

ارزیابی توان حرکتی گسل مشا (در گستره باختر فیروزکوه تا شهرستانک)

ساره بحیرایی^۱، مهران آرین^۲، منوچهر قرشی^۳ و علی سلگی^۴

^۱ دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۳ دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال؛ پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۴ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

گسل مشا مهم‌ترین ساختار گسلی در جنوب البرز مرکزی است. با توجه به فعال بودن این گسل و تأیید شواهد ریخت‌شناختی و زمین‌لرزه‌های بزرگ تاریخی رخ داده بر اثر فعالیت آن و همچنین نزدیکی به کلان شهر تهران، مطالعه آن اهمیت بالایی دارد. بنابراین به عنوان یک متغیر، ارزیابی توان لرزه‌ای گسل مشا ما را در مطالعه لرزه‌زایی منطقه کمک می‌کند. در این نوشتار از الگوی Lee et al. (1997) برای ارزیابی توان حرکتی گسل مشا استفاده شده است. این الگوی نظری مبتنی بر روابط میان ویژگی‌های هندسی گسل‌ها و میدان تنش زمین‌ساختی ناحیه‌ای است. برای استفاده از معادلات این الگو، داده‌های ساختاری با هدف دست‌یابی به موقعیت محورهای اصلی تنش در زمان اعمال تنش در گستره وسیعی از گسل مشا گردآوری شد که شامل ۱۳ ایستگاه هستند. سپس با استفاده از روش وارون‌سازی، تنش اصلی پیشینه گسل مشا و هر مقطع به‌طور جداگانه به‌دست آمد و در معادلات جاگذاری شد.

کلیدواژه‌ها: گسل مشا، توان حرکتی، میدان تنش زمین‌ساختی ناحیه‌ای.

***نویسنده مسئول:** ساره بحیرایی

E-mail: sara_bahiraee@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

گستره مورد مطالعه در دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز مرکزی در بین عرض‌های ۳۵° ۳۵' تا ۳۶° ۳۵' شمالی و طول ۵۱° ۴۰' تا ۵۲° ۴۰' خاوری واقع شده و بخشی از لبه جنوبی البرز مرکزی است. این محدوده از روستای امین‌آباد در باختر فیروزکوه تا روستای شهرستانک واقع در جاده کرج- چالوس را در بر می‌گیرد (شکل ۱). از دیدگاه سنگ‌شناسی محدوده مورد مطالعه بیشتر شامل توف‌های سبز کرج به سن ائوسن است که از رسوبات آذرآواری زیردریایی و جریان‌های آتشفشانی تشکیل شده است که در برخی مناطق بر اثر فعالیت گسل مشا به زیر سازندهای قدیمی‌تر از خود رفته‌اند.

لرزه‌خیزی ارتباط مستقیمی با گسل‌های فعال کواترنری دارد. به عنوان یک متغیر ارزیابی توان حرکتی گسل به کمی کردن خطر زمین‌لرزه در امتداد گسل‌های فعال می‌پردازد. از این رو، از آن برای ارزیابی خطر زمین‌لرزه در امتداد گسل مشا استفاده می‌شود. در این مقاله سعی شده است تا به ۲ سوال اصلی پاسخ داده شود:

(۱) سطح فعالیت گسل مشا چه مقدار است؟

(۲) آیا گسل مشا می‌تواند باعث ایجاد یک زمین‌لرزه ویرانگر شود؟

مطالعات پیشین در مورد این موضوع بر پایه تحلیل‌های زمین‌ساخت لرزه‌ای بربریان و همکاران (۱۳۷۵) و (Arian & Qorashi, 2006) است. در این نوشتار از روش Lee et al. (1997) برای ارزیابی فعالیت گسل مشا با توجه به روابط مکانیکی بین هندسه گسل و میدان تنش زمین‌ساختی استفاده شده است.

۲- روش مطالعه

به منظور ارزیابی و تحلیل توان حرکتی گسل، سطوح برشی دارای خطواره‌های لغزشی (شکل ۲) و صفحات گسلی مرتبط به آنها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل با توجه به برخی پدیده‌های زمین‌شناسی دیگر مانند صفحات تزریق، استیلولیت‌ها و پله‌های تجمعی کانی‌ها کنترل شدند و در پایان تغییرات سوی تنش در واحدهای سنگی محاسبه شد.

برای این منظور از روش وارون‌سازی (Inversion Method) برای تعیین سوی محورهای اصلی تنش استفاده و در همه مقاطع، تنش‌های اصلی توسط نرم‌افزار

۳- گسل مشا

گسل مشا، گسلی با درازای حدود ۲۰۰ کیلومتر، با روند حدودی N110 و سازوکار فشاری با مؤلفه راستالغز چپ‌گرد است. در راستای این گسل بنیادی، جوان و دراز، گستره بلند البرز (از سوی شمال) به روی چین‌های کناری البرز (در جنوب) رانده شده است. شیب گسل مشا همواره به سوی شمال و شمال‌خاوری میل داشته و میان ۳۵ تا ۷۰ درجه در نوسان است. فرادواره گسل مشا را سنگ‌هایی با گستره سنی متفاوت پروتروزوییک پسین تا ترشیری تشکیل می‌دهند. سنگ‌های فرودواره گسل افزون بر این شامل سنگ‌های نئوژن و کواترنری نیز می‌شود و در کل به نظر می‌رسد، چه از دیدگاه برجستگی و چه از دیدگاه چینه‌نگاشتی فرادواره گسل مشا نسبت به فرودواره آن دچار بالاآمدگی قابل ملاحظه‌ای شده باشد. به سوی باختر، جابه‌جایی چینه‌نگاشتی گسل مشا کم می‌شود. در محل روستای افجه، سنگ‌های سازند کرج در راستای گسل مشا روی نهشته‌های سرخ رنگ نئوژن رانده شده‌اند.

۴- مدل تئوری برای تحلیل توان حرکتی گسل

توان حرکتی گسل (FMP) ارتباط نزدیکی با تنش زمین‌ساختی (σ) و هندسه صفحه گسل (G) و ویژگی‌های فیزیکی متوسط درون آن و روی هر دو بخش گسل (P) دارد. توان حرکتی گسل تابعی از این فاکتورهاست (Lee et al., 1997):

$$FMP = f(\sigma, G, P) \quad (1)$$

اگر چه یک ساختار زمین‌شناسی به‌طور کلی ناهمگن و بسیار پیچیده است، ولی به منظور انجام محاسبات به‌صورت آماری می‌تواند همگن در نظر گرفته شود. بنابراین توان حرکتی گسل به‌صورت زیر ساده می‌شود:

$$FMP = f(\sigma, G) \quad (2)$$

در نهایت بر پایه کارهای انجام شده توسط Lee et al. (1997) و

حل شد که نتایج آن در جدول ۳ به نمایش درآمده است. پس از انجام محاسبات، نتایج حاصل از روش Lee et al. (1997) یعنی حل معادله بر پایه تنش ناحیه‌ای با نتایج حاصل از حل معادله بر پایه تنش محلی با یکدیگر مقایسه شدند.

۷- نتیجه‌گیری

محاسبه پتانسیل حرکتی گسل با استفاده از تنش‌های محلی مناسب‌تر است زیرا انطباق بیشتر و قابل توجهی را با پراکنش داده‌های لرزه‌ای (شکل ۲) نشان می‌دهد. بر پایه محاسبه پتانسیل حرکتی گسل، پایانه باختری گسل مشا، فعال‌تر از پایانه خاوری آن است.

قطعه آردینه دارای بیشترین پتانسیل حرکتی در مقایسه با دیگر قطعات گسلی راستالغز است.

بخش باختری گسل مشا (از قطعه افجه به سوی باختر) دارای نرخ لرزه‌خیزی کمتری نسبت به بخش خاوری آن است که این موضوع با تغییر سازوکار چیره آنها از وارون به راستالغز چپ‌بر و بنابراین کاهش دوره بازگشت لرزه‌ای در پی تغییر سازوکار، کاملاً سازگار است.

نرخ لرزه‌خیزی به‌طور تدریجی به سوی پایانه باختری گسل مشا افزایش می‌یابد که این وضعیت با نرخ فزاینده پتانسیل‌های حرکتی محاسبه شده از امامه تا شهرستانک همخوانی آشکاری دارد.

نرخ لرزه‌خیزی به‌طور تدریجی به سوی پایانه خاوری گسل مشا کاهش می‌یابد که این وضعیت با نرخ کاهنده پتانسیل‌های حرکتی محاسبه شده از آردینه تا دلیچای همخوانی دارد.

نیمه باختری بخش خاوری گسل مشا در مقایسه با نیمه خاوری آن دارای لرزه‌خیزی بیشتری است که این موضوع نیز با مقادیر محاسبه شده پتانسیل حرکتی به خوبی همخوانی دارد. این وضعیت می‌تواند با تغییر سازوکار چیره آنها از وارون (در دلیچای و امین‌آباد) به راستالغز چپ‌بر (در آردینه) توجیه شود.

مکان پایان تظاهرات لرزه‌ای نیمه باختری بخش خاوری گسل مشا، به طرز چشمگیری با افت حداکثری پتانسیل حرکتی گسل در حدواسط برگ جهان-افجه منطبق است.

Lokajicek et al. (1988) توان حرکتی گسل برای کمی کردن ارتباط میان پتانسیل حرکتی گسل به عنوان یک فاکتور متعادل شده توسط معادلات زیر تعریف می‌شود:

$$FMP = \begin{cases} 0 & \theta \in (0^\circ, 30^\circ) \\ 1 + \frac{\theta - 60^\circ}{30^\circ} & \theta \in (30^\circ, 60^\circ) \\ 1 - \frac{\theta - 60^\circ}{30^\circ} & \theta \in (60^\circ, 90^\circ) \end{cases} \quad (3)$$

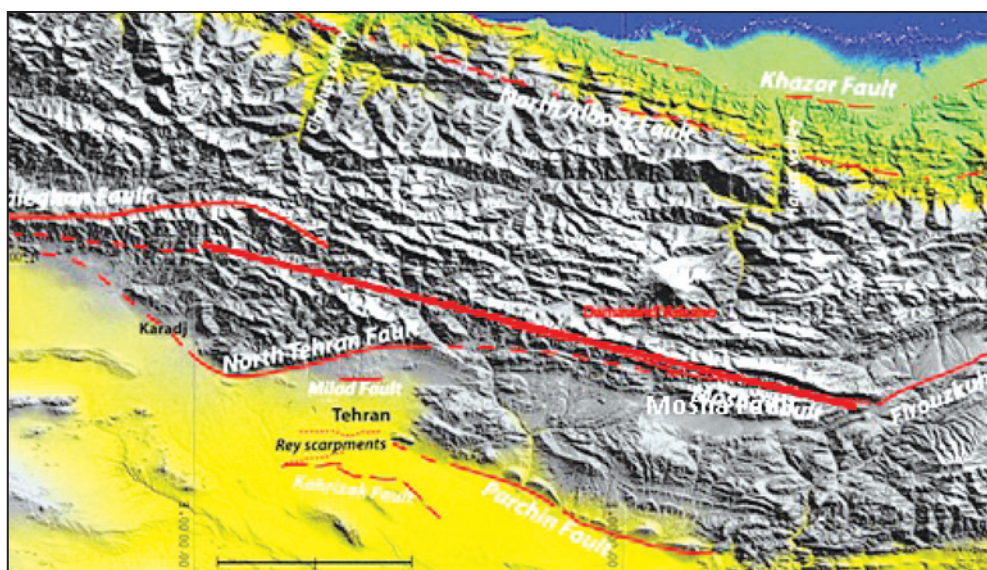
θ زاویه بین سوی بیشینه تنش اصلی فشاری (σ_1) و روند طبیعی صفحه گسل است.

۵- جهت‌های تنش زمین‌ساختی ناحیه‌ای

به منظور بررسی دینامیک گسل‌ها و تعیین تنش آنها، ۴ ماه پژوهش‌های میدانی در سرتاسر منطقه مورد پژوهش انجام و ۱۳ مقطع با حدود ۴۵۰ خش لغز برداشت شد. برای تحلیل میدان تنش زمین‌ساختی وضعیت سطح گسل‌ها، خش لغز موجود روی آنها و سوی برش بلوک‌های دو سوی گسل برای توصیف ساختاری و تعیین راستای جابه‌جایی گسل‌های موجود صورت گرفت. برای تعیین سوی برش گسل‌ها از روش Angelier (1994) استفاده شد. پس از انجام تصحیحات اولیه، پردازش داده‌ها برای محاسبه بیشینه تنش زمین‌ساختی توسط نرم‌افزارهای مربوط صورت گرفت. در آخر جهت‌های تنش زمین‌ساختی محلی برای هر بخش گسل مشا به‌طور جداگانه محاسبه و پس از آن طبق روش Lee et al. (1997) زاویه θ محاسبه شد.

۶- پتانسیل حرکتی گسل مشا و تحلیل نتایج حاصل

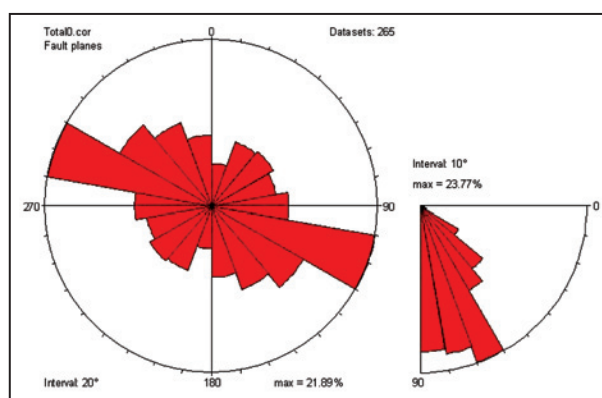
پتانسیل حرکتی گسل مشا در لبه جنوبی البرز مرکزی از باختر فیروزکوه تا شهرستانک در ۱۳ مقطع با تنش محلی به‌دست آمده در همان مقطع به‌طور جداگانه بررسی و توسط معادله شماره ۳ محاسبه شد (جدول ۱). یک بار نیز طبق روش Lee et al. (1997) با تنش ناحیه‌ای در سراسر طول گسل این محاسبه روی مقاطع برداشت شده انجام شد (جدول ۲) و در آخر نیز روند تقریبی گسل مشا از روی نمودار گل سرخی به‌دست آمده (شکل ۳) با تنش ناحیه‌ای نیز توسط معادله شماره ۳



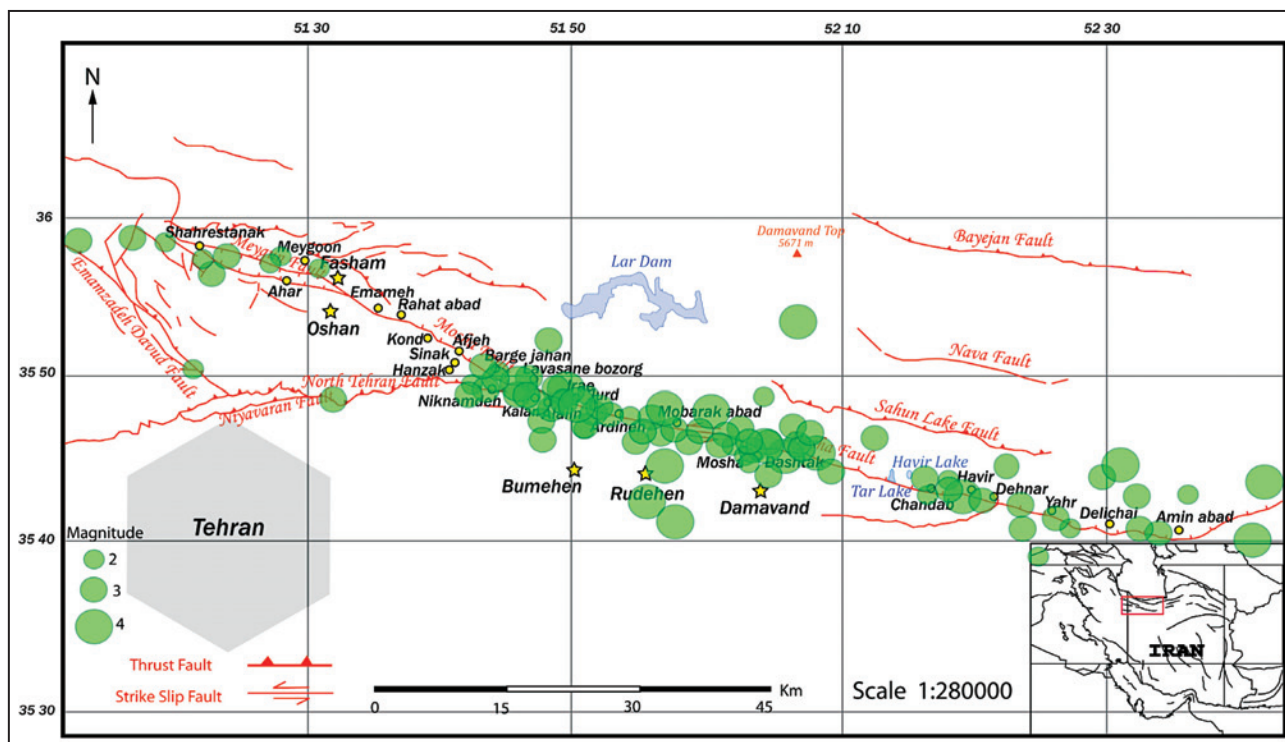
شکل ۱- نقشه زمین‌ساختی گسل مشا.



شکل ۲- نمونه‌ای از سطوح گسلی و خش‌لغزهای مربوط به آن در منطقه مورد مطالعه.



شکل ۳- نمودار گل‌سرخ‌ی روند تقریبی گسل‌ها.



شکل ۴- پراکنش داده‌های لرزه‌ای مربوط به سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ (برگرفته از مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران).

جدول ۱- محاسبات توان حرکتی گسل مشا با استفاده از تنش‌های محلی.

نام مقاطع	تنش اصلی (σ_1)	صفحه گسل	θ	توان حرکتی گسل
دلیچای	۲۴۲/۵۸	۷۵/۰۹۰	۴۸	۰/۶
هویر	۰۵۸/۰۷	۶۵/۱۰۵	۵۳	۰/۷
آردینه	۲۲۳/۷۵	۷۵/۱۱۰	۶۱	۰/۹
علابین	۱۰۹/۰۶	۷۰/۱۱۰	۸۸	۰/۱
کلان	۲۹۵/۰۰	۸۰/۱۵۰	۵۴	۰/۸
برگ- جهان	۲۱۷/۱۵	۵۰/۱۵۰	۳۴	۰/۱
افجه	۰۲۶/۰۹	۷۰/۱۱۰	۳۰	۰
کند	۰۴۷/۱۷	۶۰/۱۲۵	۴۹	۰/۶
راحت‌آباد	۰۲۵/۲۰	۵۰/۱۶۰	۷۳	۰/۶
امامه	۲۱۸/۳۱	۶۵/۰۵۰	۸۶	۰/۱
میگون	۳۵۱/۰۰	۸۰/۰۹۰	۸۱	۰/۳
آهار	۲۸۶/۰۰	۷۵/۱۳۰	۶۵	۰/۸
شهرستانک	۲۷۱/۲۹	۷۰/۰۴۰	۶۲	۰/۹

جدول ۲- محاسبات توان حرکتی گسل مشا با استفاده از تنش ناحیه‌ای.

نام مقاطع	تنش اصلی (σ_1)	صفحه گسل	θ	توان حرکتی گسل
دلیچای	۲۳۷/۱۹	۷۵/۰۹۰	۶۲	۰/۹
هویر	۲۳۷/۱۹	۶۵/۱۰۵	۳۹	۰/۳
آردینه	۲۳۷/۱۹	۷۵/۱۱۰	۳۵	۰/۱
علابین	۲۳۷/۱۹	۷۰/۱۱۰	۳۴	۰/۱
کلان	۲۳۷/۱۹	۸۰/۱۵۰	۸	۰
برگ- جهان	۲۳۷/۱۹	۵۰/۱۵۰	۲۶	۰
افجه	۲۳۷/۱۹	۷۰/۱۱۰	۳۴	۰/۱
کند	۲۳۷/۱۹	۶۰/۱۲۵	۲۴	۰
راحت‌آباد	۲۳۷/۱۹	۵۰/۱۶۰	۲۸	۰
امامه	۲۳۷/۱۹	۶۵/۰۵۰	۷۹	۰/۳
میگون	۲۳۷/۱۹	۸۰/۰۹۰	۵۵	۰/۸
آهار	۲۳۷/۱۹	۷۵/۱۳۰	۱۵	۰
شهرستانک	۲۳۷/۱۹	۷۰/۰۴۰	۸۹	۰/۱

جدول ۳- محاسبه کلی توان حرکتی گسل مشا.

نام گسل	تنش اصلی (σ_1)	صفحه گسل	θ	توان حرکتی گسل
گسل مشا	۲۳۷/۱۹	۶۵/۱۱۰	۳۶	۰/۶

کتابنگاری

بربریان، م.، قرشی، م.، ارژنگ‌روش، ا. و مهاجر اشجعی، ا.، ۱۳۷۵- پژوهش و بررسی ژرف نوزمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه- گسلش در گستره تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور- گزارش شماره ۶۳.

References

- Angelier, J., 1994- Fault slip analysis and paleostress reconstruction in Hancock, Continental deformation, Pergamon press, Oxford, pp: 53-100.
- Arian, M. & Qorashi, M., 2006- The Movement Potential Evaluation of the Major Quaternary Faults in Alborz-Central Iran Border Zone, from the East of Tehran to the East of Semnan, GSI, Geosciences Vol. 15, No. 59. pp: 184- 187.
- Lee, C. F., Hou, J. J. & Ye, H., 1997- The movement potential of the major faults in Hong Kong area, Episodes, Vol. 20, No. 4. pp:227-231
- Lokajicek, T., Spicak, A. & Wanek, L., 1988- Tectonic stress orientation and the Seismic regime of a single fault: Tectono physics. 152. pp: 297-302.

The Movement Potential Evaluation of the Mosha Fault (from the West of Firoozkuh to the Shahrestanak)

S. Bahiraei^{1*}, M. Arian², M. Ghorashi³ & A. Solgi⁴

¹ Ph.D. Student, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

² Associate Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

³ Associate Professor, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Research Institute for Earth Sciences (RIES), Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Received: 2012 August 07

Accepted: 2013 January 13

Abstract

The Mosha fault is the most important fault structures in the south of Central Alborz. According to the activity of this fault, confirmation of the morphological evidences, and large historical earthquakes occurred by its activity, also proximity to Tehran metropolitan, the study of this area is very important. Therefore, as a parameter, evaluation of the fault movement potential helps us in seismological study of the area. In this paper, we have used the model presented by Lee et al. (1997) to evaluate movement potential. The model is based on the relationship between fault geometrical characteristics and regional tectonic stress field. To use the equations of this model, structural data of 13 stations along the Mosha fault were collected to identify the position of the principal axes of stress. Then, we obtained the direction of maximum principal stress of the Mosha fault and also for each section separately by using Inversion method and they were placed in equations.

Keywords: Mosha fault, Movement potential, Regional tectonic stress field.

For Persian Version see pages 123 to 126

*Corresponding author: S. Bahiraei, E-mail: sara_bahiraei@yahoo.com