاویر ماهواره ای لندست، سنجنده های OLI, ETM+, TM از سایت زمین شناسی آمریکا گرفته شد. تصاویر انتخاب شده مربوط به فصل گرم سال بوده که کمترین میزان پوشش ابر را داشته ایم. این تصاویر با قدرت تفکیک ۳۰ متر در بازه ی زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ می باشند. به منظور آماده سازی داده ها تصحیحات اتمسفری و ژئومتریک بر رویدادهای ماهواره ای از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و داده های رقومی ارتفاعی استفاده گردید. نوع تحقیق در این پژوهش کاربردی و به لحاظ روش و ماهیت توصیفی-تحلیلی است و برای استخراج نقشه های کاربری و پوشش زمین از تصاویر ماهواره ای TM (لندست ۵)، ETM+ (لندست ۷) و OLI (لندست ۸) با قدرت تفکیک ۳۰ متر، مربوط به سال های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ استفاده شده است. در ابتدا تصاویر ماهواره ای لندست تصحیح هندسی و رادیومتریک شد تا خطاهای مربوط به تصاویر ماهواره ای کاهش یابد.

برای پهنه بندی خطر زلزله در مدل AHP که در ارتباط با تعیین میزان اهمیت هر کدام از شاخص های مربوط به خطر زلزله است. پرسشنامه ای طرح گردید که ساختار این پرسشنامه مبتنی بر تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP است و اساس این روش بر مقایسات زوجی استوار است. در این روش وزن هر شاخص با درجه اهمیتی که با مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ معادل شده اند به دست می آید و پارامترهای استفاده شده در این پرسشنامه شامل: قدرت زلزله های رخ داده، عمق زلزله های رخ داده، نزدیکی به گسل، شیب زمین، ارتفاع و نوع سازه می باشد که در فرایند تکمیل این پرسشنامه حجم جامعه آماری تا سطح اغنا پیش رفت و این جامعه آماری هدفمند انتخاب شده اند که شامل ۲۰ نفر از اعضا هیئت علمی و کارشناسان خبره در این زمینه بوده اند و میانگین نظر کارشناسان به دست آمد و سپس برای بدست آوردن وزن پارامترها این پارامترها وارد نرم افزار Choice Expert شدند و تحلیل و بررسی گردیده اند. و در ادامه بر اساس مدل منطق فازی از پارامترهای مذکور استفاده شده است و لایه های تدوین شده روی هم اندازی گردیده و نقشه نهایی پهنه بندی خطر زلزله در محدوده مطالعاتی حاصل شده است. همچنین داده های زلزله از سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده آمریکا برای بازه ۱۹۰۰ به بعد دریافت شد.

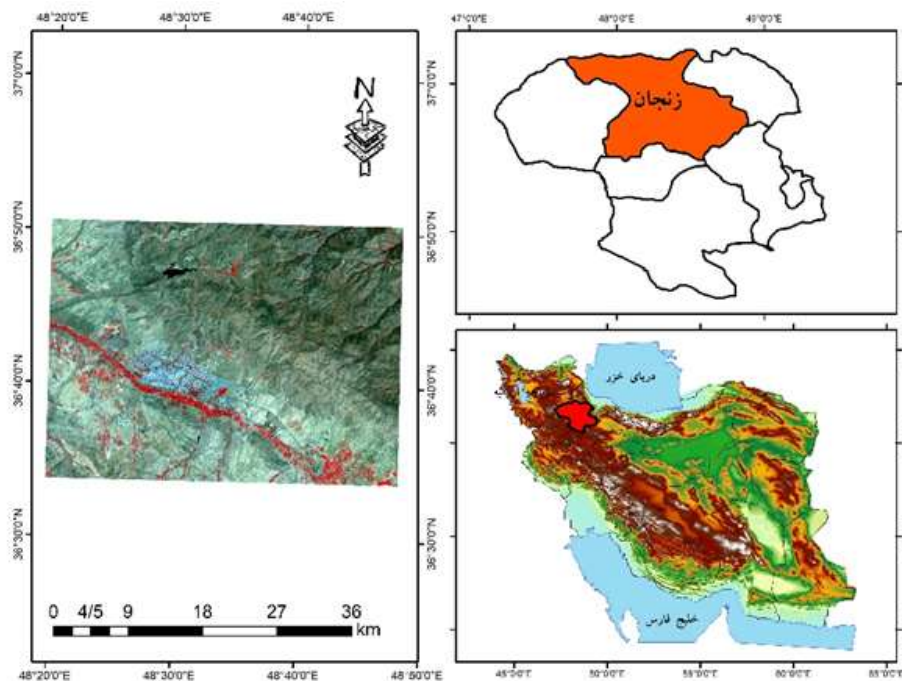
## ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر زنجان، با مساحتی بالغ بر ۱۴۷۹ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۱۱ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه و ۱۴ ثانیه (شکل شماره ۱). است طول شرقی واقع شده



از نظر موقعیت نسبی، محدوده مورد مطالعه در شهرستان زنجان و در محدوده بخش‌های مرکزی و قره‌پشتلو واقع این محدوده از سمت جنوب شرق به شهرستان سلطانیه، از شمال شرق به شهرستان آبر، از غرب به شده است. شهرستان ماهنشان، از جنوب غرب به شهرستان ایچرود و از شمال غرب به بخش زنجانرود شهرستان زنجان منتهی شده است.

حوزه نفوذ طبیعی شهر زنجان از نظر موقعیت طبیعی، بخشی از حوزه آبریز رودخانه زنجانرود می‌باشد که از سمت شمال شرق به حوزه آبخیز طارم، از جنوب غرب به حوزه آبخیز خویین، از جنوب شرق به حوزه‌های آبخیز فرعی رودخانه زنجانرود و از شمال غرب نیز به حوزه آبخیز رودخانه تهم و رودخانه فصلی امین آباد محدود شده است.



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

Fig. (1): area of study

## ۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش ابتدا رشد شهر زنجان طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ بررسی می‌شود تا روند توسعه شهر در سال‌های مذکور را هم از نظر جمعیت و هم از نظر مساحت مقایسه کنیم.

ارزیابی و بررسی وضعیت وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۱۹۸۶ با توجه به تصویر بدست آمده از نقشه‌ی کاربری اراضی شهری سال ۱۹۸۶ می‌توان گفت که محدوده‌ی شهر زنجان در سال مذکور دارای مساحت ۱۷,۵۶ کیلومترمربع بوده است (شکل ۲). جمعیت این شهر برابر با ۳۵۳۶۷ نفر بوده است (جدول ۲).



شکل(۲): ارزیابی و بررسی وضعیت مساحت شهر زنجان در سال ۱۹۸۶

Fig. (2): Evaluation and review of the area of Zanzan city in 1986

ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۱۹۹۰

در نقشه حاصل شده از شهر زنجان (شکل ۳)، این شهر از نظر مساحت و جمعیت رشد داشته است که از اطراف گسترش پیدا کرده است بخصوص از جهت شمال غربی و شمال توسعه یافته به طوری که در سال ۱۹۸۶ مساحت شهر ۱۷,۵۶ کیلومتر مربع بوده ولی در سال ۱۹۹۰ مساحت شهر زنجان به ۲۱,۷۸ کیلومتر مربع رسیده و جمعیت شهر افزایش داشته است که برابر بوده با ۲۵۴۰۸۲ نفر که می توان گفت هم از نظر مساحتی و هم از نظر جمعیتی رشد داشته است که در نمودار قابل مشاهده می باشد ( شکل ۱۰).



شکل(۳): ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت شهر زنجان در سال ۱۹۹۰

Fig. (3): Evaluation and investigation of changes in the size of Zanzan city in 1990

ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۱۹۹۵

بر طبق اطلاعات بدست آمده از تصویر ( شکل ۴) می توان گفت که بعد از گذشت ۵ سال شهر تغییراتی را داشته است که این تغییر و توسعه در جهت شمال و شمال شرق شهر بوده است و مساحت بدست آمده از محدوده ی شهر در سال مذکور ۲۷,۳۹ کیلومتر مربع بوده است ( جدول ۱) و جمعیت شهر ۲۸۶۲۹۵ هزار نفر افزایش داشته است (جدول ۲) و کاربری ساخته شده روند افزایشی را نسبت به سال های ۱۹۹۰ و ۱۹۸۶ تجربه کرده است.



شکل(۴): ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت شهر زنجان در سال ۱۹۹۵

Fig. (4): Evaluation and investigation of changes in the size of Zanjan city in 1995

ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۲۰۰۰ بر اساس نتایج بدست آمده از تغییرات کاربری شهر زنجان در سال ۲۰۰۰ که در (شکل ۵) دیده می شود می توان گفت این شهر از جهت شرق و غرب توسعه یافته و مساحت شهر ۳۳,۰۹ کیلومتر مربع بوده و جمعیت شهر برابر بوده با ۳۲۲۷۸۷ نفر است که نرخ رشد جمعیت در سال ۲۰۰۰ نسبت به ۵ سال قبل ۲,۵۴ درصد رشد داشته است (جدول ۱ و ۲).



شکل(۵): ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۲۰۰۰

Fig. (5): Evaluation and investigation of changes in the size of Zanjan city in 2000

ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۲۰۰۵  
 در سال ۲۰۰۵ شهر زنجان گسترش قابل توجهی داشته است، از جهت غرب و شرق توسعه یافته و مساحت کاربری‌های ساخته شده روند افزایشی را نسبت به سال های قبل داشته است (شکل ۶). مساحت شهر به ۴۰،۵۵ کیلومتر مربع افزایش یافته و جمعیت شهر برابر با ۳۴۹۷۱۳ هزار نفر با نرخ رشد ۱،۹۹ درصدی مواجه بوده است (جدول ۱ و ۲).



شکل(۶): ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت شهر زنجان در سال ۲۰۰۵

Fig. (6): Evaluation and investigation of changes in the size of Zanjan city in 2005

ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۲۰۱۰

در نقشه‌ی به دست آمده در (شکل ۷) از سال ۲۰۱۰ می‌توان گفت شهر زنجان از جهت شرق پیشرفت زیادی داشته است به طوری که مساحت شهر از ۴۰,۵۵ کیلومتر مربع به ۴۴,۷۱ کیلومتر مربع افزایش داشته و طی ۵ سال ۱۰ درصد تغییرات مثبت کاربری شهری را تجربه کرده است (جدول ۱) و جمعیت شهر در سال مذکور ۳۸۶۸۵۱ که ۲,۲ درصد نسبت به سال ۲۰۰۵ رشد جمعیتی داشته است (جدول ۲).



شکل (۷): ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت شهر زنجان در سال ۲۰۱۰

Fig. (7): Evaluation and investigation of changes in the size of Zanjan city in 2010

ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۲۰۱۵ طبق نقشه‌ی بدست آمده از شهر زنجان در سال ۲۰۱۵، (شکل ۸) می‌توان گفت که شهر در همان محدوده شرق گسترش داشته است و مساحت شهر به ۵۰,۶۵ کیلومتر مربع رسیده که نسبت به سال ۲۰۱۰، ۱۳ درصد رشد داشته است (جدول ۱) و جمعیت شهر به ۴۳۰۸۷۱ نفر افزایش یافته که در طول ۵ سال تقریباً ۴۴ هزار نفر از نظر جمعیتی رشد داشته است (جدول ۲).



شکل (۸): ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت شهر زنجان در سال ۲۰۱۵

Fig. (8): Evaluation and investigation of changes in the size of Zanjan city in 2015

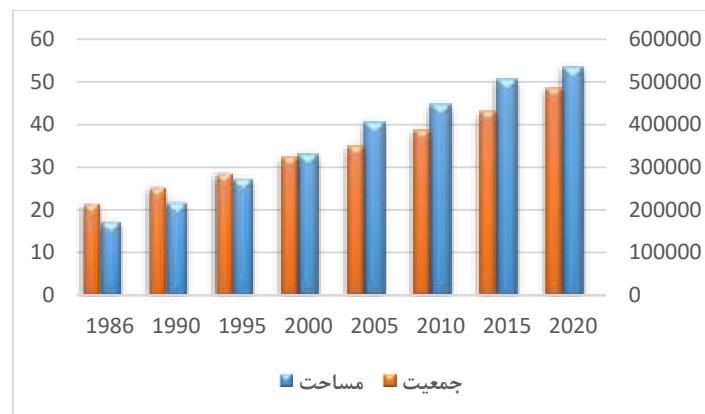
ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت و جمعیت شهر زنجان در سال ۲۰۲۰

بر اساس تصویر نهایی (شکل ۹) به دست آمده از محدوده ی شهر زنجان و جمعیت شهر می توان گفت جمعیت شهر در سال ۲۰۲۰ به بیشترین رشد خود رسیده است و بر اساس اطلاعات جدول شماره ۲ شهر از ۴۳۰۸۷۸ نفر به ۴۸۵۸۹۲ نفر روند افزایشی داشته که این رقم با رشد ۲٫۵ درصدی همراه بوده است و گسترش شهر نسبت به سال ۲۰۱۵ فقط ۵ درصد گسترش داشته است و این رشد و گسترش بیشتر از جهت شرق شهر بوده است (جداول ۱و۲).



شکل (۹): ارزیابی و بررسی تغییرات وسعت شهر زنجان در سال ۲۰۲۰

Fig. (9): Evaluation and investigation of changes in the size of Zanjan city in 2020



شکل (۱۰): نمودار مساحت و جمعیت شهر زنجان

Fig. (10): Area and population diagram of Zanjan city

جدول شماره (۱): مساحت شهر زنجان از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰

Table (1): Zanjan city area from 1986 to 2020

سال	۱۹۸۶	۱۹۹۰	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۲۰	تغییرات در کل دوره
مساحت محدود شهر به کیلومتر مربع	۱۷,۵۶	۲۱,۷۸	۲۷,۳۹	۳۳,۰۹	۴۰,۵۵	۴۴,۷۱	۵۰,۶۵	۵۳,۴۸	۳۵,۹۲
درصد تغییرات	-	+۲۴٪	+۲۰٪	+۱۷٪	+۲۲٪	+۱۰٪	+۱۳٪	+۵٪	+۲۰۴٪

پس از جمع آوری داده‌های جمعیتی و مساحت شهر زنجان در طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰ (۱۹۸۶ الی ۲۰۲۰ میلادی) تراکم جمعیت شهر در ادوار مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در جدول شماره ۱، مساحت منطقه شهری و میزان تغییرات آن در هر دوره ۵ ساله آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، رشد مساحتی شهر زنجان طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ روند افزایشی داشته است به طوری که رشد وسعت مناطق شهری از ۱۷,۵۶ کیلومتر مربع به ۵۰,۶۵ کیلومتر مربع رسیده است.

جدول شماره (۲): تحولات جمعیتی شهر زنجان از سال ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰

Table (2): Demographic developments of Zanjan city from 1365 to 1400

سال	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۴۰۰
جمعیت	۲۱۵۴۵۸	۲۵۴۰۸۲	۲۸۶۲۹۵	۳۲۲۷۸۷	۳۴۹۷۱۳	۳۸۶۸۵۱	۴۳۰۸۷۱	۴۸۵۸۹۲
رشد جمعیت	-	۲,۴۲	۲,۱۴	۲,۵۴	۱,۹۹	۲,۲	۲,۲	۲,۵

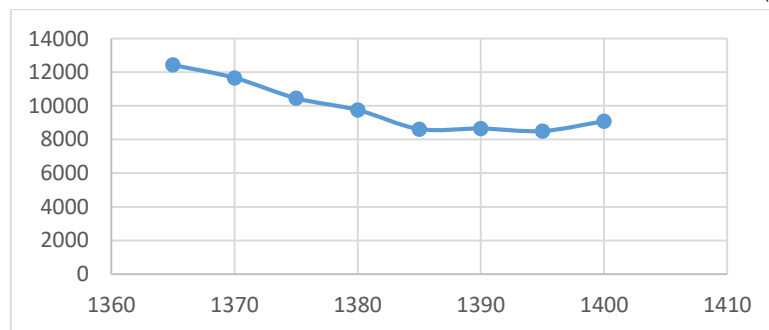
با توجه به رشد جمعیت در طول چند دهه گذشته، تغییرات آن نیز در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، رشد جمعیت به طور متوسط بیش از ۲ درصد بوده و همواره در این سال‌ها بر میزان جمعیت شهر زنجان افزوده شده است.

جدول شماره (۳): تراکم جمعیتی شهر زنجان در ادوار مختلف در طی ۳۰ سال گذشته

Table (3): Population density of Zanjan city in different periods during the last 30 years

سال	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (برحسب هکتار)	جمعیت (نفر)	تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع)	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)
۱۹۸۶	۱۷,۳۳	۱۷۳۳	۲۱۵۴۵۸	۱۲۴۳۳	۱۲۴
۱۹۹۰	۲۱,۷۸	۲۱۷۸	۲۵۴۰۸۲	۱۱۶۶۶	۱۱۷
۱۹۹۵	۲۷,۳۹	۲۷۳۹	۲۸۶۲۹۵	۱۰۴۵۳	۱۰۵
۲۰۰۰	۳۳,۰۹	۳۳۰۹	۳۲۲۷۸۷	۹۷۵۵	۹۸
۲۰۰۵	۴۰,۵۵	۴۰۵۵	۳۴۹۷۱۳	۸۶۲۴	۸۶
۲۰۱۰	۴۴,۷۱	۴۴۷۱	۳۸۶۸۵۱	۸۶۵۲	۸۶
۲۰۱۵	۵۰,۶۵	۵۰۶۵	۴۳۰۸۷۱	۸۵۰۷	۸۵
۲۰۲۰	۵۳,۴۸	۵۳۴۸	۴۸۵۸۹۲	۹۰۸۵	۹۱

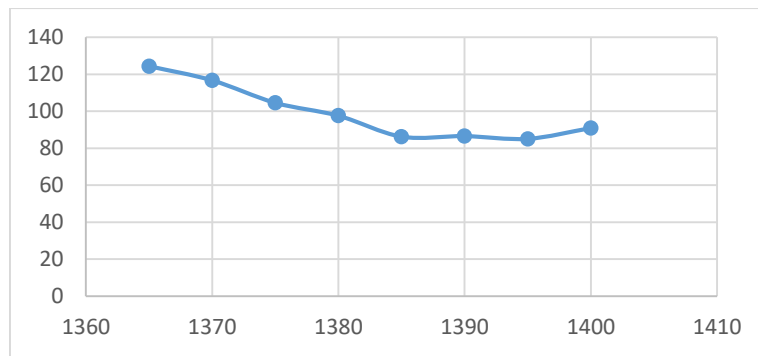
همانطور که میدانیم در چند دهه گذشته، جمعیت کشور به سرعت در نواحی شهری افزایش پیدا کرد که علاوه بر رشد طبیعی آن، مهاجرت از روستاها نیز در آن نقش داشته است. در یک نگاه کلی هنگامی که تحول جمعیتی و گسترش شهر زنجان را از سال ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰ بررسی کنیم، شاهد آن هستیم که از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ تراکم جمعیت در هر کیلومتر مربع مستمرا کاهش یافته است. در بین سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ این روند تقریبا ثابت بوده و در بین سال های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ یک جهش نسبی در آن دیده می شود (نمودار شکل ۱۱).



شکل (۱۱): نمودار تراکم جمعیت در شهر زنجان (برحسب نفر در هر کیلومتر مربع)

Fig. (11): Population density chart in Zanjan city (in terms of people per square kilometer)





شکل ۱۲: نمودار تراکم جمعیت در شهر زنجان (برحسب نفر در هر هکتار)

Fig. (12): Population density chart in Zanjan city (in terms of people per hectare)

همانطور که ملاحظه گردید گسترش فیزیکی شهر در ابتدا از روند سریع تری نسبت به رشد جمعیت برخوردار می شود و تراکم شهری را که در سال ۱۳۶۵، حدود ۱۲۴۳۳ نفر در هر کیلومترمربع (۱۲۴ نفر در هکتار) بوده به ۸۶۲۴ نفر در هر کیلومترمربع (۸۶ نفر در هکتار) در سال ۱۳۸۵ می رسد.

این روند در طی ۱۰ سال بعد تقریباً ثابت بوده و از سال ۱۳۹۵ رشد معکوس خود را آغاز می نماید. به طوری که در سال ۱۴۰۰ به حدود ۹۰۸۵ نفر در هر کیلومترمربع (۹۱ نفر در هر هکتار) می رسد که نشان دهنده جلوگیری از رشد بدون ضابطه شهر زنجان در ۱۵ سال اخیر دارد. سیاست های متراکم سازی شهرها نیز یکی از دلایل جلوگیری از گسترش افقی شهرها در سال های اخیر می باشد (جدول ۳).

حوادث طبیعی از جمله زلزله با توجه به گستردگی و شدت خساراتی که به ساختمان ها و زیرساخت های شهری وارد می آورد علاوه بر تخریب بخش عمده ای از فضای شهری منجر به بی خانمان شدن و آسیب های جبران ناپذیر به جمعیت زیاد ساکن در شهرها نیز خواهند شد. از این رو بررسی پهنه بندی خطر زلزله در شهرها برای ساخت و ساز استاندارد و تشخیص جهت مناسب گسترش و توسعه شهر لازم است.

در این بخش از پژوهش با استفاده از دو مدل (AHP) و مدل منطق فازی (FAZZY) به بررسی وضعیت زلزله در محدوده شهری زنجان می پردازیم. در این راستا ابتدا پارامترهای مؤثر در وقوع زلزله مانند: عمق، قدرت، فاصله از کانون، شیب، نوع سازه و ارتفاع برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید و با استفاده از نرم افزار GIS نقشه ها تولید شده و سپس برای بدست آوردن وزن پارامترها این پارامترها وارد نرم افزار Choice Expert شدند و تحلیل و بررسی گردیده اند. در نهایت بر اساس نتایج بدست آمده از نقشه و جدول مدل سلسله مراتبی تلاش شد که جهت مناسب گسترش شهر پیشنهاد شود.

یکی از پارامترهای مهم در وقوع و خطر رخداد زلزله، قدرت زلزله است. هر چقدر قدرت زلزله رخ داده بیشتر باشد بدیهی است که خسارات احتمالی رخ داده بیشتر خواهد بود. همانگونه که اشاره شد قدرت زلزله را با ریشتر بیان می کنند، که هر چه میزان درجه ریشتر زلزله که از ۱ تا ۱۰ شماره گذاری شده بیشتر باشد میزان خطر بالاتر خواهد بود.

(شکل ۱۳) نقشه پراکندگی قدرت رخ داد زلزله در محدوده مطالعاتی را نشان می دهد. که در شمال شرق محدوده زلزله هایی با قدرت ۴ ریشتر بوده و در نزدیکی شهر زنجان در سمت شرق شهر قدرت زلزله های رخ داده بیشتر بوده و این منطقه دارای خطر بالاست، یکی دیگر از شاخص های مؤثر در زلزله و قدرت تخریبی آن شاخص عمق زلزله است. بدیهی است که چنانچه زلزله در عمق کمتر زمین رخ دهد میزان انرژی رسیده به سطح بیشتر بوده و آسیب بیشتری را به همراه خواهد داشت و اگر زلزله در اعماق بیشتر رخ دهد، انرژی رسیده به سطح زمین در همان منطقه لرزه خیز، کمتر است و در نتیجه، خطر ناشی از بروز آن و خسارات ایجاد شده نیز کمتر خواهد بود. (شکل ۱۴) نقشه پراکندگی عمق زلزله در محدوده مطالعاتی را نشان می دهد. همانگونه که مشخص است محدوده مطالعاتی در پهنه های با خطر عمق زلزله بین ۲۱ تا ۴۷ واقع شده است به گونه ای که پهنه با خطر عمق زلزله ۲۱ تا ۲۷ بیشترین وسعت و پهنه با خطر عمق زلزله ۳۷ تا ۴۲ کمترین وسعت را به خود اختصاص داده اند.

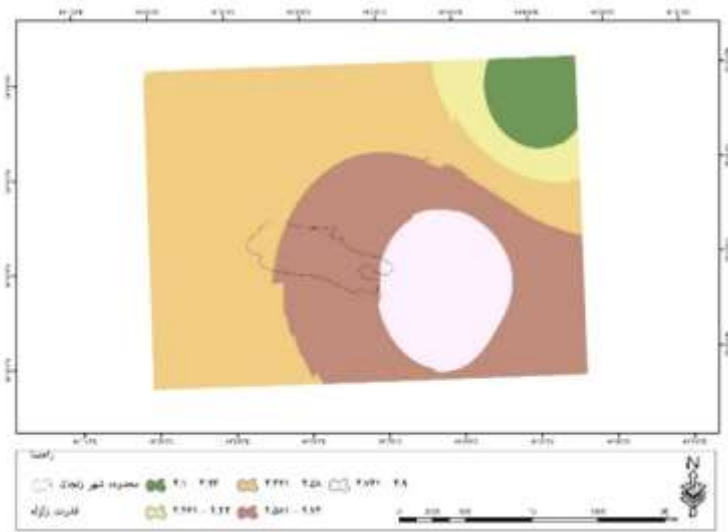
فاصله از گسل یکی دیگر از شاخص‌های تاثیر گذار در وقوع زلزله و شدت خسارات احتمالی زلزله های رخ داده است بدیهی است که هر چقدر یک نقطه یا محدوده فاصله بیشتری از گسل داشته باشد با خطر وقوع زلزله کمتری مواجه خواهد بود و چنانچه زلزله ای هم رخ دهد احتمال خسارات آن کمتر خواهد بود. بر این اساس به بررسی فاصله از گسل در محدوده مطالعاتی می‌پردازیم. باتوجه به (شکل ۱۵) بیشترین تمرکز و فراوانی گسل‌ها در نواحی شمال، شمال شرق و جنوب غرب محدوده مورد مطالعه می‌باشد. و شهر زنجان در نزدیکی چندین گسل قرار گرفته است به طوری که رنگ‌های زرد و نارنجی نزدیکترین فاصله را به خود اختصاص داده‌اند و رنگ‌های آبی و صورتی که در جنوب منطقه به چشم می‌خورد از گسل‌ها دور می‌باشد.

شیب منطقه از شاخص‌های موثر در زلزله و شدت خسارت‌های آن بشمار می‌آید. هر چقدر محدوده‌ای که در آن زلزله به وقوع پیوسته از لحاظ توپوگرافی کوهستانی و با شیب بالاتر باشد میزان خسارت‌های رخ داده بیشتر و عمیق‌تر خواهد بود. (شکل ۱۶) نقشه شیب محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد همانگونه که مشخص است محدوده مطالعاتی در پهنه‌های با شیب بین صفر تا ۶۰ درصد واقع شده است. به طوری که از محدوده شهر زنجان هر چه به سمت شمال شرق حرکت کنیم شیب افزایش پیدا میکند و این به دلیل وجود ارتفاعات گاوآنگ در این محدوده می‌باشد مناطق مرکزی جز مناطق کم ارتفاع را تشکیل می‌دهد.

ارتفاع نیز از شاخص‌های موثر در وقوع زلزله و خسارت‌های احتمالی آن در هر نقطه و محدوده مطالعاتی است. مسلم است که هر چه میزان ارتفاع یک محدوده بیشتر باشد شدت و خسارات احتمالی زلزله در آن بیشتر خواهد بود. (شکل ۱۷) نقشه ارتفاع محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است محدوده مطالعاتی در محدوده ارتفاعی بین ۱۲۹۰ تا ۲۷۰۲ قرار گرفته است. محدوده ارتفاعی بین ۱۲۹۰ متر تا ۱۷۲۵ متر که کمترین محدوده ارتفاعی است که ۲۵٫۹ درصد از کل محدوده مطالعاتی را به خود اختصاص داده است این در حالی است که محدوده مطالعاتی ۲۳۰۵ تا ۲۷۰۲ که بالاترین حد ارتفاعی در محدوده مطالعاتی است ۱۰٫۴ درصد از کل محدوده مطالعاتی را به خود اختصاص داده است.

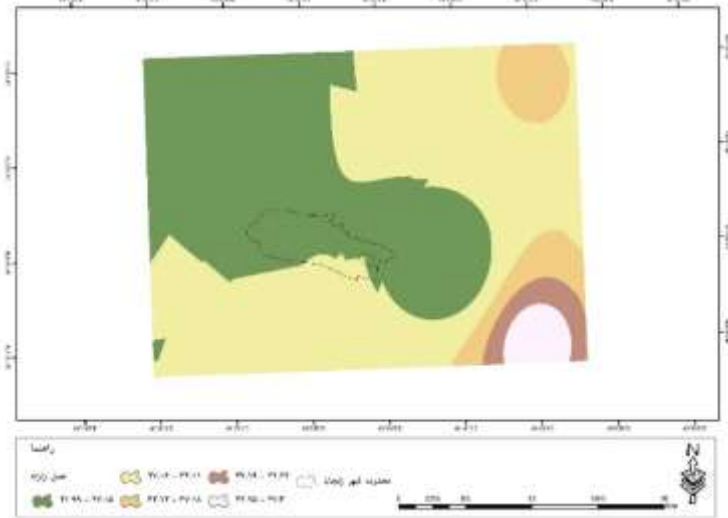
امروزه، آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی در برابر مخاطرات طبیعی، به عنوان چالشی فراروی توسعه کشورهای جهان تبدیل گردیده است، به گونه‌ای که در اکثر نقاط دنیا به دلایل متعدد از جمله توسعه فیزیکی نامناسب، عدم رعایت اصول و مقررات شهرسازی، تمرکز بیش از حد جمعیت و ساختمان‌ها در مناطق مستعد بروز زلزله و مکان‌گزینی نامناسب، همواره در معرض خطرات ناشی از بلایای طبیعی قرار دارند، لذا باید به منظور کاهش خطرات محیطی، استاندارد سازی مصالح ساختمانی، افزایش ضریب اطمینان و ایمنی در ساخت وسازهای جدید را در دستور کار قرار داد (بیرودیان، ۱۳۸۵). تجربه زلزله‌های اخیر نشان داده است که بخش عمده‌ای از آسیب‌های ناشی از زلزله می‌تواند به دلیل عدم رعایت اصول و ضوابط شهرسازی باشد که خود متأثر از عدم تخمین صحیح از آسیب‌پذیری شهرها در اثر وقوع زلزله احتمالی است (ابلقی و صحرائی، ۱۳۸۳).

با توجه به (شکل ۱۸) نوع سازه‌های ساختمانی در شهر زنجان بیشتر از نوع بتنی می‌باشد که در تمام سطح شهر به چشم می‌خورد و همینطور سازه‌های فلزی بیشتر در مناطق شمال و شمال شرقی شهر دیده می‌شود و سازه‌های مرکزی شهر، که بیشتر بافت قدیمی شهر را تشکیل می‌دهد از نوع آجر و آهن است و کمترین نوع سازه، ساختمان‌های از نوع خشت و گل هستند که خیلی کم به چشم می‌خورند. در نوع سازه‌های ساختمانی این باور غلط وجود دارد که ساختمان‌های فلزی در برابر زلزله مقاوتر هستند و یا برعکس. این نظر اصولاً اشتباه است زیرا هم سازه بتونی و هم سازه فلزی را می‌توان برای مقاومت‌های مختلف طراحی کرد که هر دو نیز به صورت مورد نظر در زلزله عمل کنند در حقیقت عامل مهم، طراحی صحیح سازه است. البته لازم به ذکر است که سیستم‌های بتنی به دلیل افزایش وزن سازه، در زلزله، نیروی بیشتری را متحمل می‌شوند. و این واقعیت وجود دارد که سازه‌های بتنی دارای عمر طراحی هستند بدین مفهوم که یک سازه بتنی برای عمری معین طراحی می‌شود گرچه این عمر ۵۰ یا ۶۰ سال باشد، بتن با گذشت عمر دچار افت و خیزش می‌شود که نهایتاً باعث تاثیر منفی در عملکرد سازه هنگام وقوع زلزله می‌شود. اما در سازه فلزی مشکل افت مقاومت با افزایش عمر وجود ندارد که این یک مزیت برای سازه‌های فلزی محسوب می‌شود. باتوجه به متن فوق می‌توان گفت اگر ساخت و ساز ساختمان‌ها در سطح شهر چه از نوع بتن و چه از نوع فلز، اگر از استانداردهای ساخت و ساز پیروی کند می‌تواند در برابر زلزله متحمل خسارت‌های کم باشد.



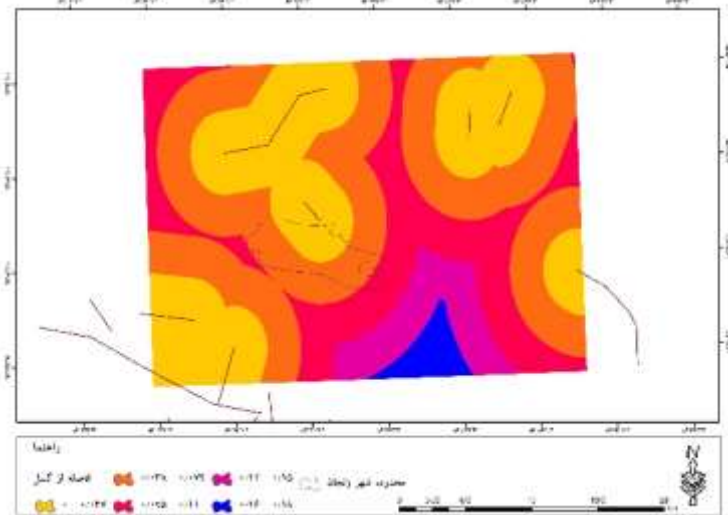
شکل(۱۳): نقشه پراگندگی قدرت زلزله در شهر زنجان

Fig. (13): Earthquake strength distribution map in Zanjan city



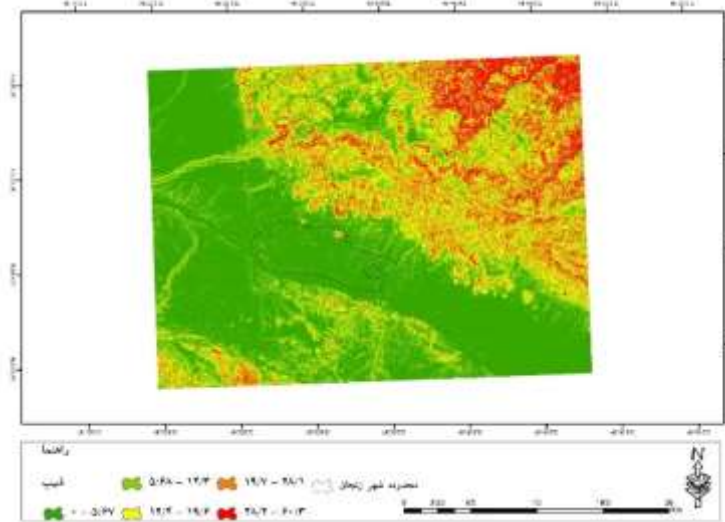
شکل(۱۴): نقشه پراگندگی عمق زلزله در شهر زنجان

Fig. (14): Earthquake depth distribution map in Zanjan city



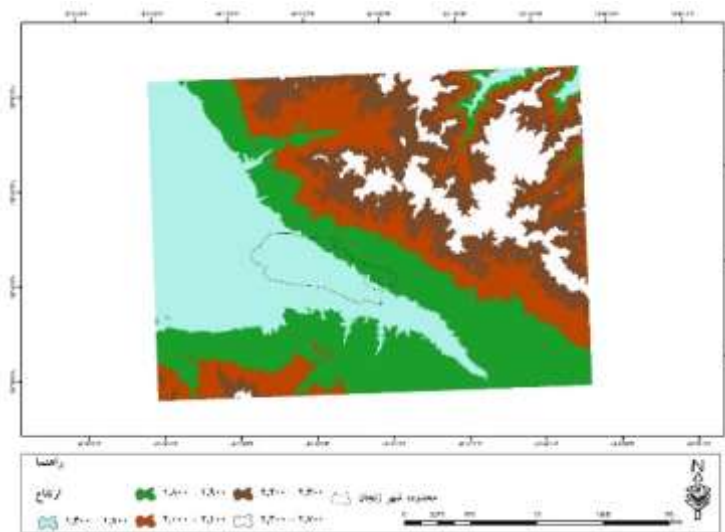
شکل(۱۵): نقشه فاصله از گسل در شهر زنجان

Fig. (15): Map of the distance from the fault in Zanjan city



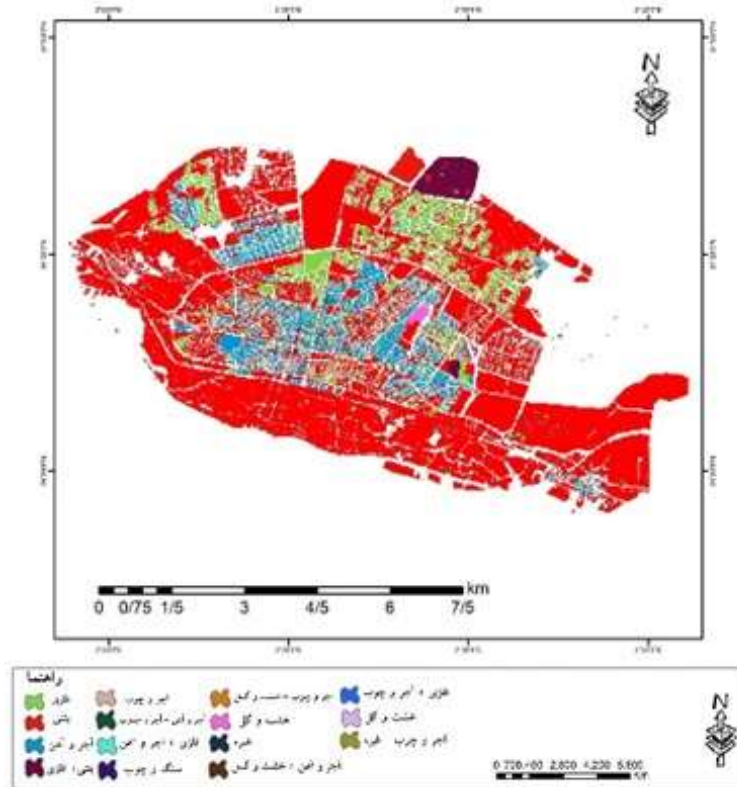
شکل(۱۶): نقشه شیب شهر زنجان

Fig (16): Slope map of Zanjan city



شکل(۱۷): نقشه ارتفاع محدوده شهر زنجان بر حسب متر

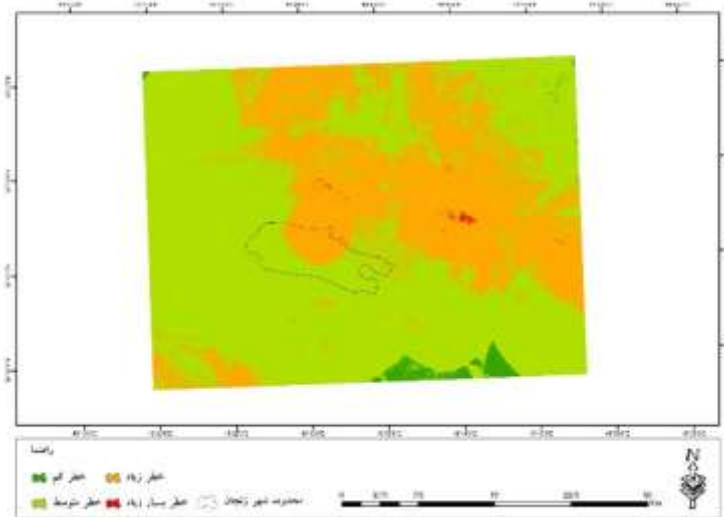
Figure (17): Height map of Zanjan city in meters



شکل(۱۸): نقشه نوع سازه‌های ساختمانی در شهر زنجان

Fig. (18): Map of types of building structures in Zanjan city

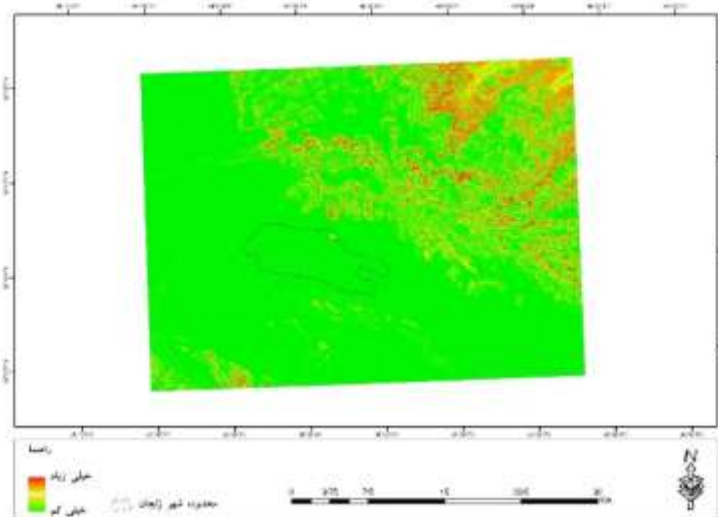
(شکل ۱۹) نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله در محدوده مطالعاتی را بر اساس مدل AHP نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است مساحتی معادل ۲۰,۷ کیلومتر مربع (۱,۴ درصد مساحت) در پهنه با خطر کم، ۹۳۳,۹ کیلومترمربع (۶۵,۲ درصد از کل محدوده مطالعاتی) در پهنه با خطر متوسط، ۴۷۶,۱ کیلومتر مربع (۳۳,۲ درصد از کل مساحت) در محدوده خطر زیاد و ۱,۴ کیلومتر مربع (۰,۱ درصد از کل مساحت محدوده مطالعاتی) در پهنه با خطر بسیار زیاد واقع شده است.



شکل(۱۹): نقشه پهنه بندی خطر زلزله بر اساس مدل AHP محدوده ی شهر زنجان

Fig. (19): Earthquake risk zoning map based on the AHP model of Zanjan city

(شکل ۲۰) نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله در محدوده مطالعاتی را بر اساس مدل فازی نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است ۷۵٫۶ درصد از کل مساحت محدوده در پهنه با خطر کم و ۴٫۹ درصد از مساحت کل محدوده مطالعاتی در پهنه با خطر زیاد واقع شده است.



شکل(۲۰): نقشه پهنه بندی خطر زلزله بر اساس مدل فازی محدوده‌ی شهر زنجان

Fig. (20): Earthquake risk zoning map based on the fuzzy model of Zanzan city area

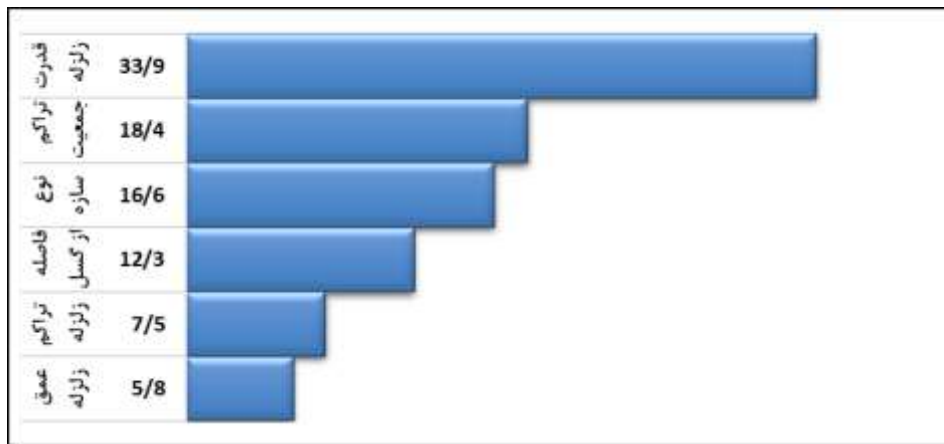
در مدل AHP که در ارتباط با تعیین میزان اهمیت هر کدام از شاخص‌های مربوط به خطر زلزله است. پرسشنامه‌ای طرح گردید که ساختار این پرسشنامه مبتنی بر تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP است و اساس این روش بر مقایسات زوجی استوار است. در این روش وزن هر شاخص با درجه اهمیتی که با مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ معادل شده‌اند به دست می‌آید و پارامترهای استفاده شده در این پرسشنامه شامل: قدرت زلزله‌های رخ داده، عمق زلزله‌های رخ داده، نزدیکی به گسل، شیب زمین، ارتفاع، نوع سازه می‌باشد که در فرایند تکمیل این پرسشنامه حجم جامعه آماری تا سطح اغنا پیش رفت و این جامعه آماری هدفمند انتخاب شده‌اند که شامل ۲۰ نفر از اعضا هیئت علمی و کارشناسان خبره در این زمینه بوده‌اند و میانگین نظر کارشناسان به دست آمد و سپس برای بدست آوردن وزن پارامترها این پارامترها وارد نرم‌افزار Choice Expert شدند و تحلیل و بررسی گردیده‌اند و وزن این پارامترها در نمودار (شکل ۲۱) و (جدول ۴) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول شماره(۴): میانگین نظر کارشناسان جهت وزن‌دهی در مدل AHP

Table (4): The average opinion of experts for weighting in the AHP model

تراکم	نوع	ارتفاع	شیب	قدرت زلزله	عمق زلزله‌های	تراکم زلزله‌های	نزدیکی به	معیارها
جمعیت	سازه	زمین	های رخداده	های رخداده	رخداده	رخداده	گسل	
							۱	نزدیکی به گسل
						۱	۱/۲	تراکم زلزله های رخداده
					۱	۱/۲	۱/۳	عمق زلزله های رخداده
				۱	۷	۵	۳	قدرت زلزله های رخداده
		۱	۱/۸	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۵	شیب زمین

		۱	۱/۲	۱/۹	۱/۴	۱/۴	۱/۶	ارتفاع
	۱	۱/۷	۱/۵	۱/۲	۳	۳	۲	نوع سازه
۱	۲	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۳	۴	۲	تراکم جمعیت



شکل (۲۱): نمودار وزن پارامترها بر اساس نظر کارشناسان

Fig. (21): Parameter weight chart based on experts' opinion

## مطالعه آماری زلزله‌های رخ داده

امروزه در دنیای فارغ از ساختارهای مرزی، سیستم‌های پیچیده و غیرخطی سکونتگاهی شهرها با مخاطرات متعددی روبرو هستند و قابلیت پیش‌بینی پایینی دارند که در این میان، زلزله بارزترین آن‌هاست. زلزله عبارت از شکستگی ناگهانی لایه‌های فوقانی زمین که گاهی شکستن لایه سطحی را در بر دارد و باعث لرزش زمین می‌شود و گاهی تخریب تأسیسات، ساختمان‌ها و دارایی‌ها را توأم با عوارض آن دربردارد (علیخانی، ۱۳۸۷). در منطقه شمال غرب ایران، شهر زنجان در محاصره سه گسل خطرناک زنجان در شمال، سلطانیه در جنوب و گسل بیاتلر در غرب قرار دارد و شهر و شهرستان مذکور به لحاظ پهنه‌بندی خطر زلزله در ایران در محدوده با خطر زیاد قرار گرفته است. زلزله یکی از مهمترین و در عین حال، مخرب‌ترین سانحه طبیعی ناشی از حرکات تکتونیکی است. همانگونه که اشاره شد شهر زنجان و پیرامون آن نیز متأثر از این پدیده و جابجایی گسل‌های اصلی و فرعی متأثر از آن یکی از مناطق زلزله‌خیز کشور محسوب می‌شود. در این بخش به بررسی زلزله‌های رخ داده در شهر تا شعاع ۲۰۰ کیلومتری می‌پردازیم و از لحاظ عمق و قدرت زلزله‌های رخ داده را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در محدوده شهر زنجان و بر اساس بررسی‌های انجام شده از زلزله‌های رخ داده در شعاع ۲۰۰ کیلومتری از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ می‌توان گفت در این محدوده در مجموع ۲۷۶ زلزله رخ داده که کمترین آن از نظر عمق در ۱ کیلومتری زمین بوده و بیشترین آن در عمق ۷۷٫۶ کیلومتری زمین بوده است.

عمق زلزله‌های رخ داده در محدوده شهر زنجان در شعاع ۲۰۰ کیلومتری

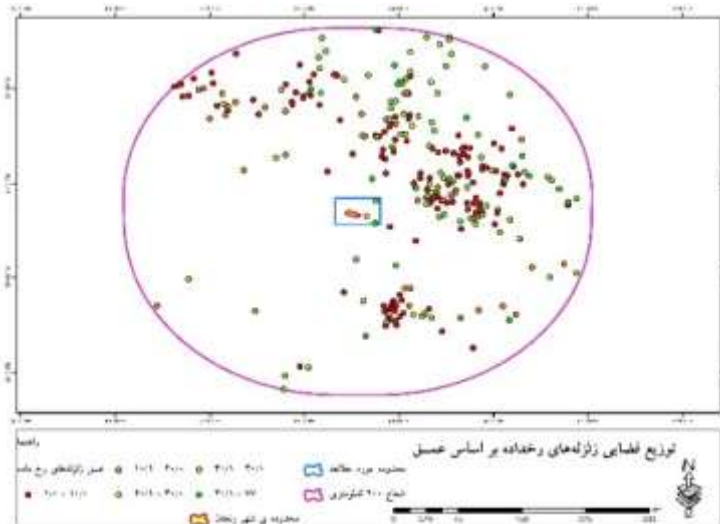
فاصله بین مرکز و کانون زلزله به عمق زلزله معروف است. هر چه عمق زلزله‌ها کمتر باشد خرابی‌های بیشتری دارد. زلزله‌ها معمولاً از عمق ۵ کیلومتری تا عمق ۳۰۰ کیلومتری هم مشاهده شده است. اثرات زلزله‌های با عمق بالای ۳۰۰ کیلومتر بر روی زمین ناچیز است. لرزه‌شناسان دریافته‌اند که تقریباً تمام زمین لرزه‌های با عمق متوسط و عمیق از مناطق دراز گودال‌های اقیانوسی منشأ گرفته‌اند یعنی دقیقاً جایی که صفحه‌ها به زیر رانده می‌شوند. در زلزله‌های کم عمق معمولاً شدت تکان‌ها به سرعت از مرکز زلزله کاهش می‌یابد. باتوجه به نقشه پراکندگی عمق زلزله (شکل ۲۲) و نمودار فراوانی عمق زلزله (شکل ۲۴) محدوده مورد مطالعه ما در نزدیکی وقوع زلزله‌هایی با عمق ۲۰-۴۰ کیلومتری واقع شده است بر اساس جدول زیر که میزان خطر موجود در ارتباط با نزدیکی به کانون‌های عمق زلزله را نشان می‌دهد محدوده مطالعاتی ما در محدوده‌ی با خطر خیلی زیاد تا متوسط قرار

دارد. با توجه به اینکه اکثر زلزله‌های رخ داده در ارتباط با محدوده‌ی مطالعاتی در جهت شرق، شمال شرقی و جنوب شرقی محدوده اتفاق افتاده است لذا بهترین جهت توسعه شهر زنجان با توجه به شاخص عمق زلزله جهت غرب می‌باشد.

میزان قدرت زلزله‌های رخ داده در محدوده شهر زنجان در شعاع ۲۰۰ کیلومتری

در هنگام وقوع زلزله بارها با کلمه مقیاس ریشتر مواجه می‌شویم. شاید کلمه مقیاس مرکالی هم به گوش‌تان رسیده باشد. هر چند که کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دو مقیاس قدرت یک زلزله را از دو جنبه مختلف بیان کنند. از مقیاس ریشتر برای بیان بزرگی یک زمین لرزه یعنی مقدار انرژی آزاد شده طی یک زمین لرزه استفاده می‌شود. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه بزرگی زمین لرزه را از لرزه نگار به دست می‌آورند. مقیاس ریشتر لگاریتمی است یعنی افزایش یک واحد در مقیاس ریشتر نشان دهنده افزایش ده واحدی در دامنه موج است. به عبارت دیگر دامنه موج در زلزله ۶ ریشتری ده برابر دامنه موج زلزله ۵ ریشتری است و دامنه موج ۷ ریشتر ۱۰۰ برابر زلزله ۵ ریشتری است. مقدار انرژی آزاد شده در زلزله ۶ ریشتری ۷,۲۱ برابر زلزله ۵ ریشتری است. قدرت تخریبی یک زلزله علاوه بر قدرت آن به ساختار زمین در منطقه مورد نظر و طراحی و مکان سازه‌های ساخت بشر بستگی دارد. میزان ویرانی‌های به بار آمده را معمولاً با مقیاس مرکالی بیان می‌کنند. دانشمندان می‌توانند درجه مقیاس ریشتر را درست پس از زمین لرزه و زمانی که امکان مقایسه اطلاعات از ایستگاه‌های مختلف زلزله نگاری به وجود آمده، معین کنند. اما درجه مرکالی را نمی‌توان به این سرعت مشخص کرد و لازم است که محققان زمانی کافی برای بررسی اتفاقاتی که حین زمین لرزه روی داده است، در اختیار داشته باشند. هنگامی که تصویر دقیقی از میزان خسارت های وارده به عمل آمد، می‌توان درجه مرکالی مناسب را تخمین زد.

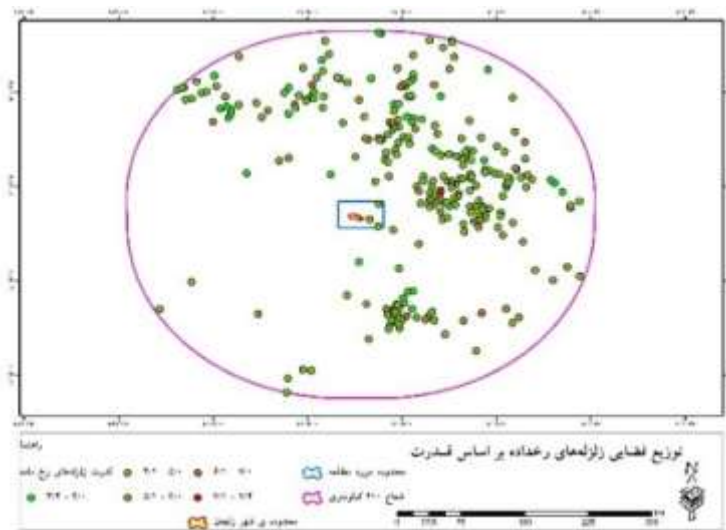
بر اساس بررسی های انجام شده و نقشه‌ی بدست آمده از (شکل ۲۳) و نمودار ارائه شده در نمودار (شکل ۲۵) از پراکندگی قدرت زلزله در شهر زنجان در شعاع ۲۰۰ کیلومتری این شهر و از مجموع زلزله های رخ داده که از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ بوده است مجموعاً ۲۷۶ زلزله به وقوع پیوسته که بیشترین قدرت زلزله ۷,۴ ریشتر بوده و کمترین آن ۳,۴ ریشتر بوده است. در محدوده مطالعاتی و مورد بررسی قدرت زلزله های رخ داده بین ۴ تا ۶ ریشتر بوده است به گونه‌ای که در محدوده مورد بررسی یک مورد زلزله با قدرت ۴ تا ۵ ریشتر و دو مورد زلزله با قدرت ۵ تا ۶ ریشتر رخ داده است که این مقوله نشان‌دهنده واقع شدن محدوده مطالعاتی در محدوده با خطر بالای زلزله می‌باشد. بنابراین به لحاظ قدرت زلزله، محدوده مورد بررسی در محدوده‌ای با قدرت زلزله احتمالی با خطر بالا واقع شده است.



شکل(۲۲): نقشه توزیع فضایی زلزله‌های رخ داده بر اساس عمق

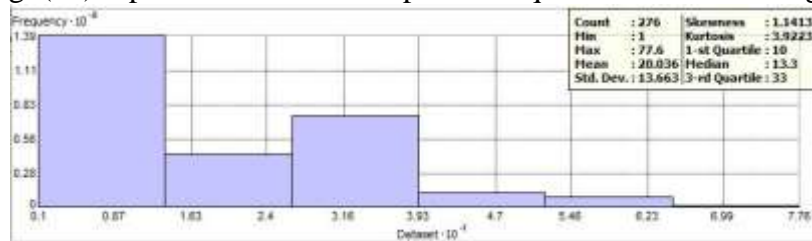
Fig. (22): Spatial distribution map of earthquakes based on depth





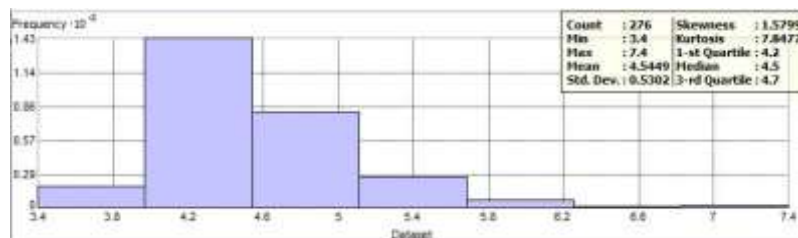
شکل (۲۳): نقشه توزیع فضایی زلزله‌های رخ داده بر اساس قدرت

Fig. (23): Spatial distribution map of earthquakes based on strength



شکل (۲۴): نمودار فراوانی بر اساس عمق

Fig. (24): frequency chart based on depth



شکل (۲۵): نمودار فراوانی بر اساس قدرت

Fig. (25): frequency chart based on power

## ۴- نتیجه گیری

آنچه به عنوان نتایج این پژوهش می‌توان بر آن تأکید کرد در موارد زیر قابل ارائه می‌باشد.

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از داده‌های جمعیتی و مساحت شهر زنجان در طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰ (۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰) ملاحظه می‌گردد که رشد مساحتی شهر زنجان طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ روند افزایشی داشته است به طوری که رشد وسعت مناطق شهری از ۱۷,۵۶ کیلومتر مربع به ۵۰,۶۵ کیلومتر مربع رسیده است و از نظر جمعیتی، رشد جمعیت به طور متوسط بیش از ۲ درصد بوده و همواره در این سال‌ها بر میزان جمعیت شهر زنجان افزوده شده است. در یک نگاه کلی هنگامی که تحول جمعیتی و گسترش و توسعه‌ی شهر زنجان را از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ بررسی می‌کنیم، شاهد آن هستیم که از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ (۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵)، تراکم جمعیت در هر کیلومتر مربع مستمرا کاهش یافته است و در بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵) این روند تقریباً ثابت بوده و در بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ (۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰) یک جهش نسبی در آن دیده می‌شود. گسترش فیزیکی

شهر در ابتدا از روند سریع تری نسبت به رشد جمعیت برخوردار می شود و تراکم شهری را که در سال ۱۹۸۶ حدوداً ۱۲۴۳۳ نفر در هر کیلومتر مربع (۱۲۴ نفر در هکتار) بوده به ۸۶۲۴ نفر در هر کیلومتر مربع (۸۶ نفر در هکتار) در سال ۲۰۰۵ رسیده است که این روند در طی ۱۰ سال بعد تقریباً ثابت بوده و از سال ۱۳۹۵ رشد معکوس خود را آغاز می نماید به گونه ای که در سال ۲۰۲۰ به حدود ۹۰۸۵ نفر در هر کیلومتر مربع (۹۱ نفر در هر هکتار) می رسد که نشان دهنده جلوگیری از رشد بدون ضابطه شهر زنجان در ۱۵ سال اخیر دارد. سیاست های متراکم سازی شهرها نیز یکی از دلایل جلوگیری از گسترش افقی شهرها در سال های اخیر می باشد. -با توجه به بررسی های انجام شده از دو مدل AHP و FUZZY و پارامترهای استفاده شده می توان گفت که محدوده مورد مطالعه از نظر احتمال وقوع خطر زلزله بر اساس مدل AHP، ۱,۴ درصد در پهنه با خطر کم، ۶۵,۲ درصد در پهنه با خطر متوسط و ۳۳,۲ درصد از محدوده در پهنه با خطر زیاد و ۰,۱ درصد از محدوده مورد مطالعه با پهنه خطر بسیار زیاد واقع شده است و بر اساس مدل فازی این نتیجه حاصل شد که ۷۵,۶ درصد از مساحت محدوده در پهنه خطر کم و ۴,۹ درصد از محدوده مورد مطالعه در پهنه با خطر زیاد واقع شده است.

-بر اساس زلزله های رخ داده در محدوده مورد مطالعه تا شعاع ۲۰۰ کیلومتری طی سال های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ از نظر پراکندگی عمق و قدرت ملاحظه گردید که در این محدوده در مجموع ۲۷۶ زلزله رخ داده است که کمترین آن از نظر عمق در ۱ کیلومتری زمین و بیشترین آن در عمق ۷۷,۶ کیلومتری زمین بوده است و همین طور از نظر قدرت بیشترین قدرت زلزله ۷,۴ ریشتر و کمترین آن ۳,۴ ریشتر بوده و میانگین زلزله های رخ داده ۴,۵ ریشتر بوده است. زلزله طارم در تاریخ ۳۱ خرداد سال ۱۳۶۹ با قدرت ۷,۴ ریشتری بوده که در استان زنجان به وقوع پیوسته که به گفته کارشناسان این زلزله جز ۱۰ زلزله مرگبار جهان در ۱۰۰ سال گذشته بوده است. بنابراین به لحاظ قدرت زلزله، محدوده مورد بررسی در محدوده ای با قدرت زلزله احتمالی با خطر بالا واقع شده است.

## ۵-منابع

- Ahdanezhad Roushti, M. (2009). Earthquake Vulnerability Assessment Modeling (Case: Zanzan City), PhD Dissertation in Geography and Urban Planning, University of Tehran. [In Persion]
- Ablaghi, A, Sahrai, AH, (2004). Dilapidated textures in urban and rural settlements and earthquake risk, Haft Shahr Urban Development and Architecture Journal, period 1, Number 17, 30-34. [In Persion]
- Alikhani koushkak, R., (2008). Crisis management with the approach of the role of transportation in crisis conditions, Jahan Jam Jam publishing house. [In Persion]
- Abdi, P., (2007). "Investigation of seismic activities in Zanzan province, Proceedings of the fifth sustainable urban development planning conference with nuclear planning approach". [In Persion]
- Biroudian, N, (2006). Crisis Management, Principles of Safety in Unexpected Events, Mashhad Academic Jihad Publications. [In Persion]
- Dutta, V. (2012). "War on the Dream, How Land use Dynamics and Peri-urban Growth Characteristics of a Sprawling City Devour the Master Plan and Urban Suitability". A Fuzzy.
- Jha, K., Miner, W. Geddes, S. (2012). "Building Urban Resilience: Principles, Tools, and Practice". The world Bank , pp. 155.
- Hall, T. (2006) Urban Geography. Routledge Pub. London. Jose Afonso, M., et al. (2006) Urban hydro geomorphology and geology of the Porto metropolitan area (NW Portugal). IAGE, NO. 92.
- Hosseini, M . (2008). Crisis Management. Tehran Publishing Institute.
- Habibi, Kiyomarth; Javanmardi, Kumar; (1391). Analysis of the instability of urban tissues and zoning the degree of vulnerability against earthquakes using AHP and GIS. Case example: a part of the central core of Sanandaj city. Armanshahr Architecture and Urbanism Journal. Number 11, Autumn and Winter 1992. [In Persion]
- León, J., March, A. (2014). "Urban Morphology as a Tool for Supporting Tsunami Rapid Resilience: A Case Study of Talcahuano", Chile, Habitat International, Volume 43, July 2014, Pages 250–262.
- Management and Planning Organization of Zanzan Province. (2012). Management and Planning Organization of Zanzan Province, Demographic Statistics of Zanzan Province, 2012. [In Persion]
- Mousavand, j. (2011). "Determining the optimal land use in order to reduce the environmental risk of earthquakes in the study area of the 1st region of Tehran" master's thesis in geography and urban planning, Tehran: Tarbiat Moalem University. [In Persion].
- Mallupattu, P.K. and J.R. Sreenivasula Reddy. (2013). Analysis of Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing Data and GIS at an Urban Area, Tirupati, India. The Scientific World, 2013: 1\_7.
- Nozarpour, A., (2008). Editor's Note" Journal of Urban Planning and Management of Municipalities, first year, (5). [In Persion]
- Pumain, Denise. (2006) The Urbanization presses, in Demography : analysis and synthesis : a treatise in population studies / Graziella Caselli, Jacques Vallin, and Guillaume Wunsch ; with contributions by Daniel Courgeau, Volume 2, London: Academic Press.
- Parvin, G.A, Surjan, A., and Rahman, A., show, R. (2016) UrbanRisk, City:10,10 16/B978-0-12-802169-9,00002-1.
- Ruostaei, Shahram; Ahdanjad Roshni, Mohsen; Farrokhi Soumee, Mina. (1898). Investigating the spatial measurement of urban expansion with an emphasis on land use changes using multi-

temporal satellite images (a case study of Urmia), Journal of Geography and Planning, 18(50): 189-206. [In Persian]

Sasanpour, F., Mousavand, j. (2010). The effect of man-made factors in intensifying the consequences of natural hazards in metropolitan environments with the use of fuzzy logic and geographic information system, Applied Sciences Geographical Research Quarterly, Volume 13, Number 16, Spring 2019. [In Persian]

Shamai, Ali et al. (2013), measuring harmful factors in a region of Tehran city using GIS, Geography and Planning Journal, year 17, number 43, spring 2013, pp. 122-93.

Taheri, gh,. (2002). Evaluating the physical development model of Ramshiro city and presenting its appropriate model. Master's thesis on urban planning, Faculty of Literature and Humanities, University of Sistan and Baluchistan. [In Persian]

United Nations Climate Change Conference (COP21). (2015). "Climate Change and Natural Disasters Displace Millions". Affect Migration Flows. December 10, Paris. available on: <http://www.migrationpolicy.org/article>.

Yikang Rui (2013), Urban Growth Modeling Based on Land-use Changes and Road Network Expansion, Doctoral Thesis in Geodesy and Geoinformatics with Specialization in Geoinformatics Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2013.

### ***Evaluation of the urban leap of areas prone to city development with an emphasis on earthquake risk (case study: Zanzan city)***

#### **Abstract**

Urban growth and development and changes in urban land use are inseparable parts of planning for sustainable development. The current research intends to evaluate the urban growth and leap for Zanzan city from the time dimension and spatial distribution based on the natural earthquake risk. For this purpose, using Landsat series satellite images, urban land use maps for the years 1986 to 2020 were evaluated and maps of land use changes in Zanzan city were obtained. In the next stage, considering the importance of earthquakes in Zanzan city, the number of earthquakes that occurred in the study area up to a radius of 200 kilometers was investigated using GIS software, and in the final stage, using two models, AHP and FUZZY, and using from the important parameters such as depth, strength, distance from the epicenter, slope, height and type of building structures, earthquake risk zoning maps were obtained in the city limits. The type of research in this research is applied and descriptive-analytical in terms of method and nature. The final results show that the area growth of Zanzan city during the years 1986 to 2020 has had an increasing trend (more than two hundred percent), so that the growth of urban areas has reached from 17.56 square kilometers to 50.65 square kilometers. Also, the results The result of the statistical study of earthquakes shows that in the last hundred years, 276 earthquakes occurred within a radius of 200 km of Zanzan city, the lowest of which was 3.4 on the Richter scale, and the highest of which was 7.4 on the Richter scale, and the average earthquakes were The data was 4.5 Richter. Based on the maps produced by AHP and FUZZY models, the studied area is located in a high risk zone in terms of the probability of earthquake

occurrence. The most suitable direction for the development of Zanjan city is towards the south and southwest.

**Keywords:** Zanjan, Urban development, AHP, Earthquake, FUZZY.