



بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹ The 23rd Symposium of Geological Society of Iran 10-11 November, 2020



برآورد نرخ گشتاور زمین شناسی در پهنه فارس

^۱صدیقه مهدی پور، ^۲*سعید زارعی، ^۳سیدرضا منصوری

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران maedehmehdipour71@yahoo.com

^{۲۰}استادیار گروه ژئوفیزیک، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران szarei@pgu.ac.ir

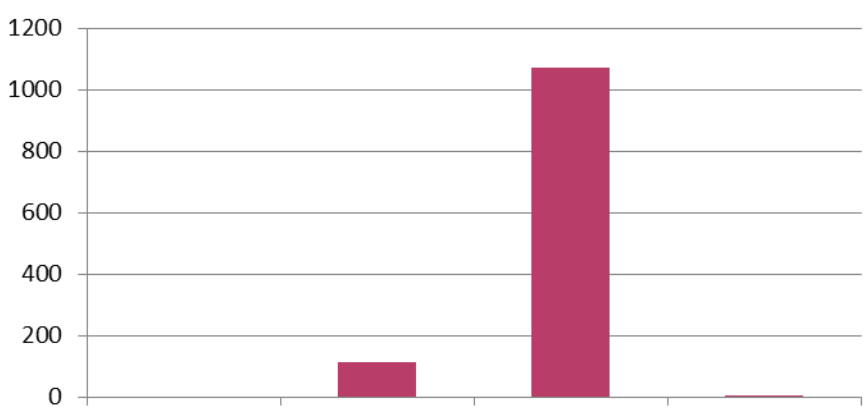
^{۳۰}استادیار گروه ژئوفیزیک، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران s.r.mansouri@pgu.ac.ir

نتیجه گیری

شکل (۱) نقشه گسل های بنیادی و اصلی منطقه را نشان می‌دهد. اگر منطقه مورد بررسی به سه بخش فارس داخلی، فارس ساحلی و فارس نزدیک به ساحل تقسیم شود، مقدار نرخ گشتاور زمین شناسی برای هر بخش به این صورت خواهد بود.

برای بخش فارس داخلی با توجه به گسل های دنا، سبزپوشان و کره بس نرخ گشتاور زمین شناسی برابر $10^{14} \text{ Nm/yr} * ۱۱.۳۰۰۰۸$ برآورد شده است. در بخش فارس بیرونی، فارس نزدیک به ساحل با توجه به گسل های کازرون و لار این مقدار برابر $10^{14} \text{ Nm/yr} * ۱۰.۷.۴۰۶۰۷$ و برای بخش فارس ساحلی مقدار گشتاور $10^{13} \text{ Nm/yr} * 2.35921$ تعیین شده است.

نرخ گشتاور زمین شناسی نشان دهنده توان بالقوه گسله های منطقه برای آزاد نمودن انرژی الاستیکی است که در آنها ذخیره شده است. بیشترین میزان نرخ گشتاور زمین شناسی و یا به عبارتی انرژی ذخیره شده در بخش فارس بیرونی، فارس نزدیک به ساحل و کمترین میزان آن در بخش فارس ساحلی خواهد بود (شکل ۲). بر همین اساس احتمال خطر لرزه‌ای در بخش فارس نزدیک به ساحل بیش از بخش‌های دیگر است.



شکل ۲: تغییرات نرخ گشتاور زمین شناسی در پهنه فارس.

مواد و روش کار

$\vec{M}$

برای به دست آوردن نرخ گشتاور لرزه‌ای از طریق زمین‌شناسی به داده‌هایی همچون طول گسل، شیب گسل، نرخ لغزش و ضخامت لایه لرزه زا منطقه نیازمند هستیم. اگر ضخامت لایه لرزه زا در منطقه ثابت باشد نرخ گشتاور لرزه‌ای از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود(Ward 1998).

$$\vec{M} = \Delta \Sigma (L_i H_i S_i / \cos \delta_i)$$

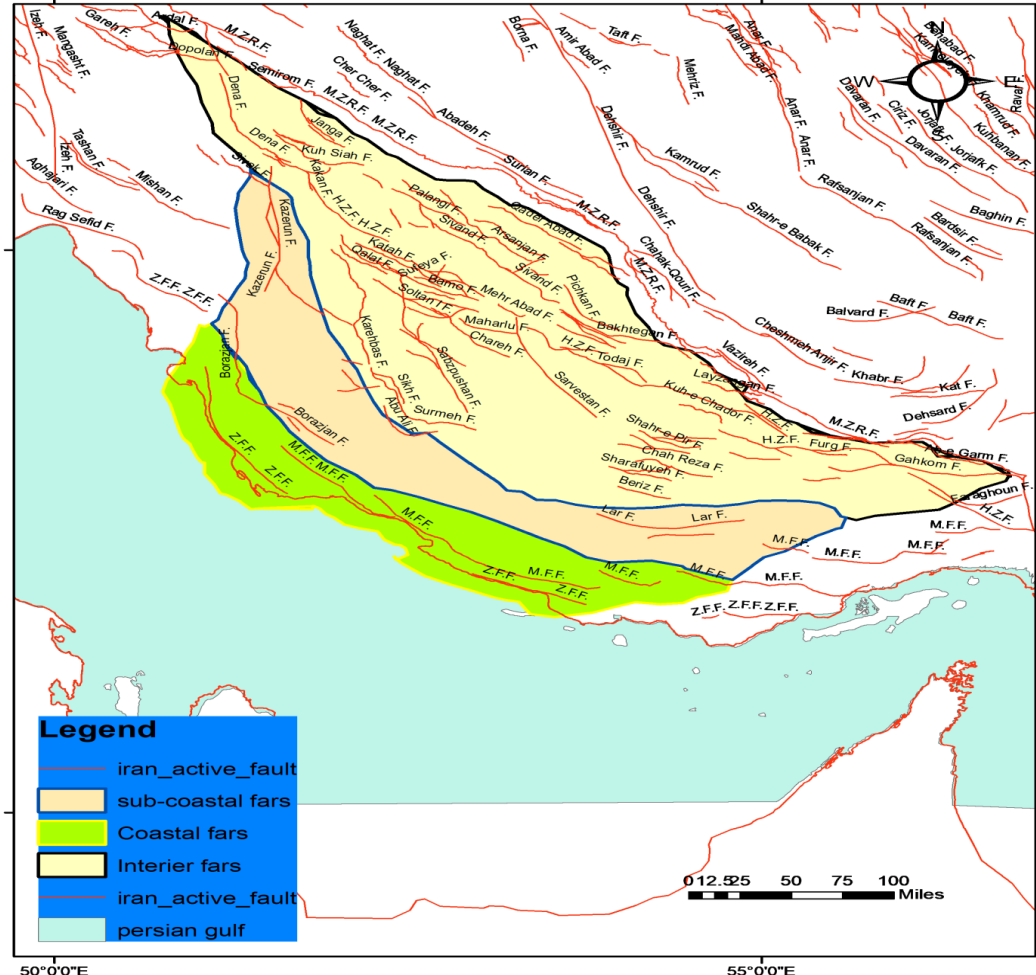
Δ ضرب برشی، L طول گسل، δ نرخ لغزش گسل، S شیب گسل و H ضخامت لایه لرزه زای منطقه است. ضرب برشی برای سنگهای موجود در پوسته زمین 10^{10} Nm^2 یا $10^{11} \text{ dyne/cm}^2$ می باشد. اگر پهنای فروشیبی (down dip) هریک از گسل ها به صورت مجزا مشخص باشد می‌توان از معادله زیر استفاده کرد.

$$= \mu \Sigma (L_i S_i W_i \rho^D)$$

پهنای فروشیبی گسل (down dip fault) است. نسبت ضخامت لرزه ای به شیب گسله در واقع معادل با پهنای فروشیبی گسل (W^D) است.برای برخی از گسله‌ها مقدار شیب گسل در منابع مختلف ذکر نشده و در صحرا هم بدلیل عدم دسترسی به رخنمون مناسب از سطح گسل، قابل اندازه گیری نمی باشد، بنابراین و بر اساس قرار داد مقدار شیب برای گسل‌های نرمال 60° ، برای گسل های معکوس و راندگی 30° و برای گسل‌های امتداد لغز 90° فرض می‌شود. طول گسل نیز در روی نقشه و با توجه به مقیاس آن قابل اندازه گیری است. مقدار طول برخی از گسله ممکن است در منابع مختلف به صورت متفاوتی ذکر شده باشد که این به دلیل عدم تشخیص قطعی نقاط ابتدا و انتهای گسل‌ها توسط پژوهشگران مختلف است.

بحث

پهنه فارس از نگاه جغرافیایی، به دو بخش فارس داخلی (Interior fars) و فارس بیرونی(External fars) تقسیم می شود . فارس بیرونی به دو زیر پهنه کوچکتر به نام فارس ساحلی (Coastal fars)، و فارس نزدیک به ساحل (sub-coastal fars) تقسیم می شود. بسیاری از زمین شناسان، فارس را گستره واقع در میان دو گسل کازرون در باختر و گسل میناب در خاور می دانند. ولی، مطیعی(۱۳۷۲)، ویزی های زمین شناسی بخش خاوری فارس را متفاوت می داند و به آن پس خشکی بندرعباس نام داده است، بدین سان مرز باختری پهنه فارس با زون گسلی کازرون بسته می شود و مرز خاوری آن خطی فرضی است که از حوالی بندر نخیلو آغاز و نزدیک کوه فینو، شمال بندرعباس، تا راندگی اصلی زاگرس ادامه می یابد. مرز شمالی فارس، زون راندگی ها و مرز جنوبی آن، خط ساحلی خلیج فارس است. شکل ۱ نقشه گسل های و تقسیم بندی لرزه زمین ساختی را نشان می دهد.



شکل ۱: نقشه گسل های بنیادی پهنه فارس شامل فارس داخلی(Interior fars) ، فارس بیرونی، فارس نزدیک به ساحل(sub-coastal fars) و فارس ساحلی (Coastal fars) می باشد.

نرخ گشتاور زمین‌شناسی با توجه به داده های گسلی و ضخامت لایه لرزه زا در منطقه بدست می آید. مقادیر بدست آمده نشان دهنده میزان پتانسیل و توانایی گسله ها برای آزاد کردن انرژی الاستیک ذخیره شده است. با وجود مطالعات زیاد که تا به امروز صورت گرفته است هنوز نواقص داده ای و خطا وجود دارد که می توتند سبب بروز اشکالاتی در برآورد گشتاور زمین شناسی گردد. در این منطقه مطالعات انجام شده بر روی گسل های دنا، سبزپوشان و کره بس که مربوط به بخش فارس داخلی (طبق شکل ۱) می باشد. و میزان نرخ لغزش بر روی این گسله ها به ترتیب 2 mm/yr ، 3 mm/yr ، 2 mm/yr و 2 mm/yr برآورد شده است (walpersdorf et al, 2006). نرخ لغزش برای گسل های کازرون و لار که مرتبط به بخش فارس بیرونی، فارس نزدیک به ساحل(طبق شکل ۱)، به ترتیب 2.۴۸ mm/yr برآورد شده است (khodaverdian et al., 2015)، و برای گسل لار 2 mm/yr از نقشه لرزه زمینساخت ایران برآورد شده است. و این کمیت برای گسل برازجان بخش فارس ساحلی (طبق شکل ۱) ۰.۶ mm/yr برآورد شده است (khodaverdian et al., 2015)، در جدول (۱)اطلاعات زمین شناسی برخی گسل های پهنه فارس آورده شده است.

جدول۱: مشخصات گسلی و نرخ گشتاور زمین شناسی گسله های با نرخ لغزش معین در منطقه مورد مطالعه.

نرخ گشتاور زمین شناسی	شیب گسل	نرخ لغزش	ضخامت لایه لرزه زا	شیب سفتی	طول گسل (km)	نام گسل
2.35921×10^{13}	43	0.67	11	$E+103.00$	78	بrazجان
7.57527×10^{14}	83	2.48	11	$E+103.00$	112	کازرون
4.02907×10^{14}	75	3	11	$E+103.00$	105	دنا
2.48696×10^{14}	78	2	11	$E+103.00$	78	سبزپوشان
9.98308×10^{13}	45	2	11	$E+103.00$	106.94	لار
4.78405×10^{14}	80	2	11	$E+103.00$	125.4	کره بس

چکیده

نرخ گشتاور زمین‌شناسی یک روش نوین در برآورد پتانسیل لرزه‌ای و فعالیت تکتونیکی یک منطقه به شمار می رود. در اینجا، پهنه فارس به عنوان یک منطقه فعال از لحاظ لرزه خیزی مورد بررسی قرار گرفته است. نرخ گشتاور زمین‌شناسی در منطقه با استفاده از ویژگی های هندسی گسله های اصلی که در سطح رخنمون دارند همانند طول گسل، شیب گسل، نرخ لغزش گسل و ضخامت لرزه زا در منطقه، برآورد شده است. با وجود عدم برخی اطلاعات در مورد گسله‌ها، نرخ گشتاور زمین‌شناسی در منطقه $1.423 \times 10^{16} \text{ Nm/yr}$ تخمین زده شده است. پهنه زمین ساختی فارس بر اساس ویژگی های تکتونیکی و رسوب شناسی به سه بخش فارس ساحلی، فارس نزدیک به ساحل و فارس داخلی تقسیم می شود. براساس مطالعات انجام شده پتانسیل لرزه‌ای در بخش فارس نزدیک به ساحل بیشتر از فارس داخلی و فارس ساحلی می باشد. جایی که گسل های مهمی مثل کازرون وجود دارند.

کلمات کلیدی:پهنه فارس، نرخ گشتاور زمین شناسی، انرژی، پتانسیل لرزه خیزی

مقدمه

برآورد نرخ گشتاور یکی از روش‌های بررسی میزان انرژی در سامانه‌های زمین‌شناسی است و با اندازه‌گیری آن می‌توان مقدار انرژی صرف شده در یک سیستم را بدست آورد. هنگام رخداد زمین لرزه‌ها، در امتداد سطح گسل برش اتفاق می‌افتد که عامل ایجاد این برش، دو نیروی مساوی و در خلاف جهت یکدیگر هستند که اصطلاحاً زوج نیرو نامیده می شوند. این زوج نیرو سبب ایجاد گشتاور در سطح گسل می شوند. با اندازه گیری این گشتاور که با توجه به خصوصیات هندسی گسله همانند طول، شیب و میزان لغزش بر روی گسله برآورد می‌شود می‌توان مقدار انرژی آزاد شده در هنگام رخداد زمین لرزه را اندازه گیری کرد. این گشتاور اندازه گیری شده، گشتاور لرزه ای(seismic moment) و بزرگایی که براساس آن بدست می آید بزرگای گشتاوری(Moment magnitude) است که با علامت اختصار(MW) نشان داده می شوند. علاوه بر این که هدف ما دراین مقاله است با توجه به نرخ لغزش گسله‌ها و ویژگی‌های زمین شناسی آنها و ضخامت لایه لرزه زا در منطقه می‌توان نرخ گشتاور یا توان بالقوه گسله‌های منطقه را در آزاد کردن انرژی الاستیکی ذخیره شده در پوسته بدست آورد. این مطالعات بر پایه مطالعاتی است که توسط (Ward 1998) در جهت برآورد نرخ گشتاور به روش های زمین‌شناسی، زمین لرزه‌ای و ژئودتیکی و مقایسه آنها با یکدیگر برای ایالات متحده آمریکا و همچنین اروپا انجام شده است. بعلاوه تحقیق مشابهی توسط (Pancha et al.2006) برای ایالت زمین شناختی Basin&Range امریکا صورت گرفته است. در ایران اسدی سرشار(۱۳۸۹) برای البرز مرکزی و زارعی(۱۳۹۶) برای منطقه لوت مطالعات مشابهی را انجام داده اند.

در دینامیک دورانی،گشتاور نیرویی است که مقدار حرکت زاویه ای یک سامانه را تغییر می دهد و به صورت حاصل ضرب نیرو در فاصله از مرکز چرخش بیان می شود. دیمانیسون یا ابعاد فیزیکی گشتاور نیرو « فاصله است و بر حسب واحدهای اصلی سیستم متریک به صورت $M = I \omega^2$ یا T_L به ترتیب ابعاد فیزیکی جرم، طول و زمان هستند بیان می شود.واحد گشتاور در سیستم متریک (SI)، نیوتن متر (Nm)یا ژول (J) و در سیستم CGS، دین سانتی متر (dyne-cm) می باشد. گشتاور از نظر واحد اندازه گیری و ابعاد فیزیکی معادل کار و انرژی است بنابراین با اندازه گیری گشتاور می توان مقدار انرژی را در یک سیستم تعیین کرد.

ارزیابی پتانسیل زمین لرزه ای بر اساس گسل‌ها، تاریخچه ای طولانی دارد. نرخ گشتاور زمین شناسی که با توجه به خصوصیات فیزیکی گسل های منطقه بدست می‌آید، میزان توانایی گسل های منطقه را در فعالیت‌های تکتونیکی و زمین لرزه ای نشان می دهد. برآوردهای نرخ گشتاور تنها بر اساس داده های زمین شناسی با نتایجی که از روش های ژئودتیکی و لرزه ای به دست می آید متفاوت است به دلیل آنکه تنها آن مکان هایی که دارای یک گسل مشخص هستند پتانسیل لرزه ای دارند. بنابراین این روش به یک دسته مشخص از گسل‌ها نیازمند است و فقط گسل‌های شناخته شده را در برمی گیرد. این روش نسبت به دو روش دیگر (ژئودتیکی و لرزه ای) محدوده زمانی طولانی تری از تاریخ زمین‌شناسی را در برمی گیرد. برای برآورد نرخ گشتاور زمین شناسی دقیق در یک منطقه باید داده های زمین‌شناسی کافی در مورد گسل های منطقه وجود داشته باشد. البته می دانیم که در هیچ کجای دنیا داده های زمین شناسی کافی و دقیق در مورد گسل ها وجود ندارد و با توجه به اینکه برخی گسل ها زیرسطحی و ناشناخته یا مدفون در عمق هستند، به طور معمول نرخ گشتاور زمین شناسی دقیقی را ارائه نمی کنند و این امر موجب بروز اختلافاتی نسبت به دو روش لرزه ای و ژئودتیک می شود که طبیعی است. و کم و بیش در همه ی مناطق جهان بدلیل ناقص بودن کاتالوگ های گسلی و اطلاعات زمین شناسی در مورد گسله ها بویژه مقدار نرخ لغزش آنها، برآورد گشتاور زمین شناسی بطور نسبی با خطای بیشتری همراه خواهد بود. اما به هر حال برآورد نرخ گشتاور زمین شناسی نسبت به دو روش دیگر مزیت هایی دارد که عبارتند از:

- در نقشه پتانسیل لرزه‌ای که بر این اساس بدست می آید پتانسیل لرزه‌ای نزدیک گسل‌های شناخته شده قرار می گیرد.
- با روش‌های قدیمی تحلیل خطر لرزه‌ای تطابق خوبی نشان می‌دهد.
- این روش محدوده زمانی بسیار طولانی از تاریخچه زمین شناسی را شامل می شود و محدودیت زمانی روش های ژئوفیزیکی و ژئودتیکی را ندارد.

از معایب این روش می‌توان به عدم توانایی زمین‌شناسان در تعیین تمام موقعیت‌های گسلی، نرخ‌های لغزش و نوع وضعیت گسیختگی اشاره کرد.

اسدی سرشار، مریم،(۱۳۸۷). مقایسه نرخ گشتاورهای لرزه‌ای، زمین شناسی وژئودتیک درالبرز مرکزی.سال نوزدهم، شماره ۷۵.
زارعی سعید، خطیب محمد مهدی. زارع مهدی. موسوی سید مرتضی (۱۳۹۶): ارزیابی توان لرزه‌خیزی پهنه لوت با مقایسه نرخ گشتاورهای ژئودتیک، لرزه‌ای و زمین‌شناسی. مجله علوم و مهندسی زارلر.
مطیعی، همایون.۱۳۴۰. زمین شناسی ایران: زمین شناسی نفت زاگرس انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

Ward S.N. 1998: On the consistency of earthquake rates, geological fault data, and space geodetic strain: the United States. *Geophys. Jour. Int.* **134**: 172-187
Wells D.L., Coppersmith K.J. 1994: Emprial relationships among magnitude, rupture lenth, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seismo. Soc. Am.* **84**: 974-1002.
Pancha, A. Anderson, J. G. Kreemer, C. (2006) Comparison of seismic and geodetic scalar moment rates across the Basin and Range province: *Bull seismo soc Am* 96, 11-32
Khodaverdian, A., H. Zafarani, and M. Rahimian (2015). Long term fault slip rates, distributed deformation rates and forecast of seismicity in the Iranian Plateau, *Tectonics*, 34, 2190-2220. doi:10.1002/2014TC003796.
Walpersdorf, A., Hatzfeld, D., Nankali, H., Tavakoli, F., Nilforoushan, F., Tatar, M., Vernant, P., Ches ry, J. & Masson, F., 2006. Diference in the GPS deformation pattern