# برآورد نرخ گشتاور لرزه ای در کمربند چین خورده و راندگی زاگرس

صدیقه مهدیپور[1]، سعید زارعی*[2]، سید رضا منصوری[3]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران maedehmehdipour71@yahoo.com
[2]*استادیار گروه ژئوفیزیک، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران szarei@pgu.ac.ir
[3]استادیار گروه ژئوفیزیک، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران s.r.mansouri@pgu.ac.ir
*نویسنده مسئول

## چکیده

کمیت نرخ ممان لرزه‌ای نمایانگر مقدار پتانسیل لرزه‌خیزی یک منطقه و یا به بیان دیگر بیانگر نرخ تغییرات انرژی سطح پوسته برای تبدیل شدن آن به تغییرات لرزه ای و غیر لرزه‌ای می باشد. برآورد نرخ گشتاور روشی نسبتاً نوین در بررسی میزان فعالیت‌های زمین‌ساختی در مناطق مختلف پوسته زمین است و زمینه‌ای را برای تلفیق روش‌های مختلف فراهم می‌کند. برای منطقه زاگرس به عنوان یک منطقه فعال از لحاظ لرزه‌خیزی نرخ گشتاور لرزه‌ای (بر مبنای داده‌های زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی) و برآورد شده است. مقدار انرژی آزاد شده در منطقه مورد مطالعه با توجه به کاتالوگ زمین لرزه‌های دستگاهی (1900-2019) $2/8332 \times 10^{18}$ Nm/yr و میزان انرژی آزاد شده در طی زمین لرزه‌های دستگاهی $3/1282 \times 10^{18}$ Nm/yr برآورد شده است.

**واژه‌های کلیدی:** نرخ گشتاور لرزه ای، زلزله،پتانسیل لرزه خیزی، انرژی، زاگرس

# Estimation of seismic moment rate in Zagros fold and thrust belt

**Sedigheh Mehdipour[1], Saeed Zarei*[1], Seyed Reza Mansouri[1]**

[1]Department of geophysics, Faculty of sciences, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
*Szarei@pgu.ac.ir

## Abstract

Seismic moment rate is an indicator for earthquake potential in a region. In the other words, this quantity is the rate of crust surface energy variation to convert to seismic and aseismic deformations. Estimate of moment rate is comparatively reckoned as a new method for dealing with tectonic activities rate in different regions and it prepares the way for putting together different methods. Seismic moment rate (on the basis of historical and instrumental earthquake data) is estimated for Zagros region as an active area. Amount of energy released in the study area according to instrumental earthquake catalogs is estimated to be $3.1282 \times 10^{18}$ Nm/yr and the amount of energy released during historical and instrumental (1900-2019) earthquakes is $3.1282 \times 10^{18}$ Nm/yr.

**Keywords:** Seismic Moment Rate, Earthquake, Seismicity Potential, Energy, Zagros

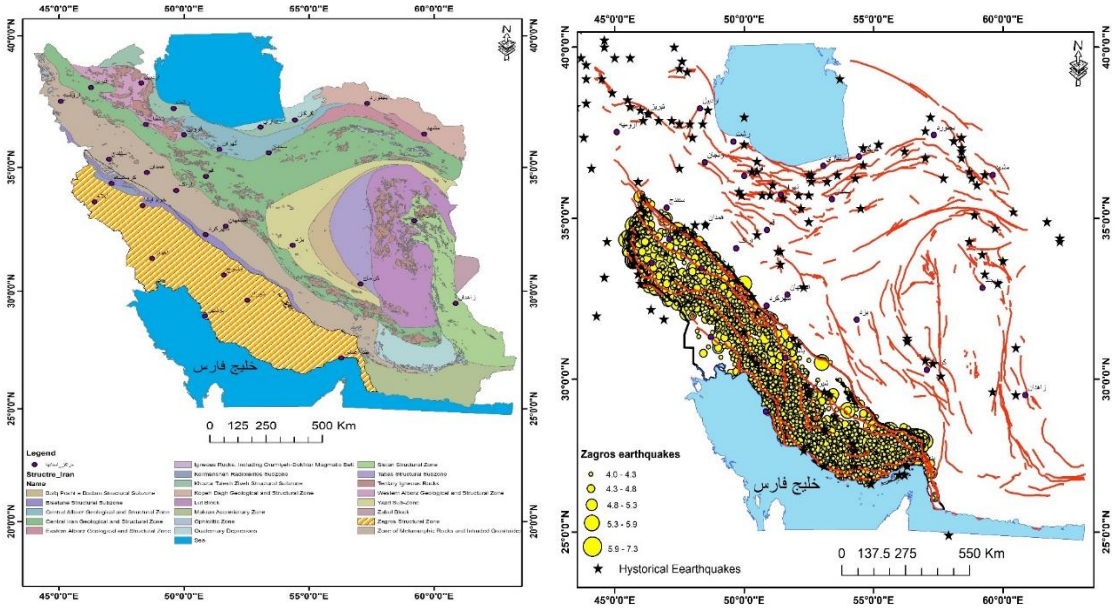
## 1 مقدمه

نرخ گشتاور بیانگر میزان انرژی است که در سامانه های دگریختی صرف می شود. نرخ گشتاور بدست آمده از کاتالوگ زمین‌لرزه‌ها بیانگر انرژی آزاد شده می‌باشد و یک بازه زمانی حدود 120 سال را شامل می‌شود.

یکی از روش‌های برآورد نرخ گشتاور لرزه‌ای، استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری زمین‌لرزه‌ها و کاتالوگ زمین لرزه‌های تاریخی و دستگاهی است. با استفاده از از روابط تجربی می‌توان نرخ گشتاور لرزه‌ای را در منطقه تعیین کرد. گشتاور لرزه‌ای که به این روش به دست می‌آید، تنها مؤلفه لرزه‌ای تغییرشکل را نشان می‌دهد. همچنین پتانسیل زمین‌لرزه‌ای در نزدیکی مکان‌هایی که واقعاً در آنجا زمین‌لرزه‌هایی رخ داده است متمرکز می شود، نرخ گشتاور به دست آمده به صورت واقعیتی برای بررسی برآوردهای دیگر به کار می‌رود و برآورد نرخ گشتاور با این روش ساده و قابل فهم است. از مشکلات و موانعی که این روش دارد می‌توان به محدودیت زمانی نمونه گیری اشاره کرد و اینکه اگر در طی یک کاتالوگ زمین‌لرزه‌ای روی یک ساختار رخ نداده باشد، ساختار ناشناخته باقی می‌ماند. همچنین کمبود داده‌های لرزه‌ای مهم در یک منطقه می‌تواند باعث ایجاد خطا در نتیجه نهایی و اختلاف آن با نتایج حاصل از روش‌های دیگر گردد.

## 2 زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در فلات ایران به عنوان بخشی از کمربند کوهزایی آلپ-هیمالیا می‌باشد که مطابق با شکل (1) از شمال محدود به گسل تراست اصلی زاگرس، از جنوب محدود به خلیج فارس، از خاور تا گسل میناب و از باختر نیز محدود به مرز ایران و عراق می باشد. شکل (1) پهنه های زمین‌ساختی ایران و پراکندگی زمین لرزه های زاگرس را نشان می‌دهد. تغییر شکل فعال در کمربند کوهزایی زاگرس نتیجه همگرایی(با جهت تقریباً شمالی – جنوبی) بین صفحه عربی و کمربند اوراسیا با نرخ 25-30 mm/yr می‌باشد(Hessami et al., 2006). همگرایی از زمان کرتاسه بالایی در داخلی‌ترین بخش‌های زاگرس شروع شد و تا حال نیز ادامه دارد (Dehghani and Makris, 1983).




شکل 1. چپ: نقشه تقسیم بندی ساختاری ایران بر اساس تقسیم بندی بربریان. راست: نقشه گسل های فعال ایران و زلزله های دستگاهی و تاریخی پلات شده روی منطقه زاگرس. زلزله های دستگاهی مربوط به سالهای 1900 تا 2019 و بزرگتر از 4 می باشند.

## 3 روش تحقیق

در این روش با توجه به روابط تجربی موجود بین بزرگاهای مختلف ($M_W$ ,$M_S$ , $m_B$ , $M_L$) و گشتاور لرزه‌ای اسکالر، می توان گشتاور لرزه‌ای را برای هر زمین‌لرزه محاسبه و سپس نرخ گشتاور لرزه‌ای را تعیین کرد.

گشتاور لرزه‌ای در این روش با توجه به روابط موجود بین گشتاور لرزه‌ای و انواع بزرگا ($M_L$ ,$M_S$, $m_B$, $M_W$) تعیین می‌شود. روابطی که استفاده می شود عبارتند از:

بر اساس $m_b$ ( Jahnston, 1966 )

$$\log(M_0/Nm)=11.28+0.679m_b+0.077m_b^2$$

بر اساس $M_S$ ( Hanks, 1979 )

$$\log(M_0/Nm)=9.05+1.5M_S$$

بر اساس $M_W$ ( Kanamori, 1977 )

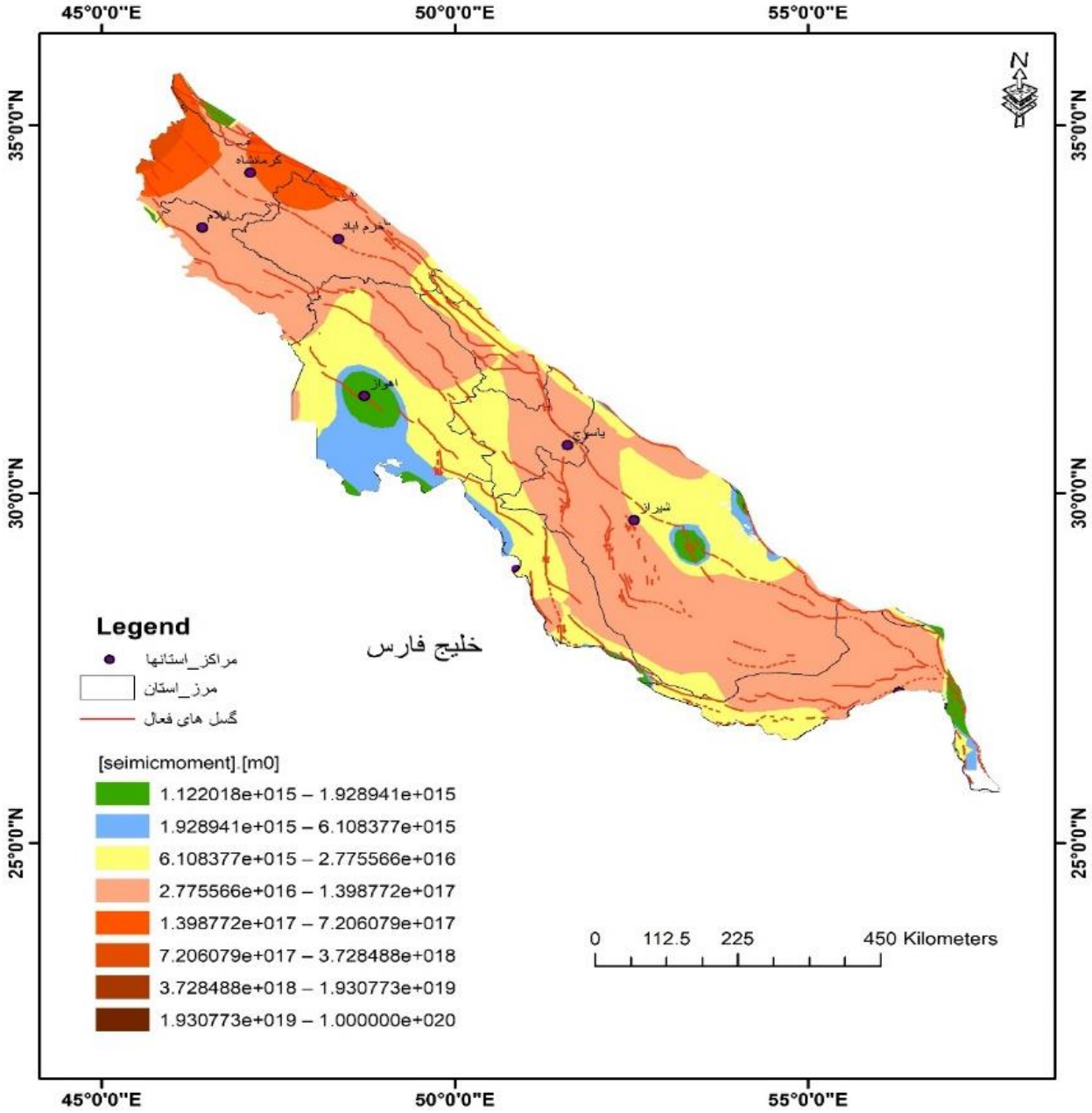
$$M_W=\frac{2}{3}\log(M_o/Nm)-6.0$$

در برآورد نرخ گشتاور لرزه‌ای از کاتالوگ زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی منطقه مورد نظر استفاده می‌شود. کاتالوگ‌های زمین‌لرزه‌ای مورد استفاده در این پژوهش برای زمین لرزه های 1900 تا 2006 از کاتالوگ انگدال (2006) استفاده و از 2006 تا 2019 از موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران استفاده شده است.

زمین‌لرزه‌های تاریخی با توجه به آمبرسیز و ملویل(1982) و بربریان(2014) به دست آمده است. در رابطه با بزرگی ها با واحدهای مختلف، همگی بزرگاها یکسان و بر طبق بزرگای گشتاوری محاسبه و سپس مقدار نرخ گشتاور برآورد گردید.

## 4 نتیجه گیری

شکل 2 پهنه بندی به روش کریجینگ در افزونه زمین‌آمار نرم افزار Arc GIS 10.4 را نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل نشان داده شده است هرجه مناطق به سمت رنگ‌های گرمتر گرایش پیدا کنند نشان‌دهنده نرخ گشتاور لرزه-ای بالاتر و و در نتیجه آزاد شدن مقدار بیشتر انرژی در این مناطق می باشد. بیشترین مقدار نرخ گشتاور محاسبه شده مربوط به زمین لرزه 7.3 ریشتری ازگله کرمانشاه در سال 2017 می‌باشد. و مقدار گشتاور لرزه‌ای برآورد شده برای زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی در کل پهنه زاگرس معادل $3/1282\times10^{18}$ Nm/yr می باشد که به روش میان‌گیری بر اساس سال‌های موجود در کاتالوگ محاسبه گردیده است. در زاگرس به سطح نرسیدن گسله‌ها، ناهمگن بودن مکانیزم گسله‌ها، عدم انطباق پراکندگی سطحی زمین لرزه‌ها با گسله‌های موجود، صرف انرژی زیاد در طی چین-خوردگی‌ها و استرین داخلی و تفاوت در سبک تکتونیکی و ساختاری بخش‌های مختلف منطقه موجب شده است که تفاوت‌هایی را در نرخ گشتاور لرزه ای در بخش های مختلف داشته باشیم.




شکل 2. پهنه بندی نرخ گشتاور لرزه ای زاگرس بر اساس کاتالوگ زمین لرزه ها (1900-2019). بیشترین مقدار انرژی آزاد شده طی زمین لرزه 12 نوامبر 2017 می باشد.

## منابع

Ambraseys, N. N., Melville, C. P., 1982, A history of Persian earthquakes: Cambridg University Press, Britain, Translated by Abolhassan Radeh, Agah Publishers, Tehran,1991.

Berberian, M. (2014) Earthquakes and Coseismic Surface Faulting on the Iranian Plateau: Elsevier, 699.

Dehghani, G. A., Makris, J., 1983, The gravity field and crustal structure of Iran: In Geodynamic pp.51-68. Iran.Rep. No.51, project, Geotraverse, in Iran. Geol. Surv.

and K. Priestley (2006) Relocation and Engdahl, E.R., J.A. Jackson, S.C. Myers, E.A. Bergman 761-778. of seismicity in the Iran region, Geophys. J. Int., 167, assessment

Hanks, T. C. and Kanamori, H. (1979) A moment magnitude scale. *J Geophys Res* **84**, 2348-2350.

Hessami, K., Nilforoushan, F. & Talbot, C.J., 2006. Active deformation within the Zagros Mountains deduced from GPS measurements, J. Geol. Soc. Lond., 163, 143–148.

Jahnston, A. (1996) Seismic moment assessment of earthquakes in stable continental regions-III. New Madride 1811-1812, Chaleston 1886 and Lisbon 1755: *Geophy J Int* **126**, 314-344.

Kanamori, H. (1977) Seismic and aseismic slip along subduction zones and their tectonic implications. *Maurice Ewing Ser* **1**, 162-174.