

بررسی تغییرات عمقی پارامترهای لرزه خیزی در ناحیه زاگرس

سید ناصر هاشمی^۱

^۱استادیار زمین شناسی ساختاری و لرزه زمین ساخت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، hashemi@du.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، تغییرات عمقی پارامتر لرزه خیزی b به همراه کمیت های مقدار انرژی آزاد شده، بیشینه بزرگا و فراوانی زلزله های رخ داده در ناحیه زاگرس، مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور، داده های لرزه خیزی این ناحیه، در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۷ مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که پارامتر لرزه خیزی b در این ناحیه تا عمق حدود ۱۵-۲۰ کیلومتری روند کاهشی بارزی را نشان می دهد. همچنین، بیشترین انرژی لرزه ای آزاد شده در این ناحیه، به محدوده عمقی ۱۵-۲۰ و بیشترین فراوانی لرزه خیزی به محدوده عمقی ۱۰-۱۵ کیلومتری مربوط می شود. این مشاهدات تأیید می کند که در ناحیه زاگرس رفتار مکانیکی لیتوسفر و الگوی تجمع و آزاد شدن تنش لرزه ای در عمق حدود ۱۵-۲۰ کیلومتری تغییر واضحی می یابد که با توجه به جایگاه زمین ساختی این ناحیه قابل توجیه است.

واژه های کلیدی: لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت، رابطه فراوانی- بزرگی، زاگرس، خطر لرزه ای، پارامتر لرزه خیزی b

Study of the depth variation of seismicity parameters in the Zagros region

Seyed Naser Hashemi¹

¹Assist. Prof., School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran. hashemi@du.ac.ir

Abstract

In this research, the depth variation of b -value, seismic energy released, maximum magnitude, and frequency of earthquakes in the Zagros region was studied. For this purpose, seismicity data of the region for time period 2006-2017 were analyzed. Results obtained indicate that the b -value parameter shows a decreasing trend up to depth of 15-20 km. Also, highest levels of the seismic energy released and the frequency of events are observed in depth ranges of 15-20 and 10-15 km., respectively. These observations confirm the idea that in this region the mechanical behavior of lithosphere and the pattern of accumulation and release of seismic energy, changes abruptly at the depth of about 15-20 km, which is explained by the tectonic nature of this region, as a fold-and-thrust collision zone.

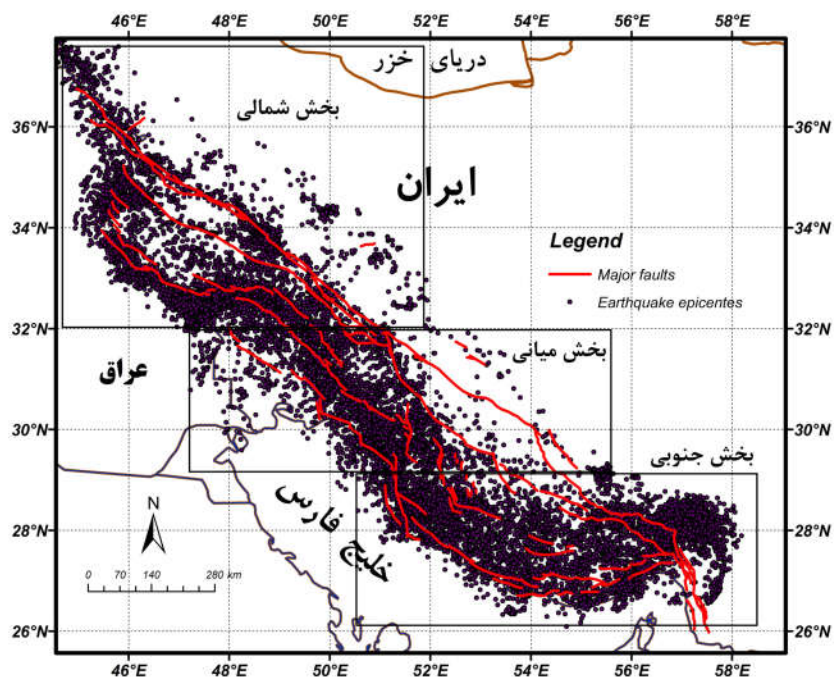
Keywords: Seismicity, Seismotectonics, Frequency-magnitude relation, Zagros, Seismic hazard, b -value

۱ مقدمه

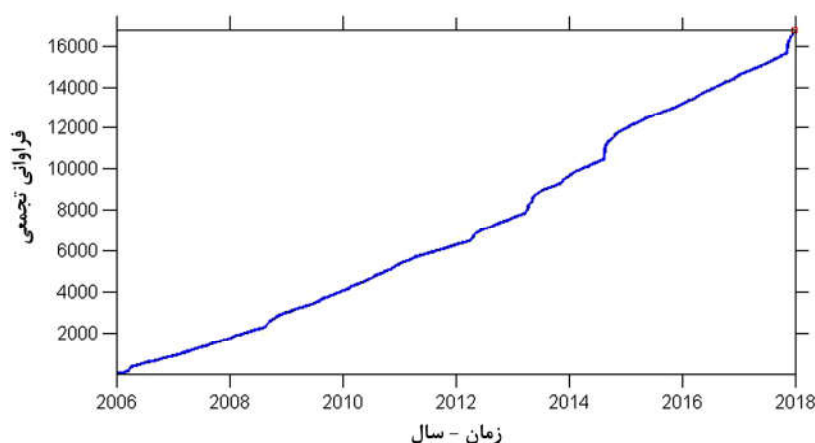
در این تحقیق، تغییرات عمقی کمیت های معرف لرزه خیزی ناحیه زاگرس، شامل پارامتر لرزه خیزی b ، بیشینه بزرگای زلزله ها، فراوانی زلزله ها و میزان انرژی لرزه ای آزاد شده، مورد بررسی قرار گرفته است. کمربند چین خورده- رانده زاگرس با امتداد کلی NW-SE در حاشیه ی شمال شرق پوسته قاره ای صفحه عربی، بر روی پی سنگ متامورفیک پرکامبرین قرار دارد که حاصل همگرایی مایل بین صفحات عربی و اوراسیا با روند تقریبی N-S و با سرعت حدود ۲۵-۳۵ میلیمتر در سال است. میزان همگرایی از شمال غرب به جنوب شرق بیش تر می شود، به همین علت در قسمت شمال غرب باریک تر بوده و دارای پهنای حدود ۲۰۰ کیلومتر می باشد، در صورتی که به سمت جنوب شرق وسیع تر شده و به پهنای حدود ۴۰۰-۳۵۰ کیلومتر می رسد (Berberian, 1981). زاگرس از دیدگاه لرزه زمین ساختی ناحیه ای بسیار فعال و لرزه خیز است و بیشتر زمین لرزه های زاگرس بدون گسلش سطحی هستند. مطالعه پراکندگی کانون زمین لرزه ها در این ناحیه نشان می دهد که الگوی لرزه خیزی در بخش های مختلف این پهنه لرزه زمین ساختی یکسان نیست. عموماً بزرگی زلزله های رخ داده در زاگرس کمتر از ۷ ریشتر بوده و این زلزله ها در عمق کمی رخ می دهند (آقانیاتی، ۱۳۸۳).

۲ روش تحقیق

به منظور انجام این تحقیق، دقیق ترین داده های لرزه ای ناحیه مورد مطالعه از پایگاه داده ای مرکز لرزه نگاری ایران (وابسته به مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران) در بازه زمانی آغاز ۲۰۰۶ تا پایان ۲۰۱۷ (۱۲ سال) دریافت شده و در محیط نرم افزارهای ArcGIS و Zmap پردازش و تحلیل شده است.



شکل ۱. نقشه لرزه خیزی ناحیه مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۷.



شکل ۲. نمودار فراوانی تجمعی زلزله های با بزرگی مساوی و بیش از ۲/۵ ریشتر، رخ داده در ناحیه مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۷.

نقشه لرزه خیزی ناحیه مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است. در شکل ۲ نمودار تجمعی فراوانی رخداد زلزله ها به زمان نشان داده شده است که با توجه به خطی بودن این نمودار، می توان نتیجه گرفت داده های مورد استفاده در این تحقیق، از همگنی زمانی خوبی برخوردار است.

به منظور بررسی تغییرات عمقی ویژگی های کمی لرزه خیزی در ناحیه زاگرس، زلزله های رخ داده در این ناحیه با توجه به عمق کانونی به بازه های ۵ کیلومتری تقسیم بندی شد و سپس برای هر بازه، مقادیر پارامترهای لرزه خیزی a و b ، بیشینه بزرگای زلزله های رخ داده، فراوانی زلزله های با بزرگی بیش از $2/5$ ریشتر و مقدار انرژی لرزه ای آزاد شده، محاسبه شده است که این مقادیر در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است که در محاسبه پارامترهای لرزه خیزی از رابطه معروف گوتنبرگ - ریشتر بر اساس فرمول ۱ (Gutenberg and Richter, 1944) و در محاسبه انرژی لرزه ها (بر حسب ژول) نیز از فرمول ۲ (Kanamori et al., 1993) استفاده شده است.

$$\log N = a - bM \quad (1)$$

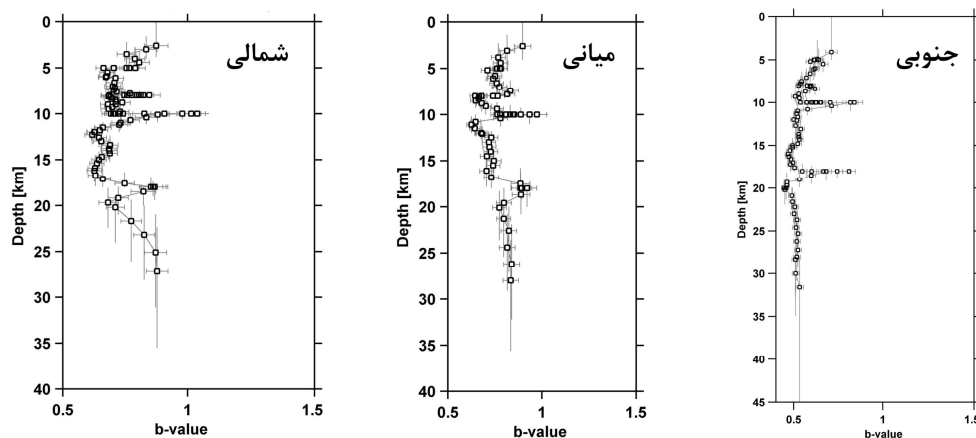
$$\log E_s = 1.96M_L + 2.05 \quad (2)$$

آنگونه که از مقادیر ارائه شده در جدول ۱ پیداست، بیشترین فعالیت لرزه ای در این ناحیه، در قالب انرژی لرزه ای آزاد شده و فراوانی رخداد زلزله ها به عمق حدود ۲۰-۱۰ کیلومتری مربوط می شود. به علاوه، بررسی مقادیر پارامتر لرزه خیزی b در این جدول نیز نشان می دهد که تا عمق حدود ۲۵-۲۰ کیلومتری کاهش این پارامتر و در اعماق بیشتر از این مقدار، افزایش در این پارامتر دیده می شود. چنین الگوی تغییری در پارامتر لرزه خیزی b در سایر مناطق لرزه خیز دنیا نیز گزارش شده است (Mori and Abercrombie, 1997; Amitrano, 2003). با توجه به ماهیت زمین ساختی ناحیه زاگرس به عنوان یک پهنه چین خورده-رانده، و فعالیت زمین ساخت نازک-پوسته ای در این ناحیه، مشاهده این الگوی تغییرات عمقی کمیته های لرزه خیزی در ناحیه زاگرس قابل توجیه است.

جدول ۱. مقادیر کمیته های لرزه ای محاسبه شده برای بازه های مختلف عمق کانونی در ناحیه زاگرس.

بازه عمق کانونی (کیلومتر)	b-value	a-value	بیشینه بزرگای زلزله ها (ریشتر)	فراوانی زلزله ها	انرژی لرزه ای آزاد شده (10^9 ژول)
کمتر از ۵/۰	۰/۸۸۷	۵/۵۴	۵/۱	۱۱۲۷	۴،۳۵۰
۵/۰ - ۹/۹	۰/۸۸۰	۶/۱۸	۶/۰	۵۰۲۵	۶۴،۵۷۰
۱۰/۰ - ۱۴/۹	۰/۸۵۹	۵/۹۹	۶/۳	۶۰۲۴	۶۴۵،۵۹۰
۱۵/۰ - ۱۹/۹	۰/۸۰۷	۵/۶۷	۷/۳	۲۶۸۰	۲۳۰،۰۱۰،۰۰۰
۲۰/۰ - ۲۴/۹	۰/۷۷۵	۵/۱۷	۶/۰	۱۰۴۵	۱۰۴،۵۹۰
۲۵/۰ - ۲۹/۹	۰/۸۶۷	۵/۱۹	۶/۱	۶۳۵	۱۰۸،۹۷۰
مسای و بیش از ۳۰/۰	۰/۸۷۰	۵/۰۲	۵/۳	۴۹۸	۱۲،۷۱۰

در ادامه، به منظور مقایسه نحوه تغییرات عمقی پارامتر لرزه خیزی b در بخش های مختلف ناحیه زاگرس، ابتدا این ناحیه به سه بخش شمالی، میانی و جنوبی تقسیم شد (شکل ۱) و سپس با استفاده از نرم افزار Zmap (Wiemer, 2001) نمودار تغییرات عمقی این پارامتر برای این سه بخش تهیه شد که در شکل ۳ نمایش داده شده است. نگاهی کلی به این سه نمودار (شکل ۳) حکایت از آن دارد که مقدار پارامتر لرزه خیزی b با افزایش عمق کاهش می یابد. نمودار مربوط به بخش شمالی نشان می دهد مقدار پارامتر لرزه خیزی b در این بخش بطور واضحی از سایر بخش ها بیشتر بوده و تا عمق حدود ۱۷ کیلومتری روندی کاهشی داشته و سپس افزایش می یابد. نمودار مربوط به بخش میانی حکایت از آن دارد که تغییرات پارامتر لرزه خیزی b با عمق در این بخش آرام تر بوده و در عمق حدود ۱۲ کیلومتری کمترین مقدار این پارامتر قابل مشاهده است. در بخش جنوبی، بطور کلی پارامتر لرزه خیزی b مقادیر کمتری داشته و تا عمق حدود ۲۰ کیلومتری روندی کاهشی را نشان می دهد و افزایش این پارامتر در عمق بیشتر از این مقدار هم چندان شدید و قابل توجه نیست.



شکل ۲. نمودارهای تغییرات عمقی پارامتر لرزه خیزی b ، تهیه شده برای سه بخش شمالی، میانی و جنوبی ناحیه زاگرس

۳ نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تغییرات عمقی کمیت‌های معرف لرزه خیزی، در ناحیه زاگرس مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد در کل ناحیه زاگرس بیشترین انرژی لرزه ای در عمق حدود ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری آزاد می‌شود و با افزایش عمق تا حدود ۱۵-۲۰ کیلومتری کاهش واضحی در مقدار پارامتر لرزه خیزی b دیده می‌شود. این روند تغییرات عمقی پارامتر لرزه خیزی b در بخش‌های مختلف زاگرس یکسان نیست. در بخش شمالی زاگرس این تغییرات عمقی شدیدتر از دو بخش مرکزی و جنوبی است. نتیجه کلی حاصل از این تحقیق آن است که در کل ناحیه زاگرس ناهمگنی مشخصی در مقاومت مکانیکی سنگ‌های لیتوسفر و رفتار لرزه ای آنها با افزایش عمق مشاهده می‌شود که این محدوده ناهمگنی در بخش میانی زاگرس عمق کمتری داشته و در بخش جنوبی و شمالی عمق بیشتری دارد.

منابع

- آقاباتی، س.ع.، ۱۳۸۵، زمین‌شناسی ایران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ دوم، ۵۸۷ ص.
- Amitrano, D., 2003, Brittle-ductile transition and associated seismicity: Experimental and numerical studies and relationship with the b value: *J. Geophys. Res.*, **108**(B1), 2044, doi:10.1029/2001JB000680.
- Berberian, M., 1981, Active Faulting and Tectonics of Iran: In: *Zagros-HinduKush-Himalaya Geodynamic Evolution*, Gupta, H.K. and F.M. Delaney (Eds.) American Geographical Union, Washington, DC., pp. 33-69.
- Gutenberg, B., Richter, C.F., 1944, Frequency of earthquakes in California: *Bull Seismological Soc Am.* **34**, 185-188.
- Kanamori, H., Mori, J., Hauksson, E., Heaton, Th.H., Hutton, L.K., and Jones, L.M., 1993, Determination of earthquake energy release and ML using TERRASCOPE: *Bulletin of the Seismological Society of America*, **83**, 330-346.
- Mori, J., and Abercrombie, R.E., 1997, Depth dependence of earthquake frequency-magnitude distributions in California: Implications for rupture initiation: *J. Geophys. Res.*, **102**(B7), 15,081-15,090.
- Wiemer, S., 2001, A software package to analyze seismicity: ZMAP: *Seismological Res Lett.* **72**, 373-382.