

## مطالعه لرزه خیزی هندوکش و مقایسه آن با لرزه خیزی فلات ایران

نادیا طاهرنیا<sup>۱</sup>، محمدرضا قیطانچی<sup>۱،۲</sup>

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۲. دانشگاه تهران، مؤسسه ژئوفیزیک

### چکیده:

برای بررسی لرزه خیزی هندوکش و مقایسه آن با فلات ایران، نقشه لرزه خیزی هر دو منطقه درچهل سال گذشته تهیه و به روی نقشه گسلهای منطقه ترسیم گردیده است. ضرائب a و b برای منطقه هندوکش تهیه و با ضرائب تعیین شده برای نواحی مختلف ایران مورد مقایسه قرار گرفت. مقطع قائم عمود بر راستای گسل هندوکش و همچنین گسلهای اصلی ایران نیز تهیه گردید. نمودار تجمعی انرژی لرزه ای آزاد شده توسط زمینلرزه ها در بازه های ۵ ساله از سال ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۴ برای منطقه هندوکش و همچنین زونهای فعال فلات ایران تهیه گردید. انرژی لرزه ای آزاد شده در منطقه هندوکش در مقایسه با فلات ایران از نرخ بیشتری برخوردار می باشد. در مورد توزیع انرژی در مناطق مختلف ایران، زاگرس همانطور که انتظار می رود از نرخ آزاد شدن انرژی بیشتری نسبت به بقیه نقاط برخوردار است. نمودار بزرگی- زمان و فراوانی- بزرگی برای دو منطقه رسم گردید. توزیع کانون سطحی حاکی از فعالیتهای لرزه خیزی بالا در هر دو منطقه است، هر چند که این فعالیتها از نظر تعداد و بزرگی زمینلرزه ها در منطقه هندوکش از نرخ بیشتری برخوردار است. در منطقه هندوکش زمینلرزه های بزرگ اکثراً با عمقی بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر مشاهده می شوند و در کل منطقه بطور پراکنده زمینلرزه هایی متوسط و کوچک با عمق کانونی کمتر از ۵۰ کیلومتر به چشم می خورند. در فلات ایران، عمق زمینلرزه ها اکثراً کم است. از بررسی مقایسه نواحی مختلف با منطقه هندوکش مشخص می گردد که ناحیه زاگرس از نظر داشتن تعداد زمینلرزه های بیشتر، فعالیت لرزه ای منظم تر و داشتن زلزله های اکثراً متوسط و پایین و منطقه مکران از نظر تکنیکی بیشترین شباهت را به منطقه فرورانشی هندوکش دارند.

### Investigation of seismicity in Hindu Kush and comparison with the seismicity in Iran

Nadia Tahernia<sup>1</sup>, M. R. Gheitanchi<sup>1,2</sup>

1. Azad University, North Tehran Branch

2. University of Tehran, Geophysics Institute

### Abstract:

To investigate the seismicity of Hindu Kush and Iran and comparing them with each other, seismicity maps for the past 40 years were provided. The a and b values were calculated for Hindu Kush and compared with the a and b values in different parts of Iran. The vertical cross sections across the Hindu Kush main fault and across the main faults of Iran were provided. The graph of accumulated energy released in 5 years intervals from 1964 to 2004 for Hindu Kush and active zones in Iran were calculated. Seismic energy released in Hindu Kush is higher than in Iran. As expected, the rate of seismic energy in Zagros is larger than other parts of Iran. The time-frequency and magnitude-frequency diagrams for both regions were provided. Distributions of epicenters indicate high seismic activities in both Hindu Kush and Iran, although the number of events in Hindu Kush is relatively higher than in Iran. In Hindu Kush, the majority of the large

earthquakes have depth range from 100 to 300 kilometers. Epicenters of small earthquakes are scattered, having depth less than 100 kilometer. In different parts of Iran, earthquakes have shallow depths. From seismicity point of view, Zagros is more similar to Hindu Kush because of having many moderate and small earthquakes, as well as regular pattern of seismic activity. From tectonic point of view, Makran is similar to the Hindu Kush and both follow a kind of subduction zone pattern of seismic activity.

#### مقدمه:

منطقه هندوکش در انتهای غربی کمربند پهن تغییر شکل یافته بوسیله برخورد صفحه هندوستان با اورآسیا واقع شده است. این برخورد اثرات بنیادی در ساختار زمین شناسی و توپوگرافی منطقه داشته است. تحت تأثیر فشار صفحه هندوستان به سمت شمال با نرخ میانگین سرعت  $6 - 4 \text{ Cm/a}$  یک سری منطقه گسیختگی قوسی که از جمله می توان از گسل اصلی معکوس کاراکام و گسل اصلی معکوس گوشته و گسل اصلی مرزی و گسل سالت رنج را نام برد، در منطقه بوجود آمده است (Sealer et al, 2001). تعداد زیادی گسل امتدادلغز بطور متقارن در دو طرف غربی و شرقی پخش شده است که از گسلهای امتدادلغز می توان در طرف غرب، گسلهای چمن، هرات و درواز در طرف شرق گسل کاراکام را نام برد. زمین شناسی منطقه پیچیده است. پوسته قاره ای (چگالی  $2/8$  گرم بر سانتیمتر) از فرو رفتن گوشته زمین ( $3/3$  گرم بر سانتیمتر) بدلیل نیروی شناوری، پایداری می کند. بر خلاف ایران که داده های گسلها و نقشه ها در دسترس می باشد و کارهای متعددی وجود دارد، برای منطقه هندوکش منابع محدودی وجود دارند.

فلات ایران مورد مطالعه محققین زیادی قرار گرفته است که از جمله، نوروزی (۱۹۷۱ و ۱۹۷۲)، بربریان (۱۹۷۷ و ۱۹۷۶)، زمین ساخت منطقه و آمبرسیز و ملویل (Ambraseys & Melville, 1972) و مک کنزی (McKenzie, 1972) لرزه خیزی فلات ایران را مورد بررسی قرار داده اند. برخلاف مناطق فعال و لرزه خیز سواحل اقیانوسها که نسبتاً وضعیت لرزه خیزی منظم و ساده تری دارند، مناطق فعال و لرزه خیز خاورمیانه و همینطور فلات ایران دارای وضعیت لرزه خیزی پیچیده ای بوده و فعالیتهای لرزه ای نامنظم و بصورت پراکنده می باشد.

برای بررسی و مقایسه فعالیتهای لرزه ای در منطقه هندوکش و فلات ایران توزیع کانونی زمینلرزه هایی که توسط ISC تعیین محل شده بودند، در طول مدت چهل سال گذشته بر روی نقشه گسلهای منطقه ترسیم گردید. تفاوتها و شباهتهای موجود در بین نقشه های منطقه هندوکش و فلات ایران مورد بررسی قرار گرفت. مقطع قائم عمود بر سطح گسل هندوکش و همچنین مقطع قائم عمود بر گسلهای اصلی فلات ایران تهیه و عمق و روند زمینلرزه ها در این مناطق مورد مطالعه قرار گرفت. ضرائب  $a$  و  $b$  نیز برای منطقه هندوکش محاسبه و با ضرائب تعیین شده توسط محققین مختلف برای نواحی فلات ایران، مقایسه گردید. نمودار تجمعی انرژی لرزه ای آزاد شده توسط زمینلرزه های بوقوع پیوسته در امتداد گسل اصلی هندوکش و همچنین گسل البرز، زون زاگرس و ناحیه لوت در بازه های ۵ ساله تهیه گردید. نمودارهای بزرگی- زمان فراوانی- بزرگی برای دو منطقه رسم گردید. نمودارها و شکلهای دو منطقه با هم مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفتند.

#### بحث:

رومركز زمینلرزه های بر روی نقشه گسلهای منطقه هندوکش در شکل ۱ و برای فلات ایران در شکل ۲ نشان داده شده است. زمینلرزه ها بصورت دایره نشان داده شده اند. اندازه شعاع دایره نشان دهنده بزرگی لرزه است رنگهای مختلف نشان دهنده عمق های متفاوت زلزله ها می باشند. بطور کلی می توان گفت

قسمت شرق منطقه هندوکش فعالیت لرزه ای بیشتری نسبت به غرب آن دارد. در کل منطقه بطور پراکنده زلزله هایی با عمق کم که اکثراً کمتر از ۵۰ کیلومتر و با بزرگی غالباً کمتر از ۵ درجه ریشتر می باشند، مشاهده می شوند. گسل سه شاخه ای پامیر- هندوکش فعالترین قسمت در این ناحیه می باشد که شاخه پائینی آن ( هندوکش) فعالیت بیشتری نسبت به دو شاخه دیگر دارد. با بررسی عمق زمینلرزه ها مشاهده می شود که در قسمت مرکزی منطقه هندوکش، در انتهای گسل پنج شیر زلزله ها غالباً دارای عمق بیشتر از ۲۰۰ کیلومتر می باشند و فعالیتها اصلی منطقه در این قسمت متمرکز است. در قسمت جنوب غرب منطقه، در منطقه سالت رنج (Salt Range) و پیشاور (Peshawar)، تعداد زلزله ها افزایش یافته که تعداد زلزله ها از سال ۲۰۰۰ افزایش قابل ملاحظه ای یافته است. با حرکت از غرب به شرق در امتداد طول جغرافیایی ۷۴-۶۸ درجه شرقی در این منطقه کاهش عمق از بیش از ۲۰۰ کیلومتر به کمتر از ۵۰ کیلومتر قابل مشاهده است.

توزیع کانون سطحی زمینلرزه ها فلات ایران (شکل ۲) نمایانگر فعالیت لرزه ای عمده در ناحیه البرز و جنوب دریای خزر و نیز در مجاورت سیستم گسلی کپه داغ می باشد. منطقه آذربایجان در شمال غرب ایران ناحیه ای است که از نظر لرزه خیزی مانند اغلب مناطق ایران مورد تعرض زمینلرزه های ویرانگر و فاجعه آمیز قرار گرفته و اغلب شهرهای آن به دفعات در زمینلرزه های بزرگ ویران شده اند. مشابه با بقیه نقاط فلات ایران در این منطقه نیز زمینلرزه های سطحی رخ می دهد. توزیع کانون سطحی زمینلرزه های ثبت شده با روند کلی گسلهای منطقه مطابقت دارد و در چند منطقه از جمله محل وقوع زمینلرزه اصلی اردبیل، فعالیت جمعی مشاهده می شود. بنابراین با توجه به اینکه در چند دهه گذشته زمینلرزه بزرگی در شمال غرب ایران گزارش نشده، لذا وقوع زمینلرزه بزرگ در این منطقه دور انتظار نمی باشد. از جمله زمینلرزه های ناحیه البرز می توان زمینلرزه اول سپتامبر ۱۹۶۲ بوئین زهرا و بیست و یکم ژوئیه ۱۹۹۰ رودبار و منجیل را نام برد. زلزله های بالای ۶ درجه ریشتر در این مناطق مشاهده می شوند. شمال خراسان نیز یکی از نواحی فعال ایران است که چنانچه در شکل مشاهده می شود، بطور پراکنده در تمام بازه های زمانی دارای فعالیتهایی کم عمق با بزرگی متوسط و پائین می باشد. فعالیت عمده لرزه خیزی در جنوب شرق زاگرس متمرکز شده و تعداد کمی زمینلرزه در امتداد گسل اصلی زاگرس به وقوع پیوسته است. ناحیه زاگرس نیز از نظر لرزه خیزی یکی از فعالترین نواحی ایران بوده و در این منطقه به طور منظم زمینلرزه هایی با بزرگی متوسط ۵/۵ - ۴/۵ درجه ریشتر رخ می دهد، در این ناحیه بندرت زلزله بزرگ مشاهده می شود. ناحیه لوت یکی از زون های اصلی ناپایدار در فلات ایران است. زلزله های شرق ایران اکثراً دارای عمقی کم می باشند. توزیع کانون سطحی زمینلرزه ها نشان می دهد که فعالیت زلزله خیزی در داخل صفحه لوت بسیار کم بوده و بیشتر زلزله های بزرگ، اطراف این خرد صفحه میانی رخ داده اند. بنابراین مرز های بلوک لوت را بطور آشکار نمایان می سازد، ولی این مرزها در مناطقی با نبود (gap) فعالیت لرزه ای مواجه می باشد، لذا در صورت پذیرفتن ناحیه لوت به عنوان یک بلوک سخت، وقوع زمینلرزه های بزرگ در این مناطق (گپ ها) در آینده دور از انتظار نخواهد بود. توزیع کانون سطحی زلزله های بزرگ در طول گسل طبس و گسلهای موجود در ناحیه کرمان، انتقال فعالیت لرزه خیزی بطرف جنوب شرق را نشان می دهد.

شکل ۳ نمودار تغییرات خطی  $\log(N)$  برحسب  $m_b$  برای منطقه هندوکش را نشان می دهد. برای تعیین ضرایب  $a$  و  $b$ ، تمام زلزله های گزارش شده توسط شبکه جهانی ISC از سال ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۴ در محدوده منطقه مورد نظر، عرض ۴۰ - ۳۲ درجه عرض جغرافیایی و ۸۰ - ۶۸ درجه طول جغرافیایی، استخراج گردید. به دلیل ناقص بودن کاتالوگ زمینلرزه ها، فقط زمینلرزه های بزرگتر از ۴/۵ درجه بزرگی ریشتر در نظر گرفته شد. با محاسبه  $\log(N)$  و ترسیم نمودار خطی آن بر حسب  $m_b$ ، با استفاده از روش رگرسیون ضرایب  $a$  و  $b$  را محاسبه گردید. رابطه گوتنبرگ ریشتر برای دوره ۴۰ ساله در منطقه هندوکش بصورت رابطه  $\log(N) = 8.689 - 1.219 m_b$  می باشد (شکل ۳). نوروزی (۱۹۸۰)، برای ناحیه البرز،  $a = 1/8490$  و  $b = 0/4494$ ، زاگرس،  $a = 2/5648$  و  $b = 0/3269$ ، شرق ایران،  $a = 3/7361$  و  $b = 0/3727$  بدست آورد. با مقایسه  $a$  و  $b$

فلات ایران و منطقه هندوکش مشخص می شود که منطقه زاگرس بیشترین شباهت را نسبت به مناطق دیگر با منطقه لرزه خیز هندوکش دارد.

مقطع قائم در راستای عمود بر گسل هندوکش در شکل ۴ و مقطع قائم برای شرق ایران در شکل ۵ نشان داده شده است. محور افقی طول مقطع قائم و محور قائم عمق زلزله ها را نشان می دهد (۰ تا ۳۰۰ کیلومتر). رنگ های متفاوت نشان دهنده عمق های مختلف زمینلرزه ها (کیلومتر) می باشد و اندازه های متفاوت علائم، بزرگی های مختلف زمینلرزه ها را نشان می دهد، که در سمت راست شکل ها نشان داده شده است. بدلیل دقت بیشتر و زیاد بودن ایستگاهها و بهینه شدن تعیین محل و بخصوص تعیین عمق زمینلرزه ها، بازه زمانی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ انتخاب گردیده است. شکل سمت چپ پایین شکل ها، لرزه خیزی مناطق را نشان می دهد. مستطیل نشان دهنده قسمتی است که مقطع قائم در راستای عمود بر گسل زده شده است. محور افقی نشان دهنده طول جغرافیایی و محور قائم نشان دهنده عرض جغرافیایی می باشد. با توجه به مقطع قائم در راستای عمود بر گسل هندوکش، توزیع زلزله ها در عمق به خوبی نشان دهنده روند فرورانش در این منطقه لرزه خیز است. زمینلرزه هایی تا عمق حدود ۳۰۰ کیلومتر نیز در منطقه قابل مشاهده است. مشابه با منطقه هندوکش، مقطع قائم در راستای عمود بر گسل برای مناطق البرز و زاگرس و شرق ایران تهیه گردید. عمق زمینلرزه های فلات ایران در مقایسه با عمق زمینلرزه ها در منطقه هندوکش بسیار کمتر است. در انتهای مقطع بدست آمده برای شرق ایران روند فرورانش در منطقه مکران قابل مشاهده است که با روند بدست آمده در هندوکش قابل مقایسه است.

شکل ۶ نمودار تجمعی انرژی لرزه ای آزاد شده در امتداد گسل اصلی هندوکش و همچنین فلات ایران را نشان می دهد. رنگ صورتی نشان دهنده انرژی لرزه ای آزاد شده توسط زمینلرزه های هندوکش و رنگ قرمز انرژی آزاد شده در فلات ایران را در بازه های زمانی ۵ ساله نشان می دهد. در شکل ۷، نمودارهای تجمعی انرژی لرزه ای آزاد شده در امتداد گسل اصلی هندوکش، رنگ صورتی، گسل البرز، رنگ قرمز، زون زاگرس، رنگ سبز و ناحیه لوت، رنگ آبی نشان داده شده است. محور قائم متناسب است با انرژی لرزه ای آزاد شده (LogE) و محور قائم نشاندهنده زمان می باشد. انرژی لرزه ای آزاد شده در منطقه هندوکش در مقایسه با فلات ایران (شکل ۶) از نرخ بیشتری برخوردار می باشد. در مورد توزیع انرژی در مناطق مختلف فلات ایران (شکل ۷)، زاگرس همانطور که انتظار می رود از نرخ آزاد شدن انرژی بیشتری نسبت به بقیه نقاط برخوردار است.

شکل های ۸ و ۹ نمودارهای فراوانی- زمان و شکل های ۱۰ و ۱۱ نمودارهای فراوانی- بزرگی منطقه هندوکش و فلات ایران را نشان می دهند. با توجه به نمودارهای دو منطقه مشاهده می شود که از نظر تعداد زمینلرزه ها هندوکش فعالیت بیشتری نسبت به فلات ایران دارد و زمینلرزه های بزرگ در این منطقه قابل ملاحظه است در حالیکه بزرگی زمینلرزه های ایران غالباً متوسط می باشد. چنانچه مشاهده می شود فعالیت های لرزه ای در هر دو منطقه با زمان افزایش یافته که این مسئله را می توان بدین دلیل دانست که در سالهای اخیر مناطق بیشتری تحت پوشش دستگاههای لرزه نگاری قرار گرفته اند.

### نتیجه گیری:

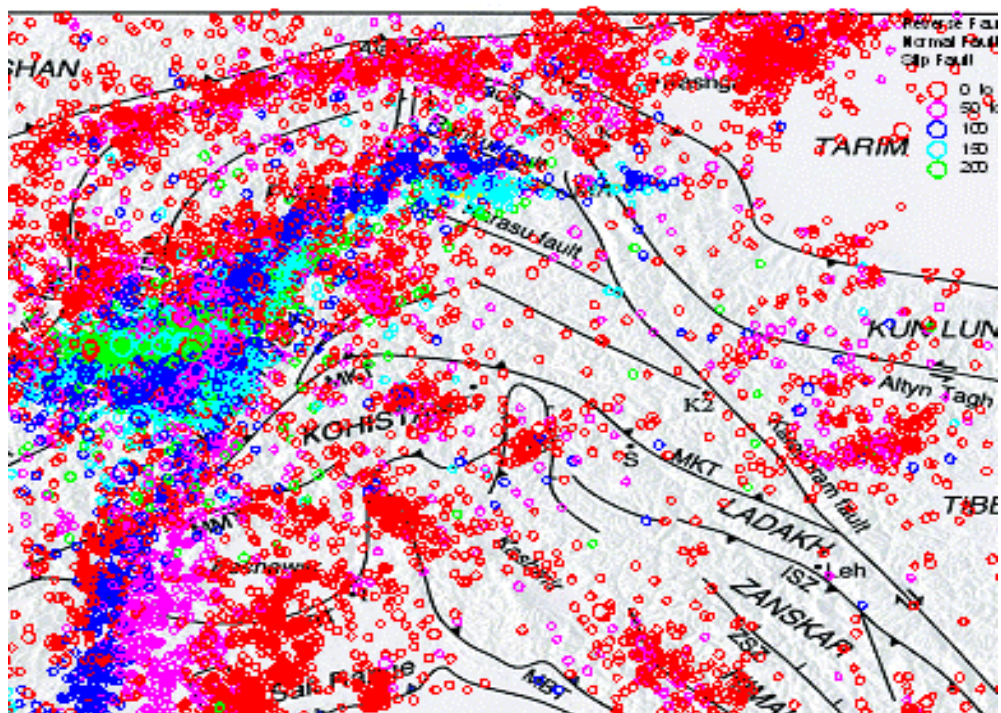
هر دو منطقه هندوکش و فلات ایران از فعالیت های لرزه ای بالایی برخوردار هستند، هر چند این فعالیتها هم از نظر تعداد و هم از نظر بزرگی در منطقه هندوکش به مراتب بیشتر است. توزیع مراکز سطحی زمینلرزه ها تطابق خوبی را با گسل های منطقه نشان می دهد، هرچند در مناطقی این تطابق مشاهده نمی شود که دلیل آن را می توان وجود گسل های پنهان در منطقه دانست. در مقایسه منطقه لرزه خیز هندوکش و فلات ایران می توان گفت که ناحیه زاگرس بدلیل تعداد زمینلرزه های زیاد، وجود زمینلرزه های متوسط و پایین و فعالیت های لرزه ای منظم، بیشترین تشابه را از نظر لرزه خیزی با منطقه هندوکش دارد. در هر دو منطقه

زمینلرزه های دارای بزرگی بیش از ۶ درجه به ندرت دیده می شوند، هرچند تعداد زمینلرزه های بزرگ در منطقه هندوکش بیشتر می باشد. از جمله تفاوت‌های لرزه خیزی فلات ایران با هندوکش می توان از عمق زمینلرزه ها را نام برد. در حالیکه در فلات ایران زمینلرزه ها اکثراً در پوسته فوقانی اتفاق می افتند، زمینلرزه هایی تا عمق حدود ۳۰۰ کیلومتر نیز در هندوکش مشاهده می شود. از نظر تکتونیکی منطقه مکران شباهت زیادی به منطقه هندوکش دارد و مشابه با فرورانشی که در منطقه هندوکش وجود دارد، در مکران نیز مشاهده می شود، هر چند فعالیت‌های لرزه خیزی در مکران به مراتب کمتر است. نمودارهای تجمعی انرژی لرزه ای آزاد شده در منطقه هندوکش و فلات ایران نیز حاکی از فعالیت لرزه ای بیشتر هندوکش نسبت به فلات ایران می باشد. زاگرس در مقایسه با نقاط دیگر فلات ایران بیشترین نرخ انرژی لرزه ای آزاد شده را دارا می باشد.

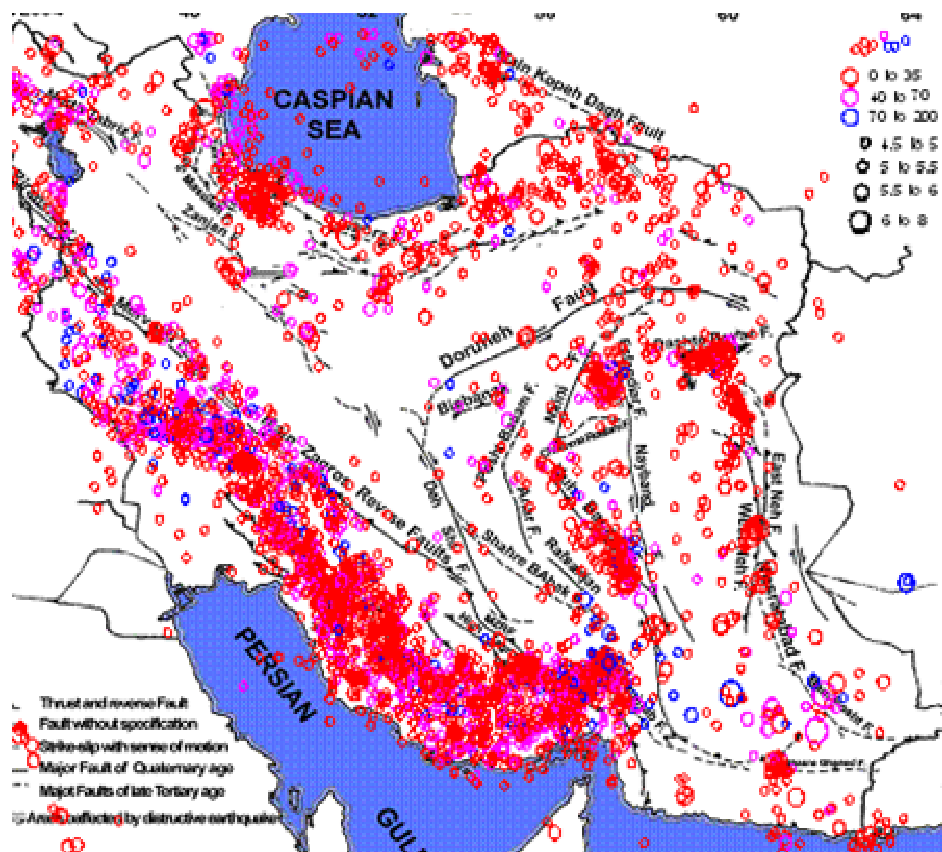
### منابع:

- Ambraseys, N. N. and Melville, C. P., 1982, A history of Persian earthquakes. Cambridge University Press, Cambridge, 219 pp.
- Berberaian, M., 1976, Contribution to the Seismotectonics of Iran. (part 2). Geol. Surv. Iran, Rep. No. 39, 518.
- Berberian, M., 1977, Against the Rigidity of the Lut Block, a seismotectonic discussion. Report No. 40, Geol. Surv. Iran.
- Nowroozi, A.A., 1971, Seismotectonics of the Persian Plateau. Bull. Seismol. Soc. Seismol. Soc. Am., 61, 317 - 341.
- Nowroozi, A. A., 1972. Focal mechanism of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan, and Afghanistan And plate tectonic of the Middle east. Bull. Seismol. Soc. Am., 62
- McKenzie, O., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. Geophys. J. R. astr. Soc., 30. 109-185.
- Searle, M., Hacker, B., R., Bilham, R., 2001, The Hindu Kush seismic zone as a paradigm for the certain of ultrahigh- pressure diamond and coesite- bearing continental rocks, J. Geophysics, 109, p. 143-153.

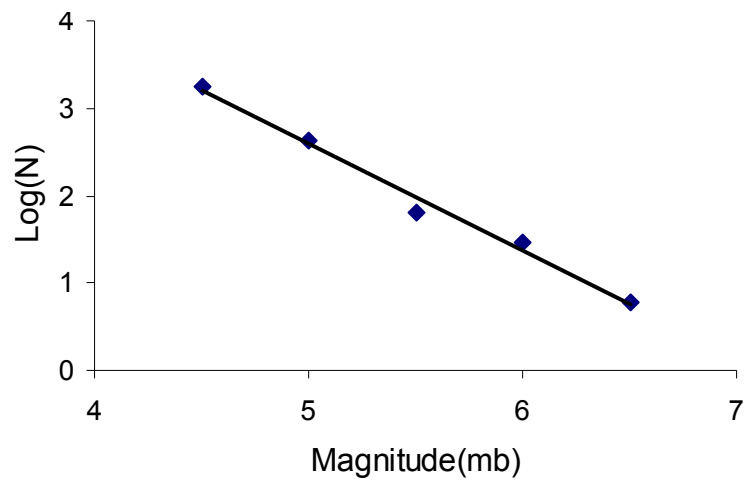
Pic-1



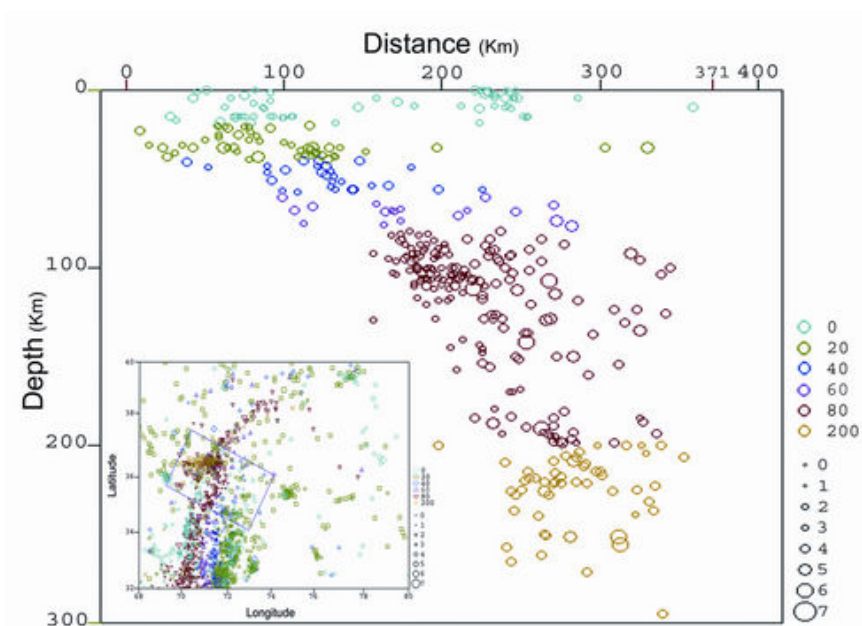
Pic-2



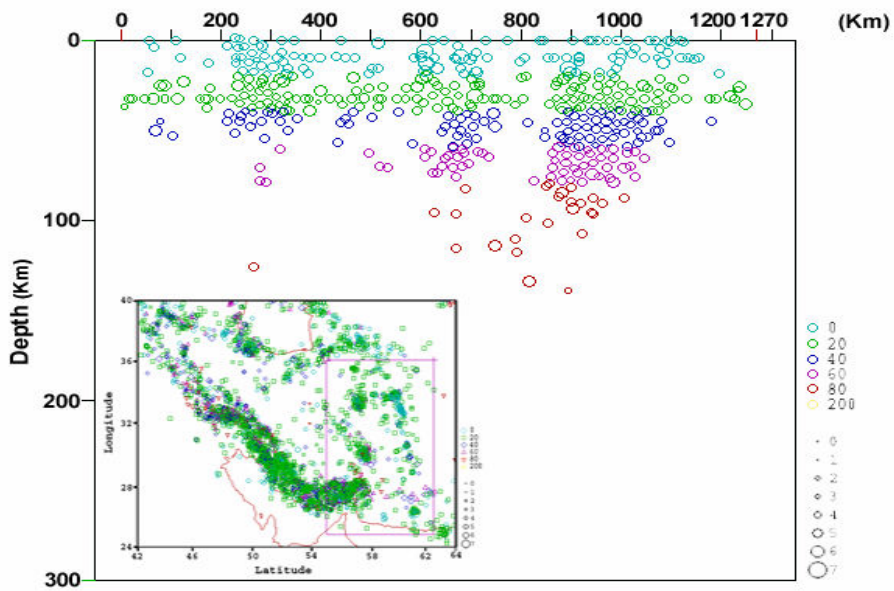
**Pic-3**



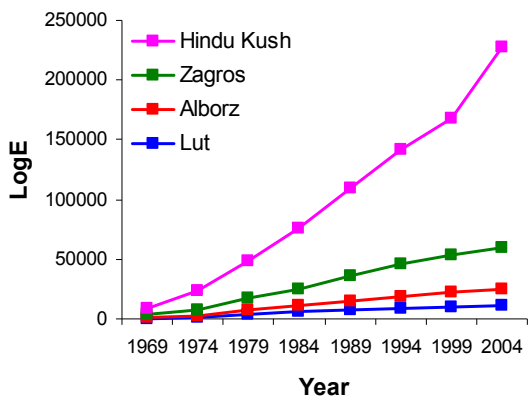
**Pic-4**



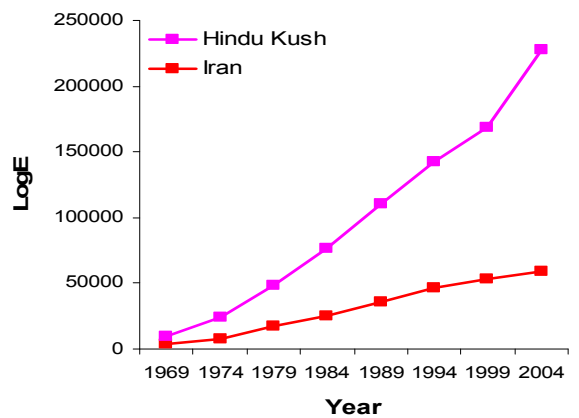
**Pic-5**



**Pic-7**

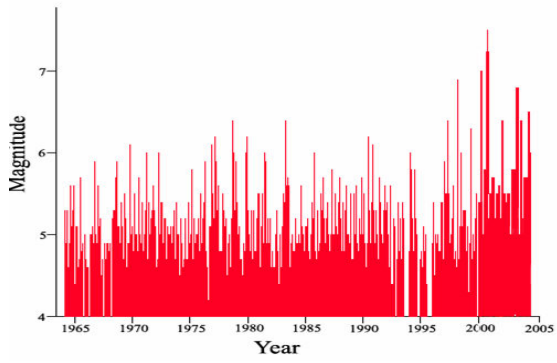


**Pic-6**

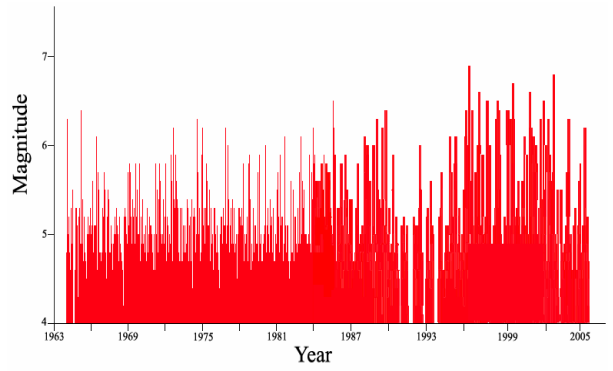




**Pic-9**

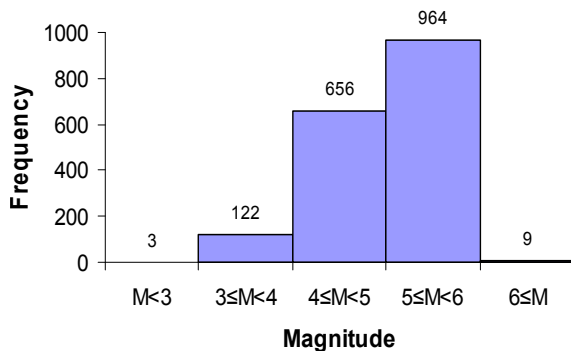


**Pic-8**



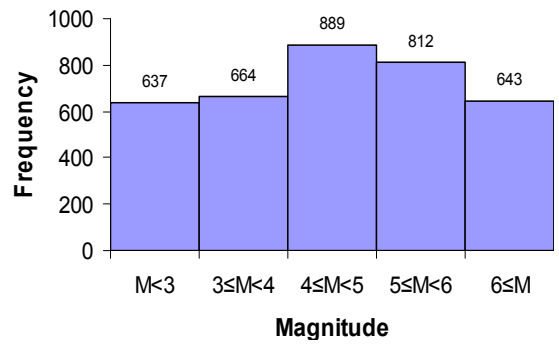
**Pic-11**

**Iran**



**Pic-10**

**Hindu Kush**



### Pic-1

رومکز زمینلرزه های بر روی نقشه گسلهای منطقه هندوکش را نشان می دهد. زمینلرزه ها بصورت دایره نشان داده شده اند. اندازه شعاع دایره نشان دهنده بزرگی زلزله است رنگهای مختلف نشان دهنده عمق های متفاوت زلزله ها می باشند.

### Pic-2

رومکز زمینلرزه های بر روی نقشه گسلهای فلات ایران را نشان می دهد. زمینلرزه ها بصورت دایره نشان داده شده اند. اندازه شعاع دایره نشان دهنده بزرگی زلزله است رنگهای مختلف نشان دهنده عمق های متفاوت زلزله ها می باشند.

### Pic-3

نمودار تغییرات خطی  $\log(N)$  برحسب  $m_b$  برای منطقه هندوکش را نشان می دهد.

### Pic-4

مقطع قائم در راستای عمود بر گسل هندوکش را نشان می دهد. محور افقی طول مقطع قائم و محور قائم عمق زلزله ها را نشان می دهد (۰ تا ۳۰۰ کیلومتر). رنگ های متفاوت نشان دهنده عمق های مختلف زمینلرزه ها (کیلومتر) می باشد و اندازه های متفاوت علائم، بزرگی های مختلف زمینلرزه ها را نشان می دهد، که در سمت راست شکل نشان داده شده است. بدلیل دقت بیشتر و زیاد بودن ایستگاهها و بهینه شدن تعیین محل و بخصوص تعیین عمق زمینلرزه ها، بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ انتخاب گردیده است. شکل سمت چپ پایین شکل ، لرزه خیزی مناطق را نشان می دهد. مستطیل نشان دهنده قسمتی است که مقطع قائم در راستای عمود بر گسل زده شده است. محور افقی نشان دهنده طول جغرافیایی و محور قائم نشان دهنده عرض جغرافیایی می باشد.

### Pic-5

مقطع قائم در راستای عمود بر گسلهای اصلی فلات ایران را نشان می دهد. محور افقی طول مقطع قائم و محور قائم عمق زلزله ها را نشان می دهد (۰ تا ۳۰۰ کیلومتر). رنگ های متفاوت نشان دهنده عمق های مختلف زمینلرزه ها (کیلومتر) می باشد و اندازه های متفاوت علائم، بزرگی های مختلف زمینلرزه ها را نشان می دهد، که در سمت راست شکل نشان داده شده است. شکل سمت چپ پایین شکل ، لرزه خیزی مناطق را نشان می دهد. مستطیل نشان دهنده قسمتی است که مقطع قائم در راستای عمود بر گسل زده شده است. محور افقی نشان دهنده طول جغرافیایی و محور قائم نشان دهنده عرض جغرافیایی می باشد.

### Pic-6

نمودار تجمعی انرژی لرزه ای آزاد شده در امتداد گسل اصلی هندوکش و همچنین فلات ایران را نشان می دهد. رنگ صورتی نشان دهنده انرژی لرزه ای آزاد شده توسط زمینلرزه های هندوکش و رنگ قرمز انرژی آزاد

شده در فلات ایران را در بازه های زمانی ۵ ساله نشان می دهد. محور قائم متناسب است با انرژی لرزه ای آزاد شده (LogE) و محور قائم نشان دهنده زمان می باشد.

#### **Pic-7**

نمودارهای تجمعی انرژی لرزه ای آزاد شده در امتداد گسل اصلی هندوکش، رنگ صورتی، گسل البرز، رنگ قرمز، زون زاگرس، رنگ سبز و ناحیه لوت، رنگ آبی نشان داده شده است. محور قائم متناسب است با انرژی لرزه ای آزاد شده (LogE) و محور قائم نشان دهنده زمان می باشد.

#### **Pic-8**

نمودار فراوانی- زمان منطقه هندوکش را نشان می دهد.

#### **Pic-9**

نمودار فراوانی- زمان فلات ایران را نشان می دهد.

#### **Pic-10**

نمودارهای فراوانی- بزرگی منطقه هندوکش را نشان می دهد.

#### **Pic-11**

نمودارهای فراوانی- بزرگی فلات ایران را نشان می دهد.

#### **نویسندگان:**

نادیا طاهرینیا، کارشناس ارشد ژئوفیزیک، زلزله شناسی، ۱۳۸۴، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده علوم پایه.

۲۲۰۸۲۱۳۹      ۲۲۰۶۶۵۳۴

محمد رضا قیطانچی، دکتری ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، مؤسسه ژئوفیزیک.