

بررسی گسل مسبب زمین لرزه ۱۷ شهریور ۱۳۹۹ رامیان، استان گلستان با استفاده از
موقعیت مکانی رومرکز زمین لرزه‌ها
شاهرخ پوربیرانوند، احمد رشیدی
پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

چکیده:

زمین لرزه ۱۷ شهریورماه ۱۳۹۹ رامیان، استان گلستان در منطقه ای واقع شده بود که تا کنون گسل شناخته شده‌ای در آن به نقشه در نیامده است. با توجه به لرزه خیزی منطقه از سال ۲۰۰۶ تا کنون (با استفاده از کاتالوگ مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران) به خط شدگی محسوسی در روند لرزه خیزی به چشم می‌خورد که می‌تواند مؤید وجود گسلی ناشناخته باشد. ذکر این نکته ضروری است که اگر چه به علت مشکلات ناشی از کافی نبودن تعداد ایستگاهها و ناقص بودن پوشش شبکه لرزه‌نگاری در منطقه، قطعاً تعیین محل زمین لرزه‌ها با خطاهایی بزرگ همراه است، اما با در نظر گرفتن این خطا به صورت نوفه سفید این احتمال وجود دارد که خطاهای مثبت و منفی یعنی مقادیر بیشتر و کمتر از مقادیر واقعی طول و عرض جغرافیایی به طور تقریباً مساوی در همه محل های تعیین شده برای زمین لرزه‌ها وجود داشته باشند. بنابراین ممکن است که هنگام ترسیم نتایج مکان‌یابی، رومرکز زمین لرزه‌ها روند و راستای گسل و ابعاد آن را به صورت کلی نشان دهند. در این مطالعه گسل مسبب زمین لرزه ۱۷ شهریورماه ۱۳۹۹ رامیان، استان گلستان از طریق رومرکز زمین لرزه‌های قبلی مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: رومرکز، زمین‌لرزه، ساروکار کانونی، گسل، لرزه خیزی، مکان‌یابی، نوفه

۱ مقدمه

تعدادی از زمین لرزه‌های مخرب روی داده در نقاط مختلف دنیا بر روی گسلهایی رخ داده‌اند که هیچگاه در هیچ نقشه ای به نمایش در نیامده‌اند. در ایران نیز بارها شاهد آن بودهایم که نقاطی که قرن‌ها فاقد زمین لرزه بوده‌اند یا هیچ زمین لرزه ای در آن نقاط گزارش نشده بود به یکباره زمین لرزه‌های مرگباری در آن رخ داده است. از جمله این موارد می‌توان به زمین لرزه طبس و بم اشاره کرد که به ترتیب حدود ۱۱ و ۲۵ قرن متوالی فاقد هر گونه رخداد لرزه‌های بوده‌اند. لذا تکمیل نقشه

گسل‌های فعال مناطق مختلف به خصوص مناطقی که از دیدگاه لرزه خیزی سابقه لرزه خیزی داشته‌اند، بسیار حائز اهمیت است. در این مطالعه با بهره‌گیری از اطلاعات لرزه خیزی منطقه ثبت شده توسط مرکز لرزه نگاری کشوری به بررسی گسل مسبب زمین‌لرزه ۱۷ شهریورماه ۱۳۹۹ رامیان، استان گلستان پرداخته شده است.

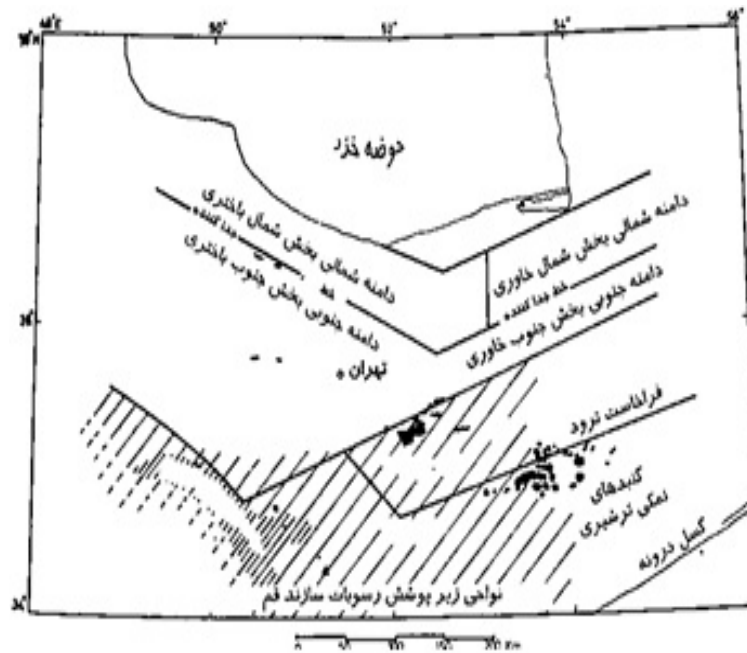
۲ لرزه زمین ساخت منطقه

از دیدگاه لرزه زمین ساختی استان گلستان در دو ایالت لرزه زمین ساختی البرز و کپه داغ قرار گرفته است. زمین لرزه‌های کم عمق و بزرگای زیاد همراه با گسیختگی سطحی هستند مشخصه این دو ایالت می‌باشند **بربریان و یاتس (۱۹۹۹)** بررسی زمین لرزه‌های منطقه مورد مطالعه نشان دهنده لرزه خیزی بالا درین محدوده است. در این پهنه، زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای متوسط تا نسبتاً فراوان هستند و رخداد زمین لرزه‌هایی با بزرگای ۷ و بیشتر موضوعی معمول تلقی می‌شود **شاه پسندزاده (۱۳۸۳)** گسل خزر از جمله مهمترین ساختارهای زمین ساختی منطقه هستند (**رشیدی، ۲۰۲۱**). این گسل در بخش خاوری خود به صورت شاخه‌های متعدد با سازوکار راستالغزچپگرد همراه با مؤلفه معکوس که دارای شیب به سمت جنوب هستند مشاهده می‌گردد. قطعات مختلف گسل‌های مذکور سبب رخداد زمین‌لرزه‌های پرشمار در سطح استان گلستان گردیده‌اند. از دیگر گسل‌های مهم منطقه می‌توان گسل‌های مینودشت، مراوه تپه، تکل کوه، بالکور، کوند، کورخرد، کلیجه، آق بند توسکستان، رادکان و زیارت را نام برد (برگرفته از شیخ الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲). این گسل‌ها دارای روند شمال خاور- جنوب باختر تا شمال باختر- جنوب خاور هستند. در ادامه گزارش و در موضوع سازوکار کانونی زمین لرزه به همین دو روند که در صفحات گرهی زمین لرزه به چشم می‌خورند برخورد خواهیم نمود. همچنین سازوکار این گسل‌ها در ایالت لرزه زمین ساختی البرز راندگی یا راستالغز چپگرد همراه با مؤلفه تراستی و در ایالت لرزه زمین ساختی کپه داغ، امتداد لغز راست بر با مؤلفه تراستی هستند **شاه پسندزاده (۱۳۸۳)** و **آق اتابای (۱۳۹۳)**. مطالعات سینماتیکی گسل‌ها (از داده‌های لغزش گسلی یک رژیم لغزشی راستالغز چپگرد غالب را که در توافق با تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژی هست نشان می‌دهد. گسلش راستالغز چپگرد در البرز شرقی می‌تواند به دلیل مولفه باختری حوضه خزر جنوبی نسبت به اوراسیا و ایران مرکزی باشد **جوادی‌فر و همکاران (۲۰۱۱)**. در شکل ۱ حوزه‌های زمین شناختی البرز به اجمال نمایش داده شده اند.

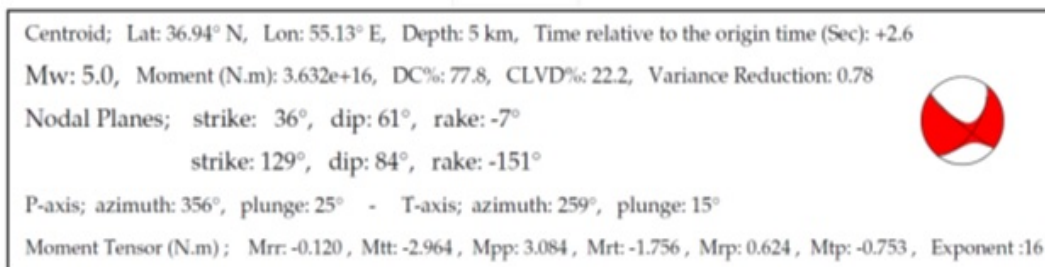
۳ محاسبه سازوکار کانونی زمین لرزه

سازوکار کانونی این زمین لرزه توسط سامانه خودکار محاسبه سازوکار کانونی زمین لرزه‌ها توسط بسته نرم افزاری Scisola محاسبه گردیده است. البته این سامانه خودکار فعلاً در مرحله آزمایشی قرار دارد و نتایج آن بایستی توسط کاربران صحت سنجی و در صورت نیاز تصحیح گردد. اما بنا به تجربیات به دست آمده و مقایسه نتایج با سازوکار کانونی محاسبه شده به روش دستی با استفاده از نرم افزار Isola که توسط مرکز لرزه نگاری کشوری انجام شده نشان می‌دهد که نتایج قابل قبول می‌باشد. بر این اساس سازوکار کانونی زمین لرزه زیر محاسبه گردید که در بخش بعدی یعنی محاسبه تنش کولمب این نتایج مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در شکل ۲ سازوکار کانونی محاسبه شده به دو روش خودکار و دستی نشان داده شده است.

به طوری که در شکل مشاهده می‌گردد سازوکار کانونی محاسبه شده به طریقه خودکار برای این زمین لرزه دارای حرکت راستالغز غالب با مؤلفه شیب لغز می‌باشد.



شکل ۱: حوزه‌های لرزه‌زمین‌ساختی البرز (چالنگو، ۱۹۷۴)

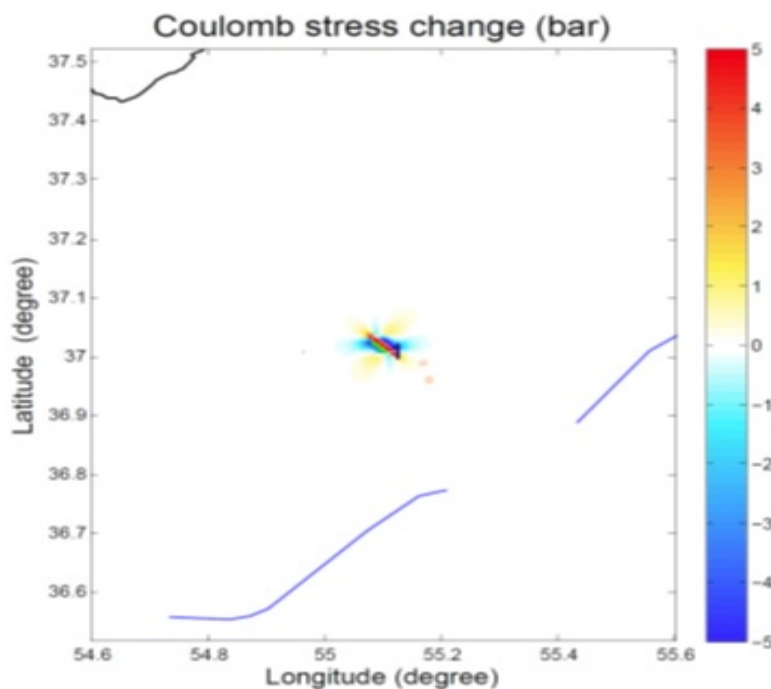


شکل ۲: سازوکار کانونی محاسبه شده برای زمین لرزه (بالا) به طور خودکار در این مطالعه، (پایین) مرکز لرزه نگاری کشوری

۴ تنش کولمب

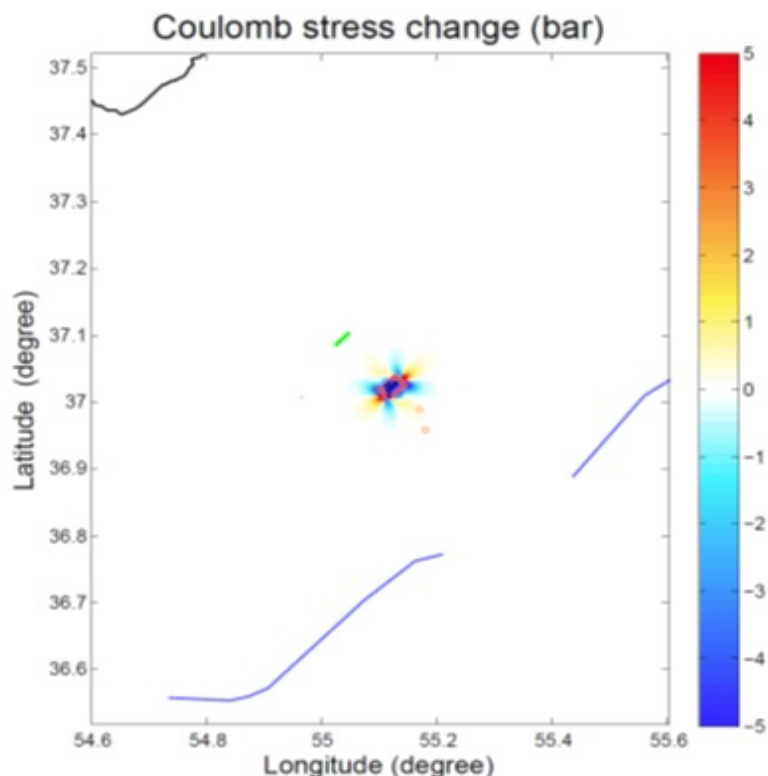
تغییر تنش کولمب هم لرز ایستا ممکن است زمان بندی زمین لرزه‌های بعدی در گسل های مجاور را به شکلی که بستگی به جهت گیری نسبی گسل در مجاورت گسیختگی اولیه و همچنین توزیع مجدد تنش پس‌لرزه‌ای دارد، دچار تاخیر یا تسریع کند. تنش کولمب در اولین زمین لرزه احتمالاً رویداد دوم را به شکست نزدیکتر یا دورتر می کند. در مورد زمین لرزه حاضر محاسبه تنش کولمب برای صفحات گسلی زمین لرزه که توسط سامانه خودکار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله گزارش شده است نشان می دهد که تنش مثبت ایجاد شده توسط زمین لرزه هیچ یک از گسلهای همجوار را تحت تاثیر قرار نداده و لذا احتمال برانگیخته شدن گسلهای دیگر در منطقه مورد مطالعه در اثر رخداد این زمین لرزه در مورد

زمین‌لرزه حاضر محاسبه تنش کولمب برای صفحات گسلی زمین‌لرزه که توسط سامانه خودکار پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله گزارش شده است نشان می‌دهد که تنش مثبت ایجاد شده توسط زمین‌لرزه هیچ یک از گسل‌های هم‌جوار را تحت تاثیر قرار نداده و لذا احتمال برانگیخته شدن گسل‌های دیگر در منطقه مورد مطالعه در اثر رخداد این زمین‌لرزه کم است. در شکل‌های ۳ و ۴ تنش کولمب محاسبه شده برای هر دو صفحه گرهی، به علاوه پس‌لرزه‌های زمین‌لرزه مورد بحث در منطقه مشخص شده است.



شکل ۳: تنش کولمب محاسبه شده برای زمین‌لرزه- هر دو صفحه گرهی. بالا صفحه کمکی، پایین: صفحه گسلی

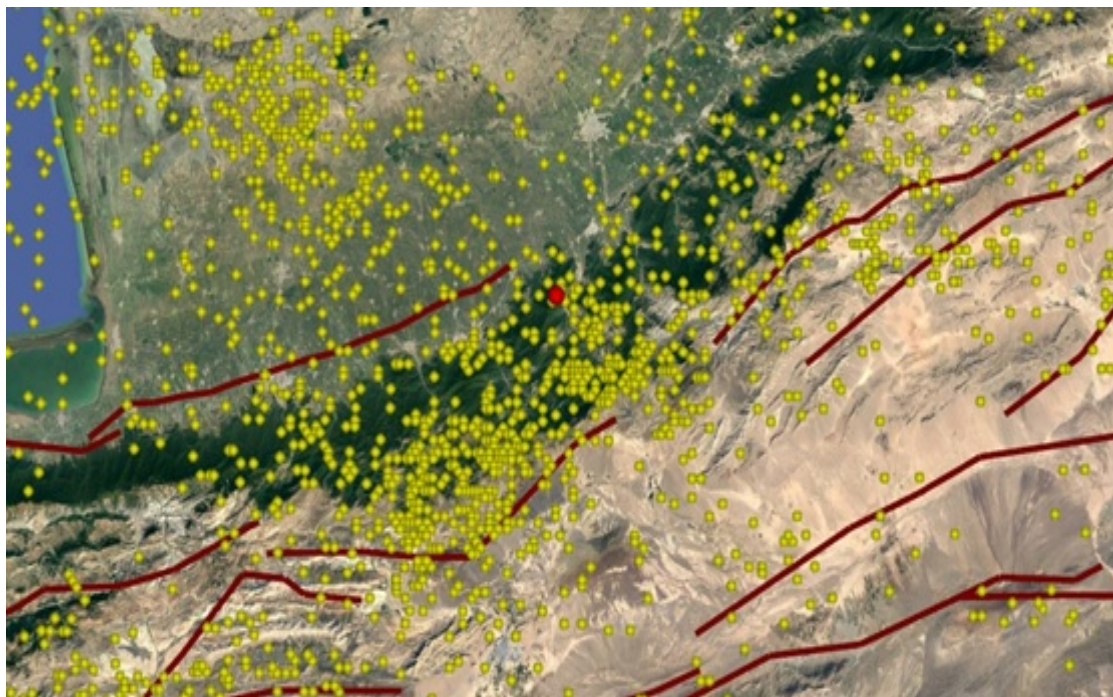
مقایسه تغییرات لغزش و تنش کولمب ایستا که در طی یک توالی زمین‌لرزه رخ می‌دهد نیاز به درک هر دو مسأله هندسه گسل و توزیع لغزش و همچنین اطلاعاتی درباره ساختار الاستیک پوسته اطراف رخدادها دارد. لایه بندی عمودی در پوسته و گوشته فوقانی می‌تواند در مقایسه با مدل‌های ایجاد شده با استفاده از یک نیم فضای الاستیک منجر به اختلاف معنی داری در لغزش به دست آمده و تغییر شکل متعاقب آن شود. همین‌طور تغییرات سه بعدی در سختی پوسته‌ای می‌تواند منجر به تفاوت‌های مهمی در میدان کرنش مشاهده شده و متعاقباً تفسیر ما از ساختمان‌های زمین‌شناختی گردد **لوهمن و بارنهار (۲۰۱۰)**. به طوری که ملاحظه می‌گردد دو صفحه گرهی برای سازوکار کانونی زمین‌لرزه محاسبه شده است که یکی راستای شمال باختری- جنوب خاوری و دیگری دارای راستایی عمود بر آن یعنی شمال خاوری- جنوب باختری می‌باشد. با توجه به روندهای گسلی قابل مشاهده در منطقه به نظر می‌رسد که روند شمال خاوری- جنوب باختری همخوانی بیشتری با منطقه مورد مطالعه دارد و احتمالاً این صفحه صفحه گسلی است. این سازوکار همخوانی خوبی با گسل خزر نشان می‌دهد.



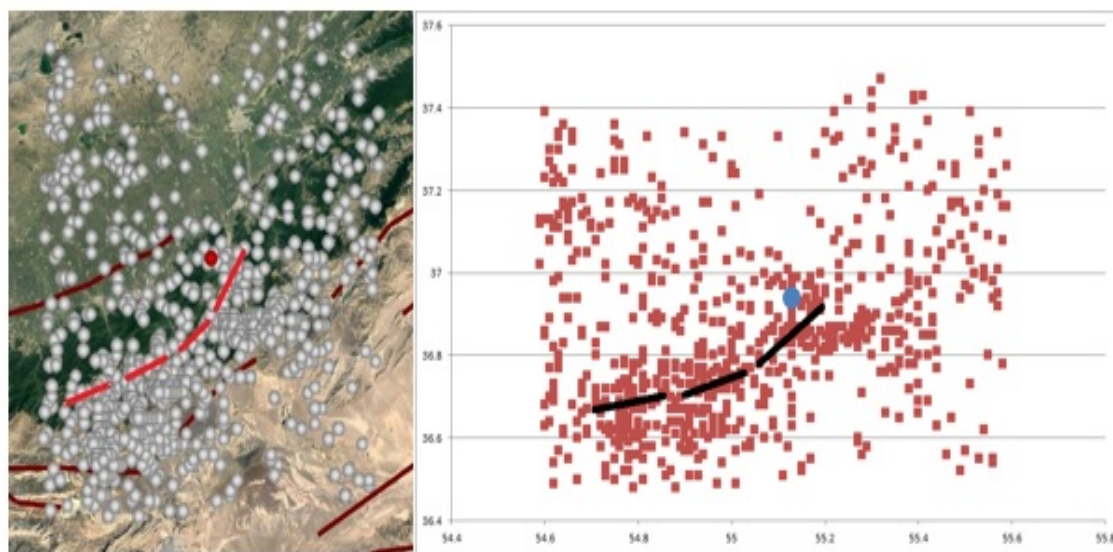
شکل ۴: تنش کولمب محاسبه شده برای زمین لرزه- هر دو صفحه گرهی. بالا صفحه کمکی، پایین: صفحه گسلی

۵ بررسی گسل مسبب زمین لرزه ۱۷ شهریور ۱۳۹۹ رامیان با استفاده از موقعیت مکانی زمین لرزه‌ها

نقشه گسلهای منطقه از منابع مختلف، حتی با در نظر گرفتن عدم قطعیتی در حدود ۱۰ کیلومتر در مختصات رومرکز معرفی شده برای این رخداد لرزه‌ای، نشانی از وجود گسل شناخته شده در موقعیت رخداد زمین لرزه مورد بررسی به همراه ندارد (شکل ۵). در شکل ۴) موقعیت زمین لرزه در ارتباط با گسلهای اطراف و لرزه خیزی ثبت شده در منطقه در محیط Erath Google دیده می شود. به طوری که در شکل ۶ ملاحظه می شود، به خط شدگی محسوسی در داده های مکانی زمین لرزه‌ها در منطقه به چشم می خورد که می توان آن را به شاخه های جنوبی تر گسل خزر که ناشناخته می باشد و احتمالاً مسبب زمین لرزه مورد نظر است نسبت داد. با در نظر گرفتن خطای موقعیت زمین لرزه مورد بررسی ممکن است که موقعیت رومرکز این زمین لرزه تا ۱۰ کیلومتر به اطراف جابجا شود. بنابراین احتمال پیوستن این زمین لرزه به خوشه های زمین لرزه های تشکیل شده در جنوب گسل خزر وجود دارد. همچنین ممکن است که زمین لرزه مورد بحث با تدقیق موقعیت رومرکز به شاخه جوانتر گسل خزر در دشت ساحلی گرگان منسوب گردد. این فرضیه با در نظر گرفتن شیب گسل خزر به سمت جنوب شرقی و این نکته که موقعیت رومرکز فعلی بدون انجام موقعیت یابی مجدد تنها حدود ۱۰ کیلومتر با شاخه جوان گسل خزر فاصله دارد، مقرون به واقع در نظر گرفته شود. اما در هر صورت به نظر می رسد که خوشه های زمین لرزه ای تشکیل شده در جنوب گسل خزر که فاصله ای در حدود ۳۰ کیلومتر با آن دارند مبین وجود گسل یا گسلهایی ناشناخته با روندی مشابه با گسل خزر داشته باشند.



شکل ۵: لرزه خیزی منطقه و زمین لرزه مورد نظر به همراه گسل های مهم منطقه در محیط Earth Google



شکل ۶: برازش خط مفروض به عنوان گسل احتمالی بر داده های موقعیت مکانی زمین لرزه ها

مراجع

آق اتابای، م.، ۱۳۹۳، تجزیه و تحلیل چندفرکتالی مراکز سطحی زمی نلرزه های استان گلستان تابستان ۹۳، سال بیست و سوم، شماره ۹۲

شاه پسندزاده، م.، ۱۳۸۳، لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت گستره استان گلستان، شمال خاور ایران کنفرانس بین المللی زلزله (یادواره فاجعه بم)، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

Berberian, M., Yeats, R.S., 1999. Patterns of historical earthquake rupture in the Iranian Plateau. *Bulletin of the Seismological Society of America* 89, 120–139.

Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Siame, L., Léanni, L., Bourlès, D., and Ahmadian, S. (2011). Fault kinematics and active tectonics at the southeastern boundary of the eastern Alborz (Abr and Khij fault zones): Geodynamic implications for NNE Iran. *Journal of Geodynamics*, 52(3-4), 290-303. doi:10.1016/j.jog.2011.02.005

Khansefid, A., Bakhshi, A. (2018). Statistical evaluation and probabilistic modeling of aftershock sequences of Iranian plateau. *Journal of Seismology*, 22(5), 1249–1261. doi: 10.1007/s10950-018-9765-6

Lohman, R. B., Barnhart, W. D. (2010). Evaluation of earthquake triggering during the 2005–2008 earthquake sequence on Qeshm Island, Iran. *Journal of Geophysical Research*, 115(B12). doi: 10.1029/2010jb007710.

Nemati, M. (2014). An appraisal of aftershocks behavior for large earthquakes in Persia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79, 432–440. doi: 10.1016/j.jseaes.2013.10.015

Rashidi, A. (2021), Geometric and kinematic characteristics of the Khazar and North Alborz Faults: Links to the structural evolution of the North Alborz-South Caspian boundary, Northern Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 213, 104755.

Ommi, S., Zafarani, H., Zare, M. (2016). Aftershock Decay Rates in the Iranian Plateau. *Pure and Applied Geophysics*, 173(7), 2305–2324. doi: 10.1007/s00024-016-1285-0