



بررسی تغییرات مکانی و عمقی ویژگی های لرزه خیزی در پهنه ی گذار زاگرس – مکران (خطواره عمان)

سید ناصر هاشمی

استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان hashemi@du.ac.ir

چکیده

ناحیه ی گذار از پهنه برخوردی زاگرس به پهنه فرورانشی مکران، که به نام خطواره عمان نیز شناخته می شود، از دیدگاه زمین ساخت و لرزه خیزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این تحقیق، با استفاده از جدیدترین داده های لرزه خیزی این ناحیه، به بررسی تغییرات لرزه خیزی در این ناحیه ی گذار، پرداخته شده است. به این منظور، داده های لرزه ای دقیق و بازبینی شده این ناحیه، از پایگاه داده ای ISC (در بازه ی زمانی ۲۰۲۱-۱۹۹۶) دریافت شده و مورد بررسی و تحلیل دقیق قرار گرفته است. به این منظور، تغییرات مکانی و عمقی پارامتر لرزه خیزی b در ناحیه مورد مطالعه و به طور خاص در دو جانب خطواره عمان بررسی شده و نقشه ها و نمودارهای مرتبط با این تغییرات تهیه شده است. نتایج کلی حاصل از این تحقیق نشان می دهد که در پهنه انتقالی یاد شده، تغییرات قابل ملاحظه ای در ویژگی های لرزه خیزی مشاهده می شود. در عرض این پهنه ی گذار، فعالیت لرزه ای به وضوح از جانب غربی یعنی زاگرس به سمت جانب شرقی این پهنه یعنی مکران، کاهش می یابد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می توان گفت تفاوت فاحشی در مقدار پارامتر لرزه خیزی b در دو جانب مرز تقریبی انتقال از زاگرس به مکران (خطواره عمان) مشاهده می شود به طوری که در بخش شرقی مقدار این پارامتر کمتر از بخش غربی است. علاوه بر این، تغییرات عمقی این پارامتر لرزه خیزی نیز در این دو بخش، به طور قابل ملاحظه ای تفاوت دارد.

واژه های کلیدی

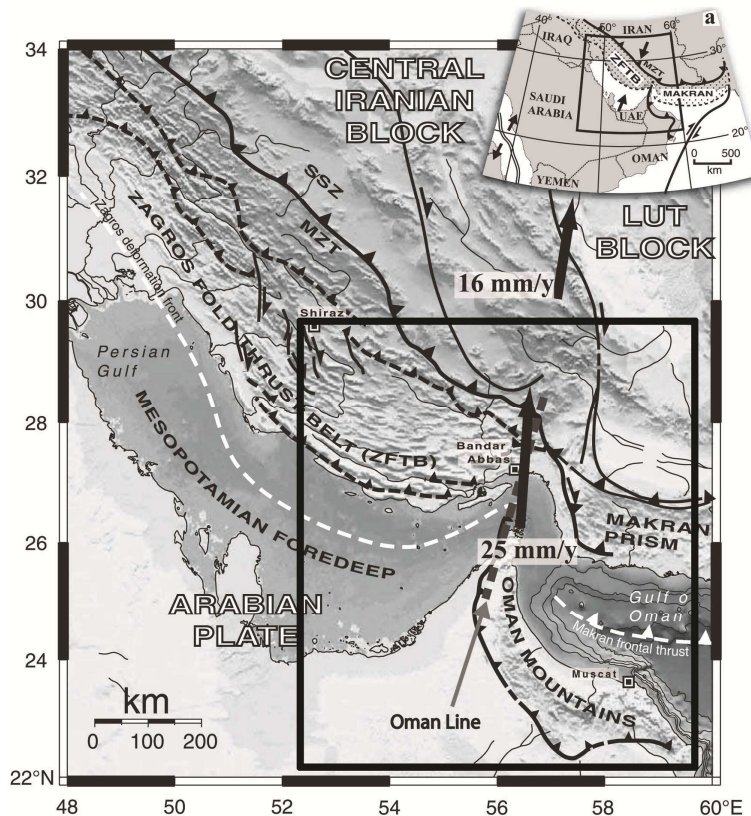
پارامترهای لرزه خیزی، لرزه خیزی، تحلیل مکانی، خطواره عمان، پهنه های انتقالی



۱. مقدمه

نواحی گذار زمین ساختی که متصل کننده ی دو جایگاه زمین ساختی معمولاً متفاوت اند، از اهمیت بالایی در مطالعات زمین ساخت جهانی برخوردار بوده و از نظر لرزه خیزی نیز، مکان هایی فعال و لرزه زا محسوب می شوند. ناحیه ی گذار از پهنه برخوردی زاگرس به پهنه فرورانشی مکران، که به نام خطواره عمان نیز شناخته می شود، از مهم ترین نواحی گذار زمین ساختی محسوب می شود که از دیرباز مورد توجه محققان بسیاری بوده و تحقیقات فراوانی بر روی این ناحیه انجام شده است (از جمله: [2], [1]). در دهه های اخیر نیز، بسیاری از محققان به بررسی تغییرات ساختاری، زمین ساختی و لرزه زمین ساختی در این پهنه گذار پرداخته اند ([6], [5], [4], [3]). خطواره عمان، با روند تقریبی شمال شرقی - جنوب غربی، جدا کننده دو ایالت لرزه زمین ساختی زاگرس و مکران از یکدیگر است. برخی از محققین این خطواره را به علت نزدیکی به سیستم گسلی میناب، به این سیستم گسلی نسبت داده اند ([1]). گسل میناب که در انتهای جنوب شرقی زاگرس، خاتمه دهنده ی کمربند کوهزایی زاگرس بوده، مرز غربی مکران را نیز تشکیل می دهد. این گسل منطقه برخوردی قاره - قاره زاگرس در غرب و منطقه فرورانش اقیانوسی - قاره ای مکران در شرق را از یکدیگر جدا می کند.

فعالیت لرزه های ناحیه زاگرس که از دیدگاه لرزه خیزی بسیار فعال است، در غرب گسل میناب به خطواره عمان محدود می شود. در غرب این خطواره، در ناحیه مکران فعالیت های لرزه ای بطور ناگهانی کاهش می یابد. فعالیت لرزه ای مشخص در راستای خطواره عمان، احتمالاً ناشی از برخورد و زیراندگی دماغه صفحه عربی در عمان، به زیر جزیره هرمز و فلات ایران است ([1]). بررسی نقش لرزه زمین ساختی خطواره عمان از آن جهت که می تواند مرز تغییر از یک جایگاه زمین ساختی برخوردی قاره - قاره به یک جایگاه زمین ساختی فرورانشی باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. در شکل ۱ موقعیت کلی ناحیه مورد مطالعه در این تحقیق و جایگاه ساختاری و زمین ساختی آن در گستره ایران، نمایش داده شده است. در این تحقیق کوشش شده است با استفاده از دقیق ترین داده های لرزه ای محدوده ی گذار از زاگرس به مکران، به بررسی تغییرات برخی ویژگی های لرزه خیزی در این ناحیه پرداخته شود.



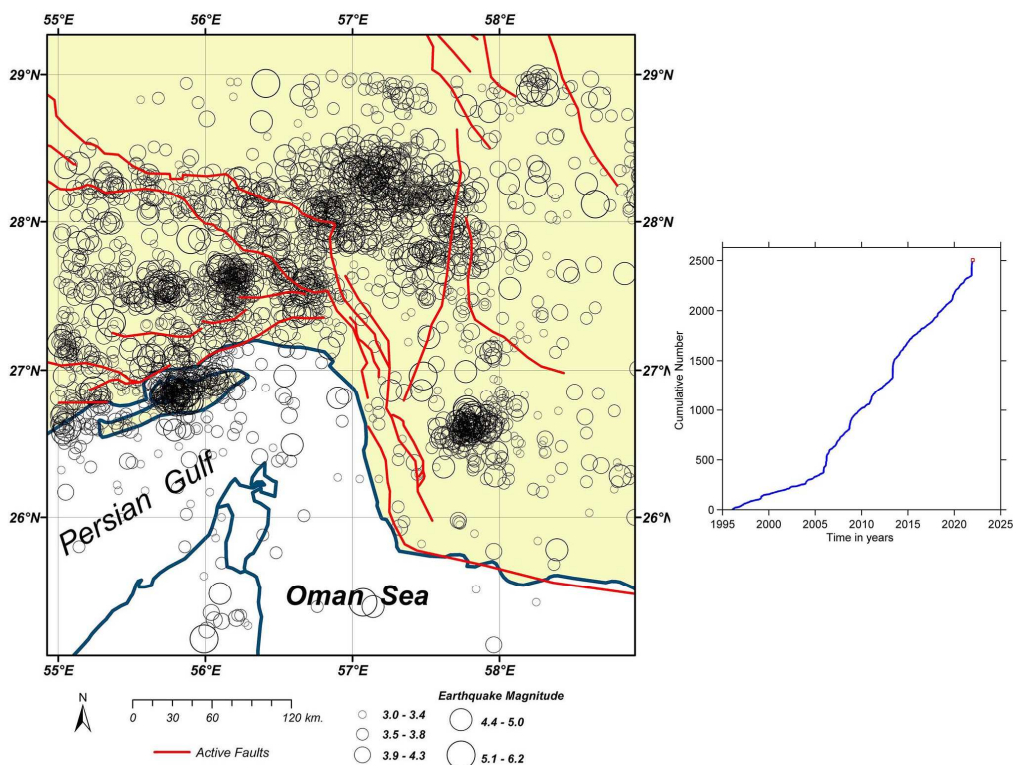
شکل ۱. نقشه کلی نشان دهنده ی موقعیت ناحیه مورد مطالعه و جایگاه ساختاری و زمین ساختی آن در گستره ایران. (برگرفته از [7])



۲. روش تحقیق، تحلیل داده ها و بحث

لرزه خیزی یک ناحیه می تواند اطلاعات مفیدی را از ویژگی های زمین ساختی یک ناحیه و وضعیت پوسته در آن ناحیه، در اختیار ما قرار دهد. پارامترهای لرزه خیزی بیانگر شرایط لرزه خیزی یک منطقه هستند. این پارامترها نقش بسزایی در تخمین شرایط لرزه زمین ساختی یک منطقه دارند، لذا تعیین دقیق و منطقی آنها دارای اهمیت بسیار بالایی می باشد. رابطه گوتنبرگ - ریشتر [8]، از معروف ترین و ساده ترین روابط در تخمین و ارزیابی لرزه خیزی یک ناحیه است. در رابطه گوتنبرگ - ریشتر، پارامتر لرزه خیزی b بیانگر ضریب لرزه خیزی نسبی است. کاهش مقدار این ضریب در طول یک دوره زمانی مشخص، نشانه افزایش درجه بزرگی زمین لرزه قابل رویداد در یک منطقه می باشد. لازم به ذکر است که با افزایش مدت زمان دوره بررسی، نتایج حاصل از تخمین پارامترهای لرزه خیزی با استفاده از رابطه گوتنبرگ - ریشتر، بسیار واقع بینانه تر خواهد بود. میزان فعالیت زمین ساختی در یک ناحیه و همچنین عواملی نظیر ناهمگنی پوسته و شیب زمین گرمایی ممکن است که بر روی میزان پارامتر b تأثیرگذار باشد. بر همین اساس، تغییرات مقدار پارامتر لرزه خیزی b به شدت به تغییرات تنش در داخل پوسته در یک ناحیه و نیز به همگن بودن یا ناهمگن بودن پوسته وابسته است. بالا بودن این پارامتر لرزه خیزی معرف کم بودن مقاومت پوسته و ناتوانی سنگ ها در ذخیره سازی انرژی لرزه ای و نیز پایین بودن میزان همگنی پوسته در منطقه است.

داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل داده های لرزه ای ناحیه مورد مطالعه است که از داده های لرزه ای بازبینی شده موجود در پایگاه داده ای ISC [9] دریافت شده است. این داده ها بازه زمانی ابتدای سال ۱۹۹۶ تا پایان سال ۲۰۲۱ را شامل شده و به منظور اطمینان از همگن بودن داده ها، زلزله های با بزرگای کمتر از ۳/۰ از این داده ها حذف شده است. به منظور بررسی نحوه توزیع لرزه خیزی در ناحیه، از نرم افزار Zmap (version, 7.1) کمک گرفته شده است. در شکل ۲ نقشه لرزه خیزی ناحیه مورد مطالعه که در آن رومرکز زلزله های رخ داده در این ناحیه نمایش داده شده، به همراه نمودار فراوانی تجمعی زلزله ها با زمان، نشان داده شده است.

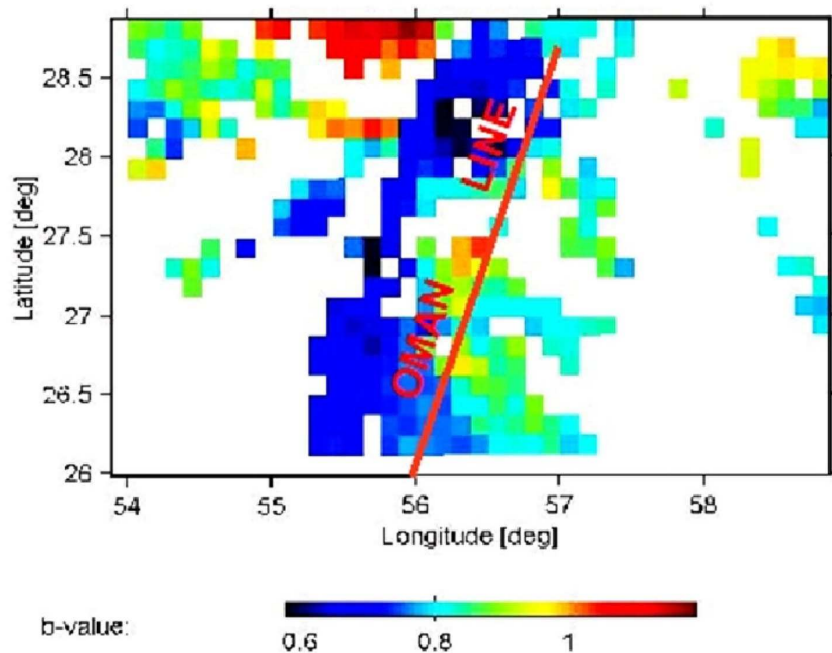


شکل ۲. نقشه لرزه خیزی ناحیه مورد مطالعه که در آن رومرکز زلزله های رخ داده در ناحیه نمایش داده شده؛ به همراه نمودار فراوانی تجمعی به زمان زلزله های رخ داده در ناحیه مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۹۹۶-۲۰۲۱



مشاهده و بررسی نقشه توزیع مکانی رومرکز زمین‌لرزه‌ها که بر اساس بزرگی زمین‌لرزه‌های رخ داده در محدوده مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۲)، نشان دهنده تمرکز زمین‌لرزه‌های با بزرگی کم تا متوسط بر روی خطواره‌ای با روند شمال شرقی - جنوب غربی است که به عنوان خطواره عمان معرفی شده است. در طول خطواره عمان زمین‌لرزه بزرگی مشاهده نشده و متوسط بزرگی مشاهده شده در آن کمتر از متوسط بزرگی مشاهده شده در دو ایالت لرزه‌زمین‌ساختی زاگرس و مکران است. آنگونه که در شکل ۲ دیده می‌شود در زاگرس زمین‌لرزه‌ها از بزرگی متوسطی برخوردارند، در حالیکه در مکران با توجه به کم بودن تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده در آن، متوسط بزرگی بیشتر از زاگرس بوده و زلزله‌ها بزرگی بیشتری دارند.

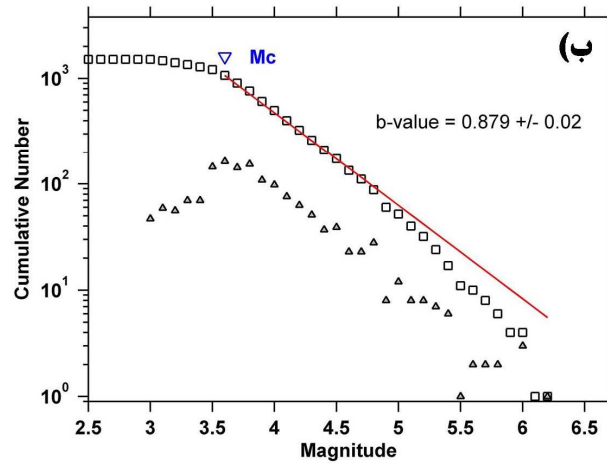
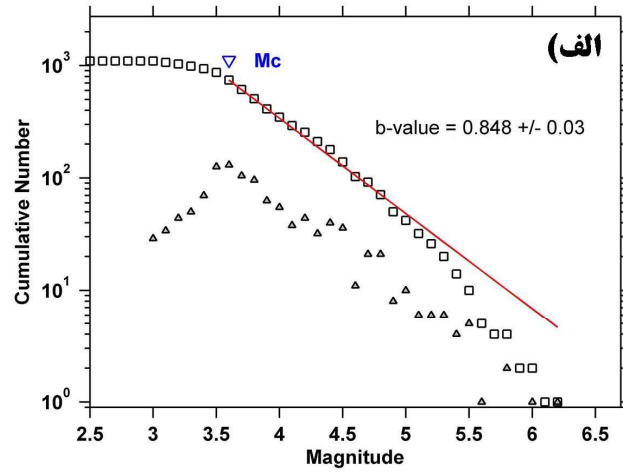
در این تحقیق، نقشه تغییرات مکانی پارامتر لرزه‌خیزی b برای ناحیه مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۳). همانطور که در این نقشه مشاهده می‌شود مقادیر پارامتر لرزه‌خیزی b در ناحیه زاگرس زیاد بوده و در سمت جنوب شرقی زاگرس یعنی در محدوده نزدیک به خطواره عمان این مقادیر کاهش پیدا می‌کند. تغییر مقادیر پارامتر لرزه‌خیزی b در دو جانب خطواره عمان به وضوح قابل مشاهده است. در طول خطواره عمان در دو بخش انتهایی، مقادیر پارامتر لرزه‌خیزی b کاهش یافته، در حالیکه در بخش‌های میانی آن مقدار این پارامتر افزایش نشان می‌دهد. پایین بودن مقدار پارامتر لرزه‌خیزی b در بخش‌هایی از خطواره عمان شاهدهی بر توان لرزه‌خیزی بالای این بخش‌ها در طول خطواره است.



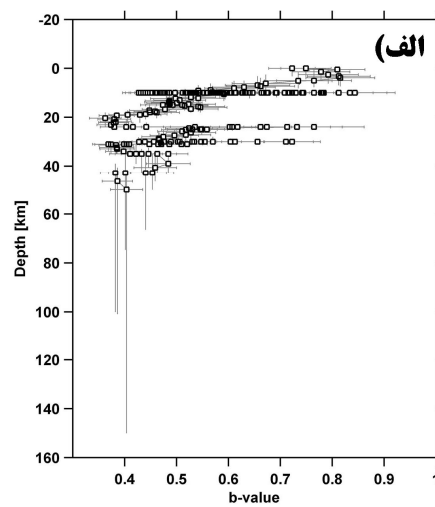
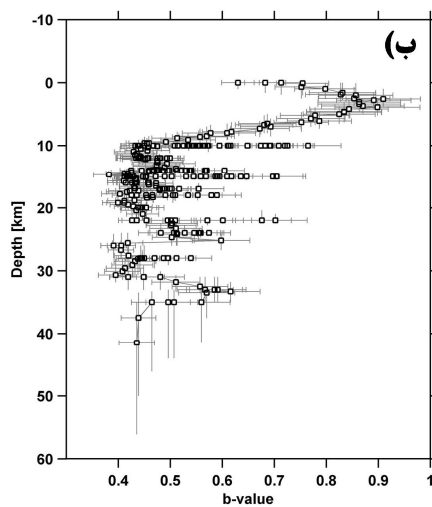
شکل ۳. نقشه تغییرات مکانی پارامتر لرزه‌خیزی b در ناحیه مورد مطالعه

در ادامه انجام این تحقیق، به طور جداگانه در دو جانب شرقی و غربی خطواره عمان، توزیع فراوانی - بزرگی داده‌ها و تخمین پارامتر لرزه‌خیزی b انجام شده است. در شکل ۴ نمودارهای گوتنبرگ - ریشتر معرف توزیع فراوانی تجمعی به بزرگی زلزله‌ها در دو بخش شرقی و غربی خطواره عمان نمایش داده شده است. مقدار پارامتر لرزه‌خیزی b در بخش شرقی خطواره، ۰/۸۴۸ است که از مقدار این پارامتر در بخش غربی (به مقدار ۰/۸۷۹) کمتر است.

به علاوه، نمودار تغییرات عمقی پارامتر لرزه‌خیزی b نیز در دو جانب شرقی و غربی خطواره عمان در شکل ۵ نمایش داده شده است. نگاهی به این دو نمودار گویای آن است که با وجود شباهت این دو نمودار در کاهشی بودن روند تغییرات مقدار پارامتر لرزه‌خیزی b با عمق، به نظر می‌رسد در بخش شرقی (نمودار ۵ الف) این تغییرات با شدت بیشتری بوده و لرزه‌خیزی نیز تا عمق بیشتری ادامه دارد.



شکل ۴. نمودار توزیع تجمعی فراوانی - بزرگی زلزله‌ها در جانب شرقی (الف) و جانب غربی (ب) خطواره عمان و تخمین پارامتر لرزه خیزی b در این دو بخش از ناحیه مورد مطالعه



شکل ۵. نمودار تغییرات عمقی پارامتر لرزه خیزی b در دو جانب شرقی (الف) و غربی (ب) خطواره عمان



۳. نتیجه گیری

نتایج کلی حاصل از این تحقیق نشان می دهد که در پهنه انتقالی زاگرس - مکران تغییرات قابل ملاحظه ای در ویژگی های لرزه خیزی مشاهده می شود. در عرض این پهنه ی گذار، فعالیت لرزه ای به وضوح از جانب غربی یعنی زاگرس به سمت جانب شرقی این پهنه یعنی مکران، کاهش می یابد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می توان گفت تفاوت فاحشی در مقدار پارامتر لرزه خیزی b در دو جانب مرز تقریبی انتقال از زاگرس به مکران (خطواره عمان) مشاهده می شود به طوری که در بخش شرقی مقدار این پارامتر کمتر از بخش غربی است. علاوه بر این، تغییرات عمقی این پارامتر لرزه خیزی نیز در این دو بخش، به طور ملاحظه ای تفاوت دارد. همچنین، در راستای خطواره عمان، بررسی تغییرات مقادیر پارامتر لرزه خیزی b نشان می دهد، بخش میانی این خطواره، از مقادیر بیشتری از این پارامتر لرزه خیزی برخوردار است. نتیجه کلی حاصل از این تحقیق گویای این واقعیت است که بطور مقایسه ای توان لرزه خیزی ناحیه زاگرس بالاتر از محدوده خطواره عمان است که دلیل این امر را می توان در رخداد زمین لرزه های بزرگتر و با تعداد کمتر در زاگرس دانست، همچنین فعالیت لرزه ای در خطواره عمان، به سمت پهنه مکران به شدت کاهش می یابد.

منابع

- [1] White, R. S., Ross, D. A., 1979. Tectonics of western Gulf of Oman, *J. Geophys. Res.*, 84, 3479-3489.
- [2] Kadinsky-Cade, K. and Barazangi, M., 1982. Seismotectonics of Southern Iran, *Tectonics*, 5, 389 - 412.
- [3] شاهرخ پوربیرانوند، ۱۳۹۸. تغییرات میدان تنش در منطقه گذار بین زاگرس و مکران با استفاده از وارون سازی سازوکار زمین لرزه ها، مجله ژئوفیزیک ایران، (۳)، ۱۴، ۱-۱۳.
- [4] Bayer, R., Chery, J., Tatar, M., Vernant, P., Abbasi, M., Masson, F., Nilforoushan, F., Doerflinger, E., Regard, V., Bellier, V., 2006. Active deformation in Zagros-Makran transition zone. *Geophysical Journal International*, 165, 373-381.
- [5] Yamini-Fard, F., Hatzfeld, D., Farahbod, A. M., Paul, A., Mokhtari, M., 2007. The diffuse transition between the Zagros continental collision and the Makran oceanic subduction (Iran): microearthquake seismicity and crustal structure. *Geophysical Journal International*, 170, 182-194.
- [6] Ghorbani Rostam, G., Pakzad, M., Mirzaei, N., Sakhaei, S. R., 2018. Analysis of the stress field and strain rate in Zagros-Makran transition zone. *J Seismol*, 22, 287-301.
- [7] Regard, V., Hatzfeld, D., Molinaro, M., Aubourg, C., Bayer, R., Bellier, O., Yamini-Fard, F., Peyret, M. and Abbasi, M., 2010. The transition between Makran subduction and the Zagros collision: recent advances in its structure and active deformation. In: Leturmy, P. and Robin, C. (eds) *Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran during the Mesozoic-Cenozoic*. Geological Society, London, Special Publications, 330, 43-64.
- [8] Gutenberg, B., Richter, C.F., 1954. Seismicity of the Earth. 2nd ed., Princeton University Press, Princeton, NJ, 310 p
- [9] International Seismological Centre, 2023. On-line Bulletin, <https://doi.org/10.31905/D808B830>