Vol.13, No.4, Winter 2024, pp.222-243 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI:10.22067/geoeh.2022.74930.1160 Open access

# Spatial and temporal analysis of earthquakes in Iran During the years 1907 to 2023

**Hamid Ganjaeian***

*PhD in Geomorphology, University of Tehran, Tehrn, Iran*

***Received: 11 March 2024*** ***Revised: 13 May 2024*** ***Accepted: 21 May 2024***

**Extended Abstract**

## Introduction

The geological situation of Iran and the presence of active faults have resulted in frequent earthquakes occurring in Iran every year. In some cases, large earthquakes have caused significant human and financial losses. Earthquake risk has always been a major concern due to the substantial damage it can cause, but unfortunately, no method has yet been developed to accurately predict the time of its occurrence. This challenge has led to the adoption of statistical methods for approximate earthquake prediction. Given the importance of earthquakes and Iran's high seismic potential, this research focuses on the spatial and temporal analysis of earthquakes that have occurred in Iran. As no comprehensive studies have been conducted on earthquake spatial and temporal analysis, the purpose of this research is to assess the earthquake situation in Iran and identify high-risk areas. Additionally, another aim of this research is to address questions and rumors about the timing of earthquakes at different hours of the day and night. To achieve these objectives, the analysis uses data on earthquake epicenters recorded in Iran between the years 1286 to 1402 (1907 to 2023).

## Material and Methods

This research is based on quantitative methods. The key datasets include the SRTM 30-meter digital elevation model, a digital layer of Iran's faults, and information about earthquake epicenters recorded in Iran from 1286 to 1402 (1907 to 2023), sourced from the USGS website. The primary research tools are ArcGIS (for map preparation) and

* . Email: h.ganjaeian@ut.ac.ir Tel:+989186074070

**How to cite this Article:** Ganjaeian, H (2024). Spatial and temporal analysis of earthquakes in Iran During the years 1907 to 2023. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 13(4), 222-243.

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

SPSS (for data analysis). According to the research objectives, the study was conducted in two main stages. In the first stage, after gathering statistical data on earthquake epicenters, the spatial analysis of earthquakes was performed by examining magnitude, political divisions, and proximity to major faults. In the second stage, temporal analysis was conducted by evaluating earthquakes across different months and times of the day and night.

**Discussion and Results**

In this research, earthquakes that occurred in Iran from 1286 to 1402 were analyzed. The results revealed that during the study period, 7139 earthquakes with a magnitude greater than 3 Richter were recorded in Iran, including 12 earthquakes exceeding 7 Richter. This indicates that, on average, an earthquake with a magnitude greater than 7 occurs approximately once every 10 years. The spatial analysis of earthquakes based on political divisions showed that the highest number of earthquake centers were located in the provinces of Hormozgan, Fars, and Kerman, where 1187, 1175, and 796 earthquakes with magnitudes greater than 3 Richter were recorded, respectively. Conversely, the provinces of Alborz, Markazi, and Qom recorded the lowest number of earthquake centers, with 4, 8, and 11 centers, respectively.

The spatial analysis of earthquakes in relation to major faults indicated that the highest earthquake density occurred near the Zagros fault and the Kazeroon fault. Additionally, experts observed that earthquakes with magnitudes greater than 6 Richter were more frequently associated with these faults.

**Conclusion**

The results of the spatial analysis of earthquakes showed that, in terms of quantity and the number of earthquake foci, the southwestern regions of the country have the highest seismic potential. However, regarding high-magnitude earthquakes (7 Richter), the eastern and northwestern regions of the country exhibit the highest potential. The results also indicate that while the Zagros fault has caused numerous earthquakes, the Nayband fault has played a significant role in high-magnitude earthquakes. Temporal analysis was also conducted, showing that the majority of earthquakes occurred during the months of May and April, with a general decrease in earthquake frequency from May to February. Analysis of the time of occurrence revealed that the highest number of earthquakes occurred between 24:00 and 6:00, while the fewest occurred between 6:00 and 12:00. Overall, earthquake frequency increased from early afternoon until midnight and decreased thereafter until noon. The findings suggest that the early hours of the morning, along with the months of May and April, exhibit the highest earthquake frequency.

**Keywords**: Earthquake Risk Zoning, Seismic Hazard Analysis, Spatial and Temporal Earthquake Analysis, Active Faults, Zagros and Nayband Faults.

ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076 جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، ص ۲۴۳-۲۲۲

نشریه علمی
جغرافیا و مخاطرات محیطی

مقاله پژوهشی DOI: 10.22067/geoeh.2024.87246.1470 دسترسی آزاد

# تحلیل مکانی و زمانی زمین‌لرزه‌های ایران در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳

**حمید گنجائیان[۱]- دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران**

تاریخ **دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱ تاریخ بازنگری:۱۴۰۳/۲/۲۴ تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۳/۱**

## چکیده

موقعیت زمین‌ساختی ایران سبب شده است تا این کشور پتانسیل لرزه‌خیزی بالایی داشته باشد. با توجه به اینکه زمین‌لرزه با خسارات جانی و مالی زیادی همراه است و مطالعه در این زمینه دارای اهمیت بالایی است، در این پژوهش به تحلیل مکانی و زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران پرداخته شده است. این پژوهش بر مبنای روش‌های کمی است. مهم‌ترین داده‌های پژوهش، لایه رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، لایه رقومی گسل‌های ایران و همچنین اطلاعات مربوط به کانون زمین‌لرزه‌های ثبت شده در ایران در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳ (۱۴۰۲-۱۲۸۶) است که از سایت USGS تهیه شده است. مهم‌ترین ابزارهای پژوهش ArcGIS و SPSS بوده است. با توجه به اهداف مورد نظر، در این پژوهش ابتدا به آنالیز مکانی و سپس آنالیز زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، در طی دوره زمانی موردمطالعه، ۷۱۳۹ زمین‌لرزه با بزرگای بیش از ۳ ریشتر در ایران ثبت شده است که ۱۲ زمین‌لرزه بیش از ۷ ریشتر بزرگا داشته‌اند (بر این اساس حدوداً هر ۱۰ سال یک‌بار شاهد یک زمین‌لرزه بیش از ۷ ریشتری در ایران بوده‌ایم). نتایج آنالیز مکانی و تحلیل فضایی زمین‌لرزه‌های رخ داده نشان داده است که از نظر کمی و تعداد کانون‌های زمین‌لرزه، مناطق جنوب غربی کشور دارای بیش‌ترین پتانسیل لرزه‌خیزی هستند ولی از نظر زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالای ۷ ریشتر، مناطق شرقی و شمال غربی کشور دارای پتانسیل بالاتری هستند. همچنین مناطق مرکزی کشور، خصوصاً مناطق مجاور شهر اصفهان، دارای کم‌ترین پتانسیل لرزه‌خیزی هستند. نتایج آنالیز زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده نیز نشان داده است که بیش‌ترین تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده مربوط به ماه‌های فروردین و اردیبهشت و ساعات اولیه بامداد بوده است.

[۱]. نویسنده مسئول : ۰۹۱۸۶۰۷۴۰۷۰

Email: h.ganjaeian@ut.ac.ir

**کلیدواژه‌ها:** منطقه‌بندی خطر زلزله ، تحلیل خطر لرزه‌ای ، تحلیل مکانی و زمانی زلزله، گسل‌های فعال، گسل‌های زاگرس و نایبند.

**۱-مقدمه**

موقعیت جغرافیایی ایران سبب شده است تا این کشور پتانسیل زیادی از نظر وقوع مخاطرات طبیعی داشته باشد و به همین دلیل جزء کشورهای پرمخاطره دنیا محسوب می‌شود (Ganjaeian, 2019). یکی از مخاطراتی که ایران را همواره تهدید کرده است، مخاطره زمین‌لرزه یا زلزله است (Bodenmann, Reuland & Stojadinovic, 2023; Aloisio, Rosso, De Leo, Fragiacomo & Basi, 2023). سرزمین ایران به‌عنوان بخشی از زون فعال زمین‌ساختی آلپ – هیمالیا در طول زمان تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی زیادی قرارگرفته است که پیدایش رشته‌کوه‌های زاگرس، مکران، البرز و کپه داغ در فلات ایران در اثر زیر راندگی صفحات عربستان - اقیانوس هند از لندفرم‌های منتج از این همگرایی است (Goorabi & Emami, 2018). با توجه به موقعیت زمین‌ساختی فلات ایران، این فلات با ناآرامی‌های زیادی مواجه است (Agha Nabati, 2004). درواقع، سرزمین ایران طرح پیچیده‌ای از مجموعهٔ پوسته‌ها و قطعات زمین‌ساختی است که از نگاه نوزمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی، ویژگی‌های خاصی دارد و دارای پوسته‌ای به‌شدت خرد شده و تکتونیزه است و در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی فعالیت‌های کوهزایی عمده‌ای را پشت سر گذاشته است (Roustaee, Zamani, Navabpour & Moayyed, 2015). جنبش‌های طبقات زمین در امتداد این گسل‌ها با تغییرات عمده محیطی در مناطق همراه بوده است که تغییرات ناشی از آن‌ها، تا زمان حاضر نیز ادامه داشته است (McCalpin, 2013). در حال حاضر، تنش‌های فشارشی ناشی از بازشدگی دریای سرخ و گسترش اقیانوس هند موجب جابه‌جایی و تغییر شکل متفاوت پوسته و صفحات قاره‌ای ایران شده، درنتیجه، فعالیت‌های جوان زمین‌ساختی و تغییرات و تأثیرات متقابل قطعات زمین‌ساختی برهم، که متأثر از ساختارهای حاصل از فازهای زمین‌ساختی قدیمی‌تر است، زمینه ایجاد جنبایی گسل‌های قدیمی و پیدایش گسل‌های جدید و در نتیجه پتانسیل – لرزه‌خیزی بالای ایران شده است (Payandeh, Servati & Shafiei, 2018).

موقعیت زمین‌ساختی ایران و وجود گسل‌های فعال سبب شده است تا هرساله شاهد وقوع زمین‌لرزه‌های متعددی در ایران باشیم و در بعضی از مواقع نیز زمین‌لرزه‌های با بزرگای زیاد سبب وارد آوردن خسارات جانی و مالی زیادی شده‌اند. مخاطره زمین‌لرزه به دلیل اینکه با خسارات جانی و مالی زیادی همراه است، همواره موردتوجه قرار گرفته است ولی متأسفانه تاکنون روشی برای پیش‌بینی دقیق زمان وقوع آن پیدا نشده است و همین مسئله سبب شده است تا به‌منظور پیش‌بینی تقریبی آن اغلب از روش‌های آماری استفاده شود (Giannaraki, Kassaras, Roumelioti, Kazantzidou-Firtinidou & Ganas, 2019; Tang, Zhu, Ba, Lee & Gong, 2023). با توجه به اهمیت موضوع زمین‌لرزه و پتانسیل بالای لرزه‌خیزی ایران، در این پژوهش به

آنالیز مکانی و زمانی زمین‌لرزه‌های رخ‌داده در ایران پرداخته شده است. با توجه به اینکه در مورد زمین‌لرزه‌های رخ‌داده و آنالیز مکانی و زمانی آن‌ها، مطالعات جامعی صورت نگرفته است، هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت زمین‌لرزه‌های رخ‌داده در ایران و شناسایی مناطق در معرض مخاطره زمین‌لرزه است. همچنین یکی دیگر از اهداف پژوهش، پاسخ به سؤالات و شایعات در مورد زمان وقوع زمین‌لرزه در ساعات مختلف شبانه‌روز است که در این پژوهش به آن پرداخته شده است. با توجه به موارد مذکور، در این پژوهش به‌منظور آنالیز مکانی و زمانی زمین‌لرزه‌های رخ‌داده در ایران از اطلاعات مربوط کانون‌های زمین‌لرزه‌های رخ‌داده در طی سال‌های ۱۲۸۶ تا ۱۴۰۲ (۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳) استفاده شده است.

در ارتباط با موضوع موردمطالعه، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که ازجمله آن‌ها می‌توان به وانگ و همکاران (Wang, Huang, Chang & Wu, 2014) اشاره کرد که به تجزیه‌وتحلیل زمین‌لرزه‌های رخ داده در تایوان در یک دوره زمانی ۱۱۰ ساله پرداخته است. بوسارد (Bossard, 2014) به تجزیه‌وتحلیل زمین‌لرزه‌های رخ داده در ژاپن با استفاده از توزیع پواسون پرداخته است و همچنین وانگ و چانگ (Wang & Chang, 2015) نیز با استفاده از توزیع پواسون، به تجزیه‌وتحلیل زمین‌لرزه‌های رخ داده در تایوان پرداخته‌اند. اومی و همکاران (Omi, Ogata, Hirata & Aihara, 2013) به آنالیز مکانی و زمانی پس‌لرزه‌ها و ارتباط آن‌ها با زمین‌لرزه اصلی در ژاپن پرداختند. دیاس و همکاران (Dias, Papa & Ferreira, 2019) به تجزیه‌وتحلیل زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه کالیفرنیا پرداختند. یانگ و همکاران (Yang et al., 2023) به آنالیز مکانی زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه زلزله‌زده سیچوان چین پرداختند. زمانی و اسدی (Zamani & Asadi, 2005) به آنالیز رقومی الگوی لرزه‌خیزی چند منطقه زلزله‌خیز در ایران پرداختند. هاشمی و علی‌محمدی سراب (Hashemi & Ali Mohammadi Sarab, 2010) به بررسی الگوهای زمانی- مکانی در داده‌های مربوط به زمین‌لرزه‌های تاریخی ایران با استفاده از شاخص‌های و مدل‌های آمار فضایی پرداختند. رستمی و همکاران (Rostami, Hashemi & Ahmadi, 2017) به تحلیل آماری الگوی زمانی زمین‌لرزه در زون زاگرس پرداختند. رجبی و رضاپور (Rajabi & Rezapour, 2019) به تحلیل پس‌لرزه‌های زمین‌لرزه هجدک استان کرمان در سال ۱۳۹۶ پرداختند. زندی و همکاران (Zandi, Zanganeh & Moghadam, 2019) به ارزیابی، مدل‌سازی و پیش‌بینی توسعه شهری نیشابور با تأکید بر زلزله پرداختند. ساکت و فاطمی عقدا (Saket, Fatemi Aqda, Fahimifar & Sadeghi, 2020) به تحلیل و روندیابی پس‌لرزه‌ها و پیش‌لرزه‌های زمین‌لرزه زهان خراسان جنوبی در آذرماه سال ۱۳۹۱ پرداختند. مرادی و همکاران (Moradi, Amir Ahmadi, Goli Mokhtari & Zandi, 2022) به مطالعه آماری و ارزیابی عوامل مؤثر در تشدید زلزله در غرب استان کرمانشاه پرداختند. تحریری و صفاری (Tahriri & Safari, 2023) به بررسی تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای لرزه‌خیزی در امتداد سامانه گسلی درونه پرداختند. در راستای تکمیل تحقیقات پیشین، هدف از این پژوهش، آنالیز مکانی و زمانی زمین‌لرزه-

های رخ داده در ایران است. درواقع، نوآوری تحقیق حاضر این است که بر خلاف تحقیقات پیشین که فقط به بررسی زمین‌لرزه‌های رخ داده در یک دوره و در یک منطقه خاص پرداخته شده است، در این پژوهش تمامی زمین‌لرزه‌های ثبت شده در طی دوره زمانی ۱۱۶ ساله مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته شده است. همچنین در تحقیقات پیشین، به وضعیت زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده توجه نشده است، درحالی‌که در این پژوهش آنالیز زمانی زمین‌لرزه‌های ثبت شده نیز انجام شده است.

**۲-روش تحقیق**

این پژوهش بر مبنای روش‌های کمی است. مهم‌ترین داده‌های پژوهش، لایه رقومی گسل‌های ایران و همچنین اطلاعات مربوط به کانون زمین‌لرزه‌های ثبت شده در ایران در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳ (۱۴۰۲-۱۲۸۶) است که از سایت USGS تهیه شده است. مهم‌ترین ابزارهای پژوهش ArcGIS (به‌منظور تهیه نقشه-های مورد نظر) و SPSS (به‌منظور آنالیز اطلاعات) بوده است. با توجه به اهداف مورد نظر، این پژوهش در دو مرحله کلی انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

**مرحله اول (آنالیز مکانی زمین‌لرزه‌های ایران):** در این مرحله پس از تهیه اطلاعات آماری مربوط به کانون‌های زمین‌لرزه، به‌منظور آنالیز مکانی زمین‌لرزه‌های رخ داده، ابتدا به تجزیه‌وتحلیل زمین‌لرزه‌های رخ داده از نظر بزرگا پرداخته شده است و سپس موقعیت مکانی زمین‌لرزه‌های رخ داده بر مبنای تقسیمات سیاسی و همچنین موقعیت آن‌ها نسبت به گسل‌های اصلی پرداخته شده است. همچنین در ادامه با استفاده از روش تحلیل فضایی فاصله اقلیدوسی[1]، نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لرزه در ایران تهیه شده است. در روش فاصله اقلیدوسی کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه بر طبق رابطه فیثاغورث، محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که در این بخش، نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لرزه هم بر مبنای تمامی زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۳ ریشتر و هم بر مبنای زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۶ ریشتر تهیه شده است.

**مرحله دوم (آنالیز زمانی زمین‌لرزه‌های ایران):** در این مرحله به‌منظور آنالیز زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده، به تجزیه‌وتحلیل زمین‌لرزه‌های رخ داده در طی ماه‌های مختلف و همچنین ساعات مختلف شبانه‌روز پرداخته شده است.

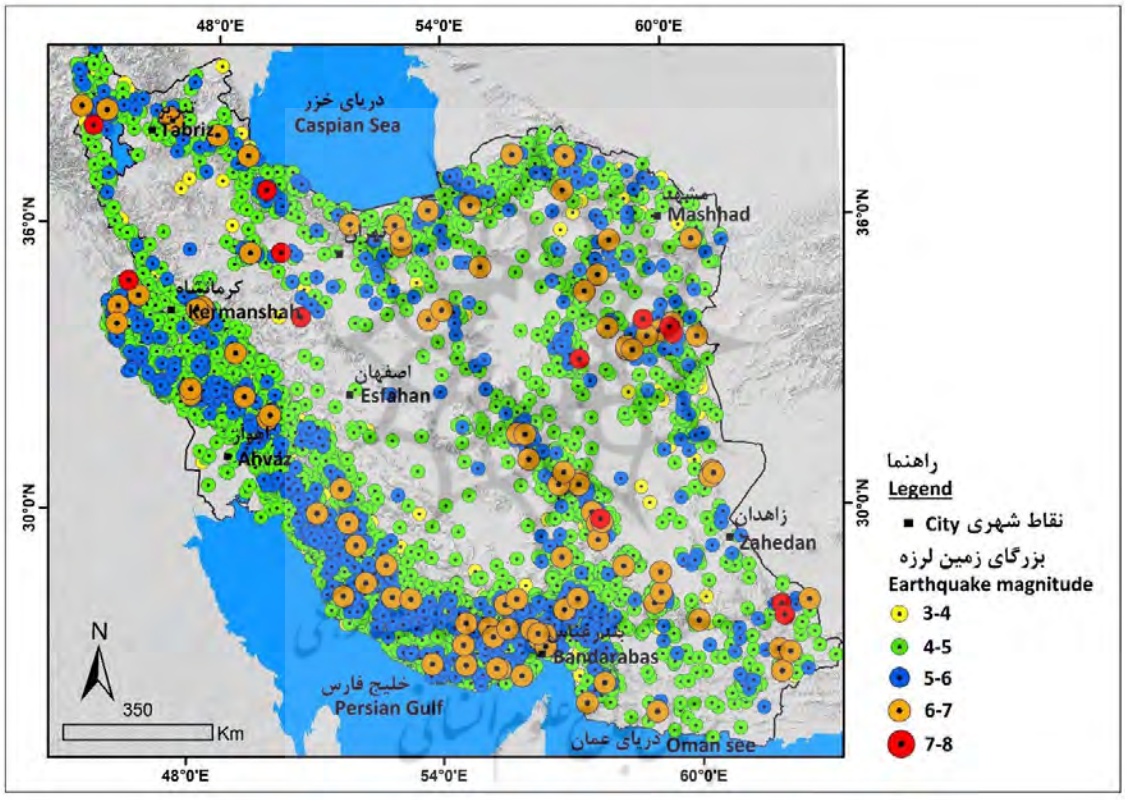
**۳-نتایج**

**۳-۱-آنالیز مکانی زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران**

**الف) وضعیت کلی زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران**

1 . Euclidean Distance

موقعیت زمین‌شناسی ایران سبب پتانسیل بالای لرزه‌خیزی آن شده است. مطالعه صورت گرفته نشان داده است که ایران ازجمله ده کشور لرزه‌خیز دنیا محسوب می‌شود. نتایج آنالیز زمین‌لرزه‌های ثبت شده در ایران در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳ (۱۴۰۲-۱۲۸۶) نشان داده است که در ایران ۷۱۳۹ زمین‌لرزه با بزرگای بیش از ۳ ریشتر ثبت شده است. آنالیز مکانی زمین‌لرزه‌های ثبت شده نشان داده است که بخش زیادی از این زمین‌لرزه‌ها در نوار زاگرس ازجمله در حدفاصل شهرهای اهواز تا بندرعباس رخ داده است و مناطق مجاور شهر اصفهان دارای کم‌ترین تعداد کانون‌های زمین‌لرزه بوده است (شکل ۱). در ادامه به پراکنش مکانی زمین‌لرزه‌های رخ داده بر اساس ریشتر پرداخته شده است.




**شکل ۱- نقشه کانون زمین‌لرزه‌های ایران در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳**

**Fig.1**. Map of the epicenter of earthquakes in Iran during the years 1907 to 2023

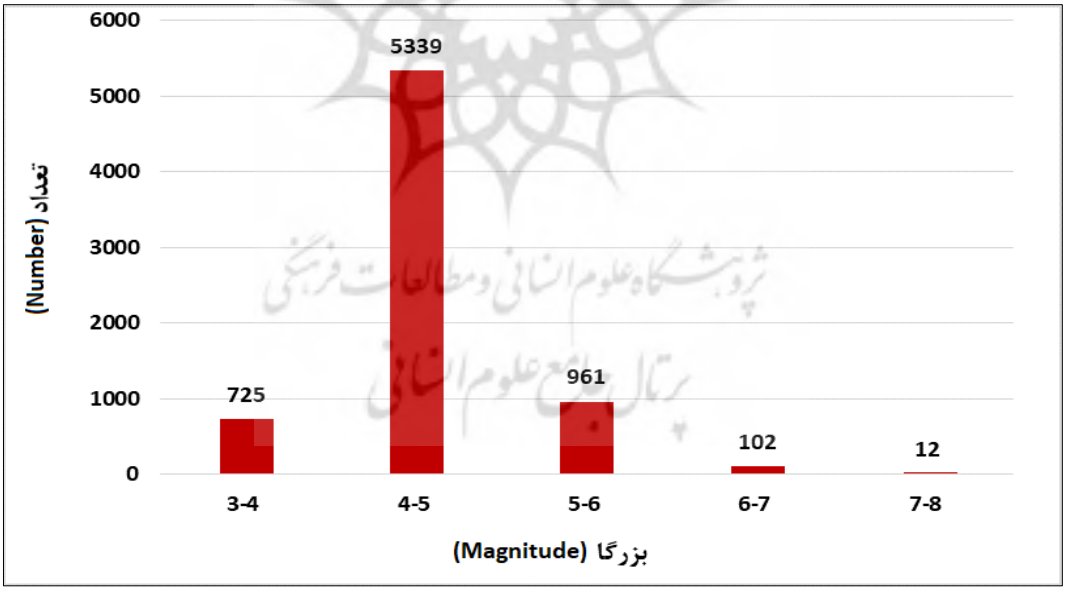
نتایج آنالیزهای صورت گرفته در این بخش نشان داده است (جدول ۱ و شکل ۲) که بخش زیادی از زمین-لرزه‌های ثبت شده دارای بزرگای بین ۴ تا ۵ ریشتر بوده است (حدود ۷۵ درصد از زمین‌لرزه‌های رخ داده). همچنین ۱۲ زمین‌لرزه نیز دارای بزرگای بیش از ۷ ریشتر بوده است (حدود ۰/۲ درصد از زمین‌لرزه‌های رخ داده) که با توجه به دوره زمانی موردمطالعه می‌توان گفت که حدوداً هر ۱۰ سال یک‌بار، یک زمین‌لرزه با

بزرگای بیش از ۷ ریشتر در ایران رخ داده است. نکته قابل‌توجه در این بخش، موقعیت مکانی زمین‌لرزه‌های بالای ۷ ریشتر بوده است که برخلاف سایر زمین‌لرزه‌ها، بیش‌ترین پراکنش آن‌ها مربوط به مناطق شرقی و شمال غربی کشور بوده است، درحالی‌که زمین‌لرزه‌ها با بزرگای کم‌تر، در مناطق جنوبی غربی کشور دارای بیش‌ترین میزان تراکم بوده‌اند؛ بنابراین می‌توان گفت که از نظر کمی و تعداد کانون‌های زمین‌لرزه، مناطق جنوب غربی کشور دارای بیش‌ترین پتانسیل لرزه‌خیزی هستند ولی از نظر زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالای ۷ ریشتر، مناطق شرقی و شمال غربی کشور دارای بالاترین پتانسیل هستند.

**جدول ۱- تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران به تفکیک ریشتر در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳**

**Table 1**- Number of earthquakes that occurred in Iran by Richter magnitude during the years 1907 to 2023

| 7-8 | 6-7 | 5-6 | 4-5 | 3-4 | بزرگا Magnitude |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 102 | 961 | 5339 | 725 | تعداد Number |
| 0/2 | 1/4 | 13/5 | 74/8 | 10/2 | درصد percent |

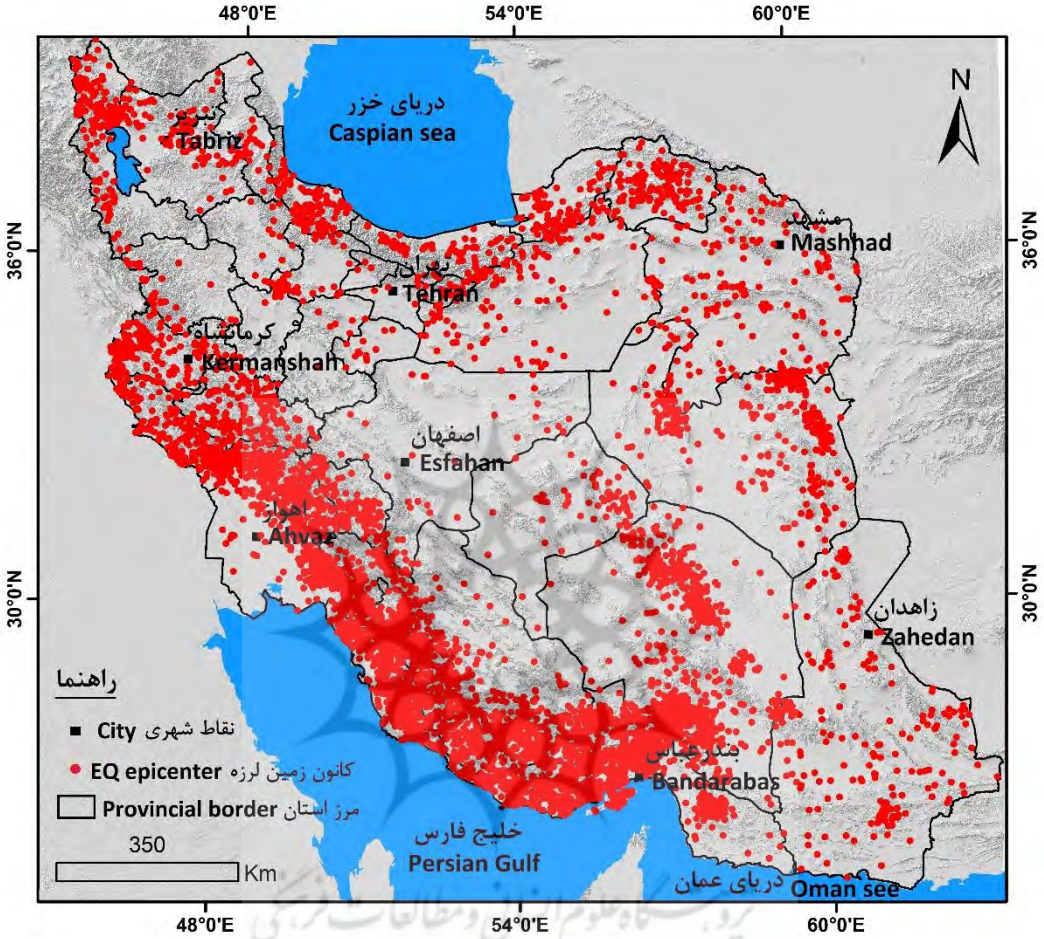



**شکل ۲- نمودار تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران به تفکیک ریشتر در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳**

**Fig.2**. Diagram of the number of earthquakes that occurred in Iran by Richter magnitude during the years 1907 to 2023

**ب) وضعیت تراکم کانون‌های زمین‌لرزه بر مبنای تقسیمات سیاسی**

وضعیت زمین‌شناسی ایران و پراکنش خطوط گسل اصلی آن سبب شده است تا پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در مناطق مختلف آن یکسان نباشد. بر این اساس در این بخش به بررسی وضعیت تراکم کانون‌های زمین‌لرزه بر مبنای تقسیمات سیاسی پرداخته شده است (شکل ۳).




**شکل ۳- نقشه وضعیت توزیع کانون‌های زمین‌لرزه بر مبنای تقسیمات سیاسی**

**Fig.3.** Map of the distribution of earthquake epicenters based on political divisions

بررسی وضعیت پراکنش کانون‌های زمین‌لرزه در استان‌های مختلف کشور نشان داده است که بیش‌ترین تعداد کانون‌های زمین‌لرزه مربوط به استان‌های هرمزگان، فارس و کرمان بوده است به‌طوری‌که در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳ در این استان‌ها به ترتیب ۱۱۸۷، ۱۱۷۵ و ۷۹۶ زمین‌لرزه با بزرگای بیش از ۳ ریشتر ثبت شده است. همچنین کم‌ترین تعداد کانون‌های زمین‌لرزه به ترتیب با ۴، ۸ و ۱۱ کانون، مربوط به استان‌های البرز، مرکزی و قم بوده است (جدول ۲ و شکل ۴).

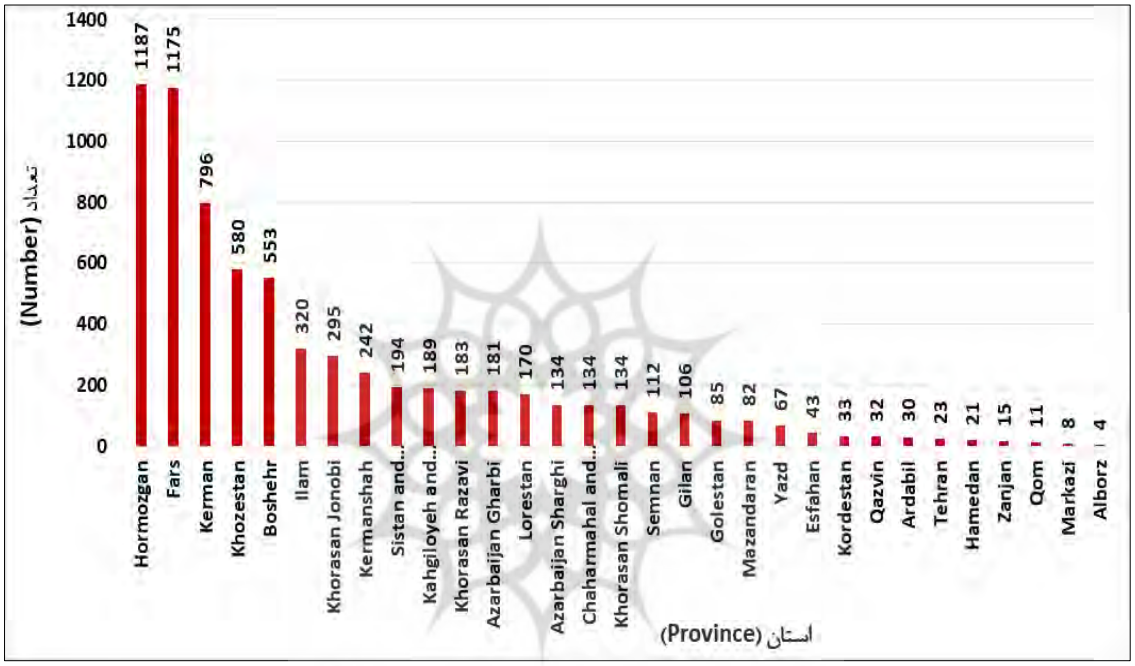
**جدول ۲- تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده به تفکیک استان‌های کشور**

**Table 2-** Number of earthquakes that occurred by province of the country

| ردیف Row | استان Province | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7 > | مجموع Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | آذربایجان غربی (Azarbaijan Gharbi) | 11 | 139 | 28 | 2 | 1 | 181 |
| 2 | آذربایجان شرقی (Azarbaijan Sharghi) | 17 | 96 | 19 | 2 | 0 | 134 |
| 3 | اردبیل (Ardabil) | 5 | 21 | 3 | 1 | 0 | 30 |
| 4 | اصفهان (Esfahan) | 2 | 36 | 5 | 0 | 0 | 43 |
| 5 | البرز (Alborz) | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 6 | ایلام (Ilam) | 15 | 258 | 45 | 2 | 0 | 320 |
| 7 | بوشهر (Boshehr) | 64 | 439 | 49 | 1 | 0 | 553 |
| 8 | تهران (Tehran) | 2 | 19 | 2 | 0 | 0 | 23 |
| 9 | چهارمحال و بختیاری (Chaharmahal and Bakhtiary) | 12 | 106 | 16 | 0 | 0 | 134 |
| 10 | خراسان جنوبی (Khorasan Jonobi) | 28 | 210 | 46 | 8 | 3 | 295 |
| 11 | خراسان رضوی (Khorasan Razavi) | 14 | 122 | 41 | 5 | 1 | 183 |
| 12 | خراسان شمالی (Khorasan Shomali) | 12 | 106 | 14 | 2 | 0 | 134 |
| 13 | خوزستان (Khozestan) | 50 | 470 | 57 | 3 | 0 | 580 |
| 14 | زنجان (Zanjan) | 2 | 13 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 15 | سمنان (Semnan) | 7 | 86 | 16 | 3 | 0 | 112 |
| 16 | سیستان و بلوچستان (Sistan and Balochestan) | 7 | 139 | 37 | 9 | 2 | 194 |
| 17 | فارس (Fars) | 170 | 835 | 160 | 10 | 0 | 1175 |
| 18 | قزوین (Qazvin) | 0 | 24 | 6 | 1 | 1 | 32 |
| 19 | قم (Qom) | 0 | 6 | 5 | 0 | 0 | 11 |
| 20 | کردستان (Kordestan) | 4 | 25 | ۴ | 0 | 0 | 33 |
| 21 | کرمان (Kerman) | 94 | 588 | 98 | 15 | 1 | 796 |
| 22 | کرمانشاه (Kermanshah) | 9 | 196 | 30 | 6 | 1 | 242 |
| 23 | کهگیلویه و بویراحمد (Kahgiloyeh and boyerahmad) | 16 | 145 | 26 | 2 | 0 | 189 |
| 24 | گلستان (Golestan) | 4 | 63 | 16 | 2 | 0 | 85 |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 106 | 1 | 1 | 16 | 86 | 2 | گیلان (Gilan) | 25 |
| 170 | 0 | 1 | 17 | 139 | 13 | لرستان (Lorestan) | 26 |
| 82 | 0 | 5 | 12 | 595 | 6 | مازندران (Mazandaran) | 27 |
| 8 | 1 | 0 | 2 | 3 | 2 | مرکزی (Markazi) | 28 |
| 1187 | 1 | 19 | 174 | 840 | 154 | هرمزگان (Hormozgan) | 29 |
| 21 | 0 | 0 | 3 | 18 | 0 | همدان (Hamedan) | 30 |
| 67 | 0 | 2 | 12 | 50 | 3 | یزد (Yazd) | 31 |

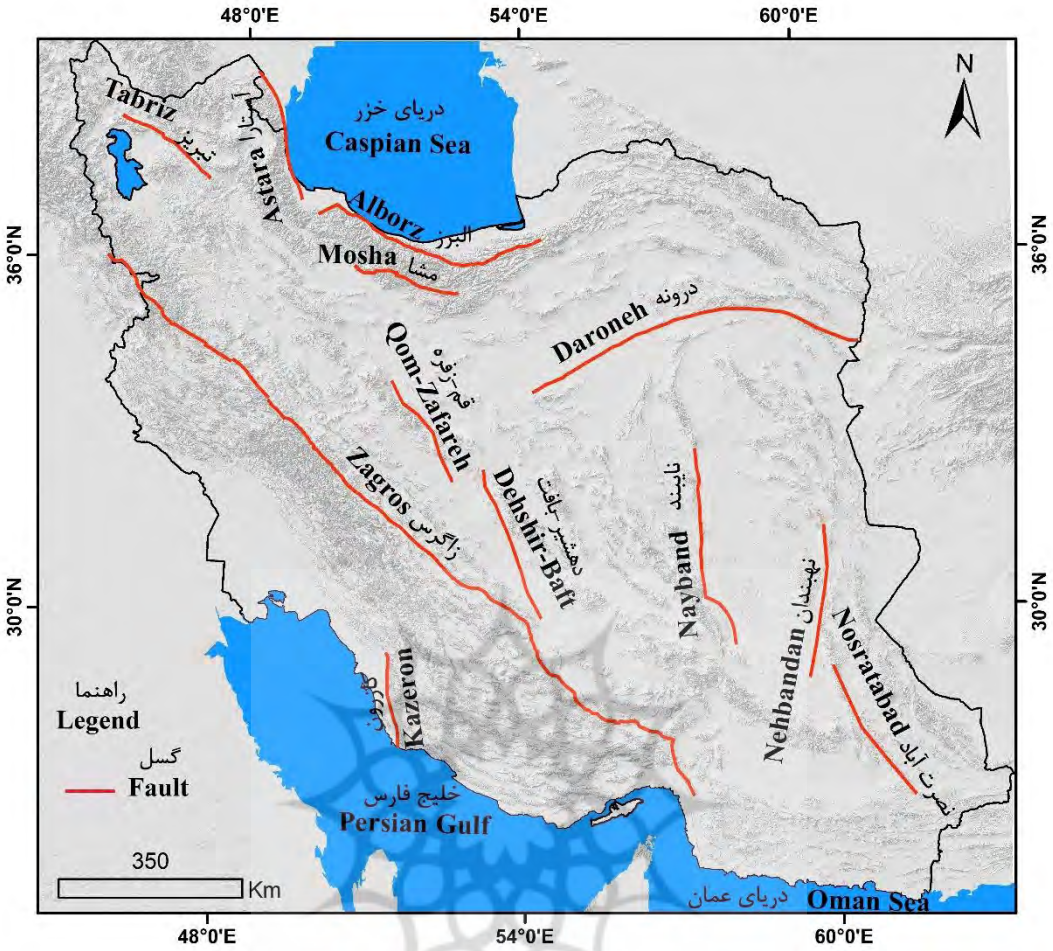



**شکل ۴- نمودار تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده به تفکیک استان‌های کشور**

**Fig.4.** Diagram of the number of earthquakes that occurred by province of the country

### ج) وضعیت تراکم کانون‌های زمین‌لرزه در مجاورت خطوط گسل اصلی

با توجه به اینکه دلیل اصلی زمین‌لرزه، فعالیت گسل‌هاست، در این بخش به بررسی وضعیت پراکنش کانون‌های زمین‌لرزه در مجاورت گسل‌های اصلی ایران و سپس آنالیز مکانی آن‌ها پرداخته شده است. به‌منظور انجام این کار، ابتدا نقشه موقعیت ۱۲ گسل اصلی ایران تهیه شده است (شکل ۵) و سپس موقعیت کانون زمین‌لرزه‌های ثبت شده در حریم ۱۰۰ کیلومتری این گسل‌ها استخراج شده است. پس از استخراج کانون‌های زمین‌لرزه، به تشریح وضعیت مکانی کانون‌های زمین‌لرزه در حریم هر گسل پرداخته شده است.




**شکل ۵- نقشه موقعیت گسل‌های اصلی ایران**

**Fig.5**. Map of the location of Iran's main faults

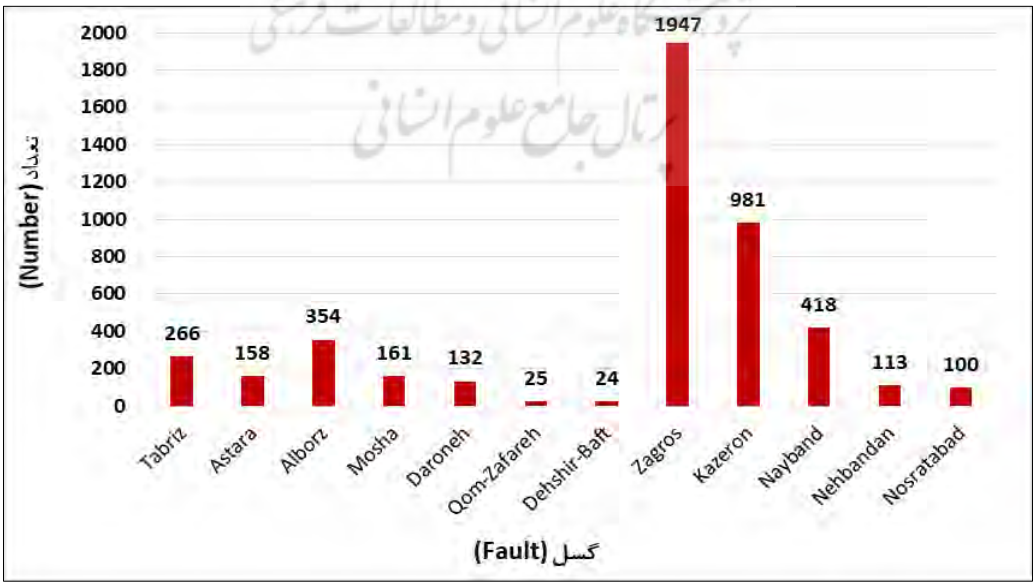
بر اساس نتایج حاصله (جدول ۳ و شکل ۶)، در طی دوره زمانی موردمطالعه، ۲۶۶ زمین‌لرزه در حریم گسل تبریز، ۱۵۸ زمین‌لرزه در حریم گسل آستارا، ۳۵۴ زمین‌لرزه در حریم گسل البرز، ۱۶۱ زمین‌لرزه در حریم گسل مشا، ۱۳۲ زمین‌لرزه در حریم گسل درونه، ۲۵ زمین‌لرزه در حریم گسل قم –زفره، ۲۴ زمین‌لرزه در حریم گسل دهشیر–بافت، ۱۹۴۷ زمین‌لرزه در حریم گسل زاگرس، ۹۸۱ زمین‌لرزه در حریم گسل کازرون، ۴۱۸ زمین‌لرزه در حریم گسل نایبند، ۱۱۳ زمین‌لرزه در حریم گسل نهبندان و ۱۰۰ زمین‌لرزه در حریم گسل نصرت‌آباد رخ داده است. نتایج آنالیز زمین‌لرزه‌های رخ داده نشان داده است که بالاترین تراکم زمین‌لرزه در مجاورت گسل اصلی زاگرس و گسل کازرون رخ داده است. همچنین از نظر بزرگا، درصد وقوع زمین‌لرزه–های با بزرگای بیش از ۶ ریشتر در حریم گسل نایبند بیش از سایر گسل‌ها بوده است. با توجه به موارد

مذکور می‌توان گفت که گسل اصلی زاگرس سبب وقوع زمین‌لرزه‌های زیادی شده است ولی گسل نایبند نقش مهمی در وقوع زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالا داشته است.

**جدول ۳- تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در شعاع ۱۰۰ کیلومتری گسل‌های اصلی کشور**

**Table 3-** Number of earthquakes occurring within a 100 km radius of the country's main faults

| ردیف Row | بزرگا Magnitude | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | مجموع Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | تبریز (Tabriz) | 27 | 193 | 40 | 5 | 1 | 266 |
| 2 | آستارا (Astara) | 9 | 124 | 22 | 2 | 1 | 158 |
| 3 | البرز (Alborz) | 16 | 281 | 49 | 7 | 1 | 354 |
| 4 | مشا (Mosha) | 11 | 120 | 25 | 4 | 1 | 161 |
| 5 | درونه (Daroneh) | 3 | 93 | 29 | 7 | 0 | 132 |
| 6 | قم_زفره (Qom-Zafareh) | 1 | 18 | 5 | 0 | 1 | 25 |
| 7 | دهشیر_بافت (Dehshir-Baft) | 2 | 18 | 4 | 0 | 0 | 24 |
| 8 | زاگرس (Zagros) | 204 | 1457 | ۲۵۹ | ۲۶ | 1 | 1947 |
| 9 | کازرون (Kazeron) | 115 | 749 | 112 | 5 | 0 | 981 |
| 10 | نایبند (Nayband) | 42 | 319 | 45 | 10 | 2 | 418 |
| 11 | نهبندان (Nehbandan) | 7 | 77 | 24 | 5 | 0 | 113 |
| 12 | نصرت‌آباد (Nosratabad) | 5 | 70 | 20 | 5 | 0 | 100 |



**شکل ۶- نمودار تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در شعاع ۱۰۰ کیلومتری گسل‌های اصلی کشور**

**Fig.6.** Graph of the number of earthquakes occurring within a 100 km radius of the country's main faults

**۳-۲-آنالیز زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران**

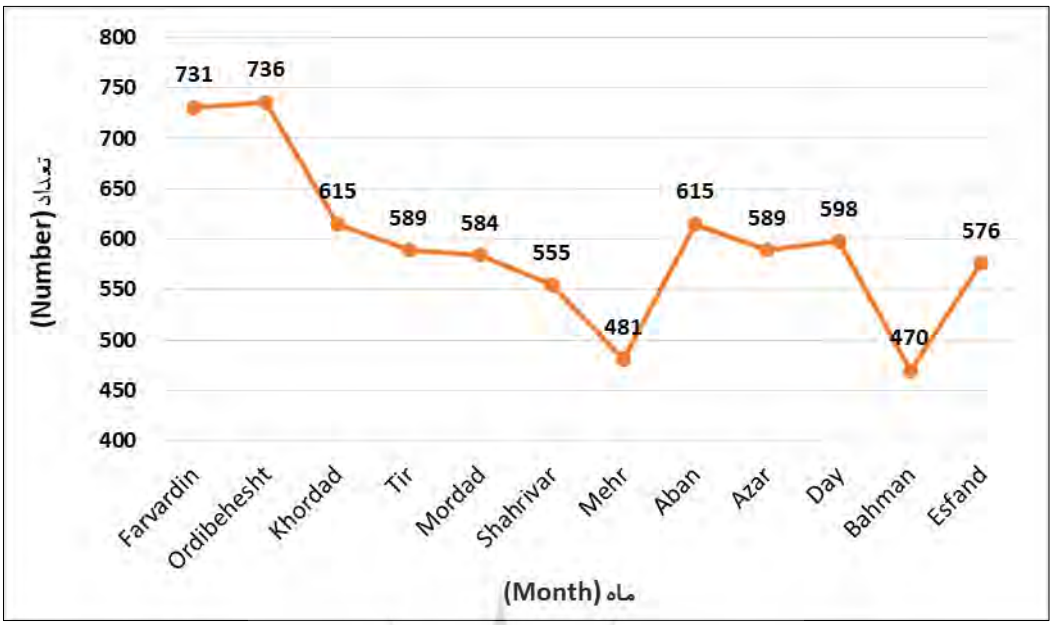
**الف) آنالیز زمین‌لرزه‌های رخ داده در طی ماه‌های مختلف**

در این پژوهش علاوه بر آنالیز مکانی زمین‌لرزه‌های ثبت شده، به آنالیز زمانی آن‌ها نیز پرداخته شده است. اهمیت بررسی این موضوع به دلیل بررسی تأثیر عوامل مختلفی مانند وضعیت اقلیمی، خشکسالی و غیره بر وضعیت زمین‌لرزه‌ها بوده است. همچنین از نتایج آنالیز این بخش می‌توان در برنامه‌ریزی‌های مختلف قبل از زمین‌لرزه ازجمله اسکان موقت و غیره استفاده کرد. نتایج حاصله از آنالیز زمین‌لرزه‌های ثبت شده در ماه‌های مختلف نشان داده است که ماه‌های اردیبهشت و فروردین به ترتیب با ۷۳۶ و ۷۳۱ زمین‌لرزه، دارای بیش‌ترین تعداد زمین‌لرزه ثبت شده بوده‌اند. همچنین کم‌ترین تعداد زمین‌لرزه نیز به ترتیب با ۴۷۰ و ۴۸۱ زمین‌لرزه مربوط به ماه‌های بهمن و مهر بوده است (جدول ۴). با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که در یک روند کلی، ماه‌های اردیبهشت و فروردین دارای بیش‌ترین تعداد زمین‌لرزه بوده‌اند و سپس تعداد زمین‌لرزه‌ها تا ماه بهمن دارای روند کاهشی است (شکل ۷).

**جدول ۴- تعداد و درصد زمین‌لرزه‌های رخ داده در ماه‌های مختلف سال در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳**

**Table 4-** Number and percentage of earthquakes occurring in different months of the year during the years 1907-2023

| درصد percent | مجموع Total | 7-8 | 6-7 | 5-6 | 4-5 | 3-4 | ماه Month |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10/2 | 731 | 2 | 12 | 97 | 530 | 90 | فروردین (Farvardin) |
| 10/3 | 736 | 2 | 8 | 99 | 538 | 89 | اردیبهشت (Ordibehesht) |
| 8/6 | 615 | 1 | 7 | 72 | 475 | 60 | خرداد (Khordad) |
| 8/3 | 589 | 0 | 10 | 78 | 458 | 43 | تیر (Tir) |
| 8/2 | 584 | 1 | 7 | 91 | 441 | 44 | مرداد (Mordad) |
| 7/8 | 555 | 3 | 10 | 98 | 390 | 54 | شهریور (Shahrivar) |
| 6/7 | 481 | 0 | 3 | 62 | 362 | 54 | مهر (Mehr) |
| 8/6 | 615 | 1 | 11 | 74 | 484 | 45 | آبان (Aban) |
| 8/3 | 589 | 1 | 11 | 79 | 437 | 61 | آذر (Azar) |
| 8/4 | 598 | 0 | 5 | 85 | 451 | 57 | دی (Day) |
| 6/6 | 470 | 1 | 5 | 54 | 364 | 46 | بهمن (Bahman) |
| 8/1 | 576 | 0 | 13 | 72 | 409 | 82 | اسفند (Esfand) |




**شکل ۷- نمودار تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در ماه‌های مختلف سال در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳**

**Fig.7.** Graph of the number of earthquakes occurring in different months of the year during the years 1907-2023

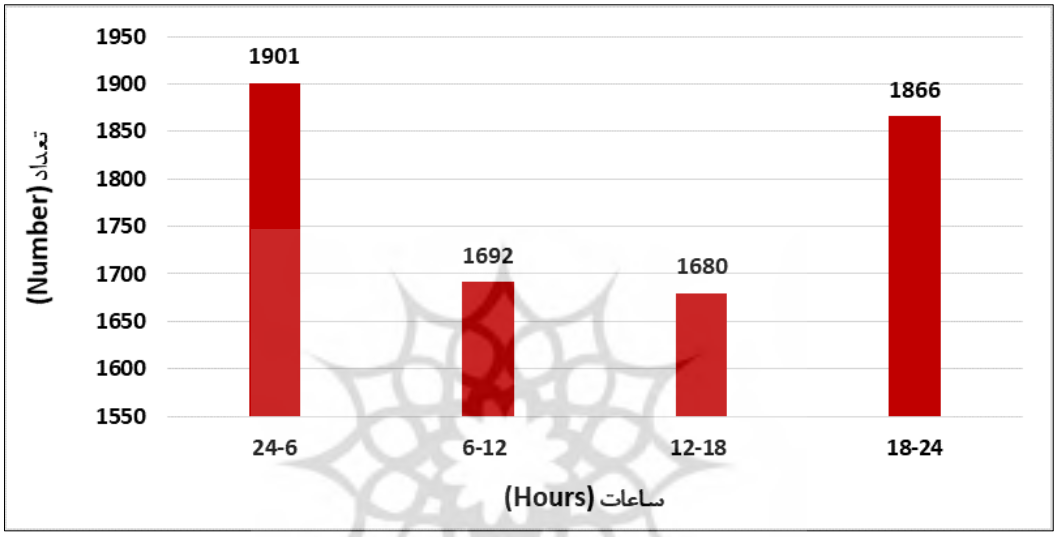
**ب) آنالیز زمین‌لرزه‌های ایران در طی ساعات مختلف شبانه‌روز**

ساعت وقوع زمین‌لرزه از نظر میزان خسارات خصوصاً خسارات جانی بسیار حائز اهمیت است. به‌طور-معمول، زمین‌لرزه‌هایی که در شب رخ می‌دهند، با خسارات جانی زیادی همراه هستند. همچنین در خصوص ساعات وقوع زمین‌لرزه نیز شایعات و سؤالات زیادی وجود دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این بخش به بررسی فراوانی زمین‌لرزه‌های ثبت شده در ساعات مختلف شبانه‌روز پرداخته شده است که برای این منظور، ابتدا به بررسی تعداد زمین‌لرزه‌ها رخ داده در ساعات ۲۴ تا ۶، ۶ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱۸ و ۱۸ تا ۲۴ پرداخته شده است. مجموع نتایج حاصله از این بخش نشان داده است که تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در ساعات مختلف شبانه‌روز دارای تفاوت محسوسی بوده است. بر اساس نتایج حاصله، بیش‌ترین تعداد زمین‌لرزه‌های ثبت شده با ۱۹۰۱ مورد مربوط به ساعات ۲۴ تا ۶ بوده است و بعد از آن نیز با ۱۸۶۶ مورد مربوط به ساعات ۱۸ تا ۲۴ بوده است (جدول ۵ و شکل ۸). بر این اساس می‌توان گفت که ۳۷۶۷ زمین‌لرزه در شب رخ داده است که معادل ۵۲/۸ درصد از کل زمین‌لرزه‌های ثبت شده بوده است. با توجه به موارد ذکر شده، تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در شب بیش از زمین‌لرزه‌های رخ داده در طول روز بوده است.

**جدول ۵- تعداد و درصد زمین‌لرزه‌های رخ داده در طول شبانه‌روز**

**Table 5**- Number and percentage of earthquakes occurring during the day

| ساعات | 24-6 | 6-12 | 12-18 | 18-24 |
|---|---|---|---|---|
| تعداد زمین‌لرزه Number of earthquakes | 1901 | 1692 | 1680 | 1866 |
| درصد percent | 26/6 | 23/7 | 23/5 | 26/1 |




**شکل ۸- تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در طول شبانه‌روز**

**Fig.8.** Number of earthquakes occurring during the day

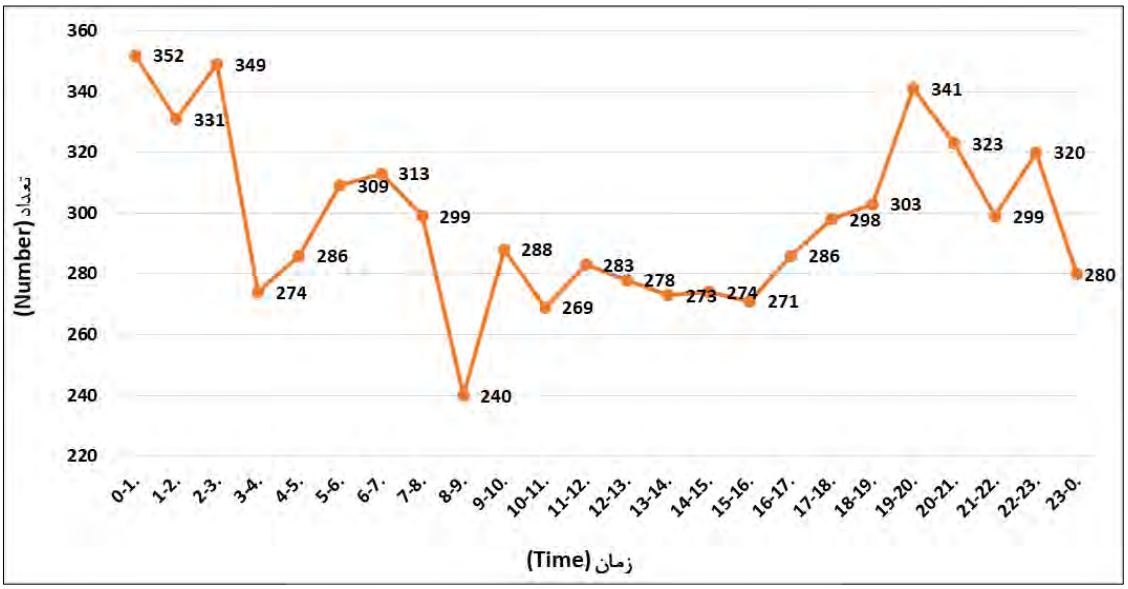
علاوه بر بررسی زمین‌لرزه‌های ثبت شده در کلاس‌های مختلف، در این بخش به بررسی تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در هر ساعت از شبانه‌روز پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، بیش‌ترین تعداد زمین‌لرزه با ۳۵۲ مورد مربوط به ساعت ۲۴ تا ۱ بوده است و بعد از آن نیز با ۳۴۹ و ۳۴۱ مورد به ترتیب مربوط به ساعات ۲ تا ۳ و ۱۹ تا ۲۰ بوده است. همچنین کم‌ترین تعداد زمین‌لرزه با ۲۴۰ مورد مربوط به ساعت ۸ تا ۹ بوده است و بعد از آن به ترتیب با ۲۶۹ و ۲۷۱ مورد مربوط به ساعات ۱۰ تا ۱۱ و ۱۵ تا ۱۶ بوده است (جدول ۶). با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که در ساعات اولیه بامداد بیش‌ترین تعداد زمین‌لرزه و در ساعات اولیه صبح نیز کم‌ترین تعداد زمین‌لرزه رخ داده است (شکل ۹).

**جدول ۶- تعداد و درصد زمین‌لرزه‌های رخ داده در ساعات مختلف شبانه‌روز در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳**

**Table 6-** Number and percentage of earthquakes occurring at different times of the day during the years 1907-2023

| ردیف | زمان | تعداد | درصد |
|---|---|---|---|
| **Row** | **Time** | **Number** | **percent** |
| 1 | 0(24)-1 | 352 | 4/9 |
| 2 | 1-2 | 331 | 4/6 |
| 3 | 2-3 | 349 | 4/9 |
| 4 | 3-4 | 274 | 3/8 |
| 5 | 4-5 | 286 | 4 |
| 6 | 5-6 | 309 | 4/3 |
| 7 | 6-7 | 313 | 4/4 |
| 8 | 7-8 | 299 | 4/2 |
| 9 | 8-9 | 240 | 3/4 |
| 10 | 9-10 | 288 | 4 |
| 11 | 10-11 | 269 | 3/8 |
| 12 | 11-12 | 283 | 4 |
| 13 | 12-13 | 278 | 3/9 |
| 14 | 13-14 | 273 | 3/8 |
| 15 | 14-15 | 274 | 3/8 |
| 16 | 15-16 | 271 | 3/8 |
| 17 | 16-17 | 286 | 4 |
| 18 | 17-18 | 298 | 4/2 |
| 19 | 18-19 | 303 | 4/2 |
| 20 | 19-20 | 341 | 4/8 |
| 21 | 20-21 | 323 | 4/5 |
| 22 | 21-22 | 299 | 4/2 |
| 23 | 22-23 | 320 | 4/5 |
| 24 | 23-24 | 280 | 3/9 |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

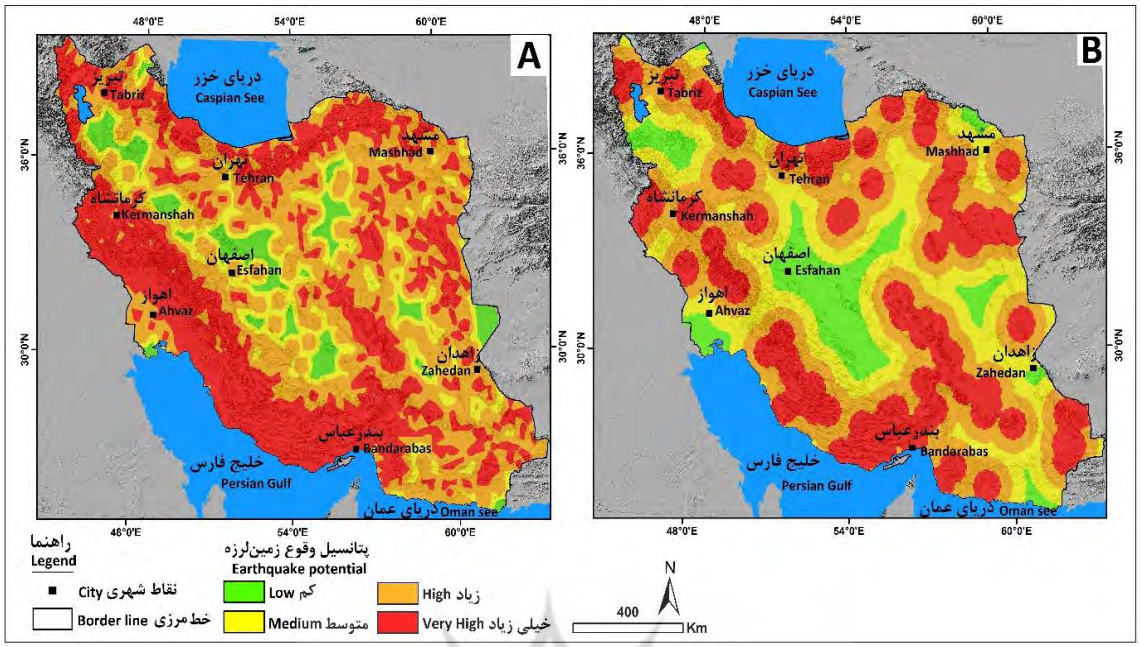



**شکل ۹- تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در ساعات مختلف شبانه‌روز در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳**

**Fig.9.** Number of earthquakes occurring at different times of the day during the years 1907-2023

## ۴-بحث

موقعیت زمین‌شناسی ایران سبب شده است تا بخش‌های زیادی از آن در معرض مخاطره زمین‌لرزه باشد. نتایج حاصله از این پژوهش نشان داده است که بعضی از مناطق دارای پتانسیل لرزه‌خیزی بیش‌تری هستند و همچنین بعضی از مناطق نیز در معرض زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۶ ریشتر قرار دارند. در این بخش بر مبنای زمین‌لرزه‌های ثبت شده، با استفاده از روش تحلیل فضایی فاصله اقلیدوسی، نقشه‌های پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لرزه در ایران تهیه شده است. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۳ ریشتر (شکل ۱۰: A)، مناطق جنوب غربی کشور، منطبق بر ارتفاعات زاگرس دارای بالاترین پتانسیل لرزه-خیزی هستند و بعد از آن نیز نوار شمالی کشور دارای بالاترین پتانسیل هستند. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۶ ریشتر (شکل ۱۰: B)، بخش‌های زیادی از کشور، خصوصاً مناطق شرقی و شمالی کشور، در معرض وقوع زمین‌لرزه قرار دارند. همچنین بر اساس نقشه‌های تهیه شده، مناطق مرکزی کشور، خصوصاً مناطق مجاور شهر اصفهان، دارای کم‌ترین پتانسیل لرزه‌خیزی هستند.




**شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لرزه در ایران A) با بزرگای بیش از ۳ ریشتر B) با بزرگای بیش از ۶ ریشتر**

**Fig.10**. Earthquake risk zoning map in Iran A) Magnitude greater than 3 on the Richter scale B) Magnitude greater than 6 on the Richter scale

در این پژوهش همچنین وضعیت پراکنش زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران ارزیابی شد. مجموع نتایج حاصله نشان داده است که ساعات اولیه بامداد و همچنین ماه‌های اردیبهشت و فروردین، دارای بیش‌ترین فراوانی زمین‌لرزه بوده‌اند. البته لازم به ذکر است که بر خلاف بسیاری از شایعاتی که گفته می‌شود زمین‌لرزه-ها در شب رخ می‌دهند، نتایج این پژوهش نشان داده است که اختلاف خیلی زیادی بین زمین‌لرزه‌های رخ داده در شب (۵۲/۸ درصد) و زمین‌لرزهای رخ داده در روز (۴۷/۲ درصد) وجود نداشته است.

## ۵-نتیجه‌گیری

در این پژوهش زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران در طی سال‌های ۱۲۸۶ تا ۱۴۰۲ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله، در طی دوره زمانی موردمطالعه، ۷۱۳۹ زمین‌لرزه با بزرگای بیش از ۳ ریشتر در ایران ثبت شده است که ۱۲ زمین‌لرزه بیش از ۷ ریشتر بزرگا داشته‌اند (بر این اساس حدوداً هر ۱۰ سال یک بار شاهد یک زمین‌لرزه بیش از ۷ ریشتری در ایران بوده‌ایم). نتایج آنالیز مکانی زمین‌لرزه‌های رخ داده نشان داده است که از نظر کمی و تعداد کانون‌های زمین‌لرزه، مناطق جنوب غربی کشور دارای بیش‌ترین پتانسیل لرزه‌خیزی هستند ولی از نظر زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالای ۷ ریشتر، مناطق شرقی و شمال غربی کشور دارای بالاترین پتانسیل هستند. نتایج آنالیز زمین‌لرزه‌های رخ داده بر اساس تقسیمات سیاسی نشان داده

است که بیش‌ترین تعداد کانون‌های زمین‌لرزه مربوط به استان‌های هرمزگان، فارس و کرمان بوده است به‌طوری‌که در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳ در این استان‌ها به ترتیب ۱۱۸۷، ۱۱۷۵ و ۷۹۶ زمین‌لرزه با بزرگای بیش از ۳ ریشتر ثبت شده است. همچنین کم‌ترین تعداد کانون‌های زمین‌لرزه به ترتیب با ۴، ۸ و ۱۱ کانون، مربوط به استان‌های البرز، مرکزی و قم بوده است. نتایج آنالیز مکانی زمین‌لرزه نسبت به گسل‌های اصلی نیز نشان داده است که بالاترین تراکم زمین‌لرزه در مجاورت گسل اصلی زاگرس و گسل کازرون رخ داده است. همچنین از نظر بزرگا، درصد وقوع زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۶ ریشتر در حریم گسل نایبند بیش از سایر گسل‌ها بوده است. با توجه به موارد مذکور می‌توان گفت که گسل اصلی زاگرس سبب وقوع زمین‌لرزه‌های زیادی شده است ولی گسل نایبند نقش مهمی در وقوع زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالا داشته است. همچنین نتایج حاصله از تحلیل فضایی زمین‌لرزه‌های رخ داده نشان داده است که مناطق جنوب غربی کشور دارای بالاترین پتانسیل لرزه‌خیزی و مناطق مرکزی کشور، خصوصاً مناطق مجاور شهر اصفهان، دارای کم‌ترین پتانسیل لرزه‌خیزی هستند. در این پژوهش همچنین به آنالیز زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده نیز پرداخته شد. نتایج حاصله از آنالیز زمانی زمین‌لرزه در ماه‌های مختلف نشان داده است که بیش‌ترین زمین‌لرزه‌ها در طی ماه‌های اردیبهشت و فروردین بوده است و در یک روند کلی، تعداد زمین‌لرزه‌ها از ماه اردیبهشت تا ماه بهمن دارای روند کاهشی بوده است. همچنین نتایج آنالیز زمین‌لرزه‌های ثبت شده نشان داده است که بیش‌ترین تعداد زمین‌لرزه‌ها در طی ساعات ۲۴ تا ۶ بوده است و کم‌ترین آن در طی ساعات ۶ تا ۱۲ بوده است و در یک روند کلی، تعداد زمین‌لرزه‌ها از ساعات اولیه ظهر تا ساعات ۲۴ دارای روند افزایشی و از ساعت ۲۴ تا ظهر دارای روند کاهشی بوده است. مجموع نتایج حاصله نشان داده است که ساعات اولیه بامداد و همچنین ماه‌های اردیبهشت و فروردین، دارای بیش‌ترین فراوانی زمین‌لرزه بوده‌اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## References

Agha Nabati, S. A. (2004). *Geology of Iran*. Tehran: Publications of the Geology and Mineral Exploration Organization of the Country. [In Persian]

Aloisio, A., Rosso, M. M., De Leo, A. M., Fragiacomo, M., & Basi, M. (2023). Damage ll ssii fittt inn fftrr tee 9999 AAAii la rrr taaaa ee iii gg mll timmmll liii ttic rrrr ssii nn nnd neural network. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 96, 103959. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103959

Bodenmann, L., Reuland, Y., & Stojadinovic, B. (2023). Dynamic post-earthquake updating of regional damage estimates using Gaussian Processes. *Reliability Engineering & System Safety*, 234,109201. https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109201

Bossard, A. (2014). Analysis of the Poisson distribution applicability to the Japanese seismic activity. *International Journal of Data Science, 3*(1), 1- 18. https://doi.org/10.1504/IJDS.2018.090627

Dias, V. H. A., Papa, A. R. R., & Ferreira, D. S. R. (2019). Analysis of temporal and spatial distributions between earthquakes in the region of California through Non-Extensive Statistical Mechanics and its limits of validity. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 529, 121471. https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121471

Ganjaeian, H. (2019). *Geomorphological hazards of urban areas, study methods and control strategies*. Entebbe Publishing. [In Persian]

Giannaraki, G., Kassaras, I., Roumelioti, Z., Kazantzidou-Firtinidou, D., & Ganas, A. (2019). Correction to: Deterministic seismic risk assessment in the city of Aigion (W. Corinth Gulf, Greece) and juxtaposition with real damage due to the 1995 Mw6.4 earthquake. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17, 635–636. https://doi.org/10.1007/s10518-018-0487-5

Goorabi, A., & Emami, K. (2018). Neotectonics influences on morphological variations of Makran costal basins, SE Iran. *Quantitative Geomorphological Research*, *6*(1), 74-89. [In Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1396.6.1.5.2

Hashemi, M., & Ali-Mohammadi Sarab, A. (2010). Investigating spatial-temporal patterns in data related to historical earthquakes in Iran, using spatial statistics indices and models. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, 2(2), 55-70. [In Persian] https://gisj.sbu.ac.ir/article_94494.html

McCalpin, J. P. (2013). Neotectonics. In: Bobrowsky, P.T. (eds) *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_252

Moradi, H., Amir Ahmadi, A., Goli Mokhtari, L., & Zandi, R. (2022). Statistical study and evaluation of effective factors in earthquake intensification based on GWR and OLS models (Study area: West of Kermanshah province). *Journal of Arid Regions Geographic Studies, 12*(46), 76-92. [In Persian] https://jargs.hsu.ac.ir/article_161556.html?

Omi, T., Ogata, Y., Hirata, Y., & Aihara, K. (2013). Forecasting large aftershocks within one day after the main shock. *Scientific reports*, *3*(1), 2218. https://doi.org/10.1038/srep02218

Payandeh, Z., Servati, M., & Shafiei, F. (2018). Evaluation activities Neotectonics using geomorphic indicators (case study: Northwest Kabirkuh anticline). *Quantitative Geomorphological Research*, *4*(4), 104-118. [In Persian] https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22519424.1395.4.4.7.0

Rajabi, Z., & Rezapour, M. (2019). *Analysis of aftershocks of the December 1, 2017 Hajdak earthquake in Kerman Province*. Paper presented of the 7th National Conference on Tectonics and Structural Geology of Iran, University of Tehran. [In Persian] https://tsg7.ut.ac.ir/paper?manu=38896

Rostami, S., Hashemi, S. N., & Ahmadi, M. (2017). Statistical Analysis of the Temporal Pattern of Seismicity in the Zagros Region. *Bulletin of Earthquake Science and Engineering*, *4*(2), 1-14. [In Persian] http://www.bese.ir/article_240315.html

Roustaee, M., Zamani, B., Navabpour, P., & Moayyed, M. (2015). Investigation of the mechanism and neotectonics of the Siah Cheshmeh- Khoy fault zone. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, *24*(96), 221-234. [In Persian] https://doi.org/10.22071/gsj.2015.41768

Saket, A., Fatemi Aqda, S. M., Fahimifar, A., & Sadeghi, H. (2020). Analysis and routing of basic parameters of foreshocks and aftershocks in Zohan earthquake, 2012 in south khorasan. *Journal of Engineering Geology*, *14*(4), 635-668. [In Persian] http://dx.doi.org/10.52547/jeg.14.4.635

Tahriri, M. H., & Saffari, H. (2023). Temporal and spatial changes in the seismicity parameters along Doruneh fault system. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, *33*(3), 85-96. [In Persian] https://doi.org/10.22071/gsj.2023.387658.2068

Tang, Y., Zhu, Z., Ba, Z., Lee, V.W., & Gong, W. (2023). Running safety assessment of trains considering post-earthquake damage state of bridge–track system. *Engineering Structures*, *287*, 116187. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116187

Wang, J. P., & Chang, S. C. (2015). Evidence in support of seismic hazard following Poisson distribution. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *424*, 207-216. http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2015.01.026

Wang, J. P., Huang, D., Chang, S. C., & Wu, Y. M. (2014). New evidence and perspective to the Poisson process and earthquake temporal distribution from 55,000 events around Taiwan since 1900. *Natural Hazards Review*, *15*(1), 38-47. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000110

Yang, Y., Tang, C., Tang, C., Chen, M., Cai, Y., Bu, X., & Liu, C. (2023). Spatial and temporal evolution of long-term debris flow activity and the dynamic influence of condition factors in the Wenchuan earthquake-affected area, Sichuan, China. *Geomorphology*, 435, 108755. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108755

Zamani, A., & Asadi, A. (2005). The numerical analysis of earthquake distrubution in several seismogenic regions of Iran. *Journal of Sciences(Islamic Azad University)*, *15*(57), 341-345. [In Persian] https://sid.ir/paper/70457/fa

Zandi, R., Zanganeh, M., & Moghadam, M. (2019). Evaluation, modeling, and prediction of urban development in Neyshabur with emphasis on earthquakes. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, *10*(36), 16-31. [In Persian] https://jargs.hsu.ac.ir/article_161492.html

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی