

دسته بندی سازوکارهای کانونی زون زاگرس

مهردی نوری دلوئی^۱, محمدرضا قیطانچی^۲, سیدرضا سخائی^۳

^۱دانشجوی دوره دکتری زلزله شناسی، دانشگاه ازاد اسلامی واحد تهران شمال، mndmha@gmail.com

^۲استاد زلزله شناسی، موسسه ژئوفیزیک، mrghchee@ut.ac.ir

^۳دانشجوی دوره دکتری زلزله شناسی، دانشگاه ازاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، rezasakhaei@srbiau.ac.ir

چکیده

در این مقاله، به مطالعه خصوصیات زمین ساختی منطقه زاگرس با استفاده از ساز و کارهای کانونی به دست آمده از زمین لرزه‌های این منطقه در بازه زمانی ۲۰۰۰ ساله (از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) پرداخته خواهد شد. ابتدا ساز و کارهای کانونی از کاتالوگ CMT اخذ شدند. محدوده بزرگای زمین لرزه‌ها از ۴/۵ تا ۷ در مقیاس بزرگای گشتاوری هستند. عمدۀ زمین لرزه‌ها کم عمق هستند به طوری که حدود ۷۰ درصد آنها تا عمق ۳۰ کیلومتری هستند. سپس این ساز و کارهای کانونی را دسته بندی (classification) می‌کنیم تا نوع گسیختگی (معکوس، امتداد لغز و نرمال) بر حسب فراوانی هر کدام مشخص شوند.

واژه‌های کلیدی: سازوکار کانونی، دسته بندی، زاگرس، لرزه‌خیزی، گسلش، ریک.

Classification of focal mechanism of the Zagros

Mehdi Nouri Delouei¹, Mohammad Reza Gheitanchi², Seyed Reza Sakhaei³

¹Phd Student, Islamic Azad university, Tehran North branch

²Institute of Geophysics, Tehran university

³Phd Student Azad university, Science and research branch

Abstract

One of the most important seismic zone in Iran is Zagros suture zone. The study of the focal mechanism is very important in understanding the seismotectonic characteristics. In this paper, using focal mechanisms obtained from the earthquakes during 2000-2020, we study the seismotectonic characteristics of Zagros region. First, the focal mechanisms are extracted from the CMT catalogue. The range of magnitudes are from 4.5 to 7 in moment magnitude scale. Most of earthquakes are shallow and about 70% have depths deep to 30 km. We classified the focal mechanisms in accordance to rupture type (reverse, strike-slip, and normal) and in terms of frequency of each type.

Keywords: focal mechanism, classification of earthquakes, seismicity and seismotectonic of Zagros.

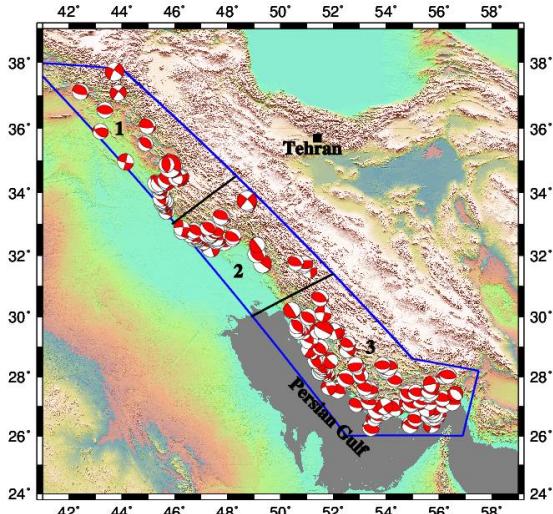
۱ مقدمه

ناحیه چین خورده زاگرس یکی از نواحی فعال و زلزله خیز فلات ایران بشمار می‌آید. بیش از ۵۰ درصد زلزله‌های گزارش شده توسط شبکه لرزه نگاری کشوری در ناحیه زاگرس رخ می‌دهند. این ناحیه، با نوجوه به وسعت و تراکم جمعیت از لحاظ زلزله خیزی اهمیت فوق العاده ای دارد و در سالهای اخیر زمین لرزه‌های شدید و مخرب متعددی را تجربه نموده است که تخریب و تلفات سنگینی ایجاد نموده اند. در این مقاله، به مطالعه خصوصیات زمین ساختی منطقه زاگرس با استفاده از ساز و کارهای کانونی به دست آمده از زمین لرزه‌های این منطقه در بازه زمانی ۲۰ ساله (از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) پرداخته خواهد شد. ابتدا ساز و کارهای کانونی از کاتالوگ CMT اخذ شدند. محدوده بزرگای زمین لرزه‌ها از ۴/۵ تا ۷ در مقیاس بزرگای گشتاوری هستند. عمدۀ زمین لرزه‌ها کم عمق هستند به طوری که حدود ۷۰ درصد آنها تا عمق ۳۰ کیلومتری هستند. سپس این ساز و کارهای کانونی را دسته بندی (classification) می‌کنیم تا نوع گسیختگی (معکوس، امتداد لغز و نرمال) بر حسب فراوانی هر کدام مشخص شوند.

۲ روش تحقیق

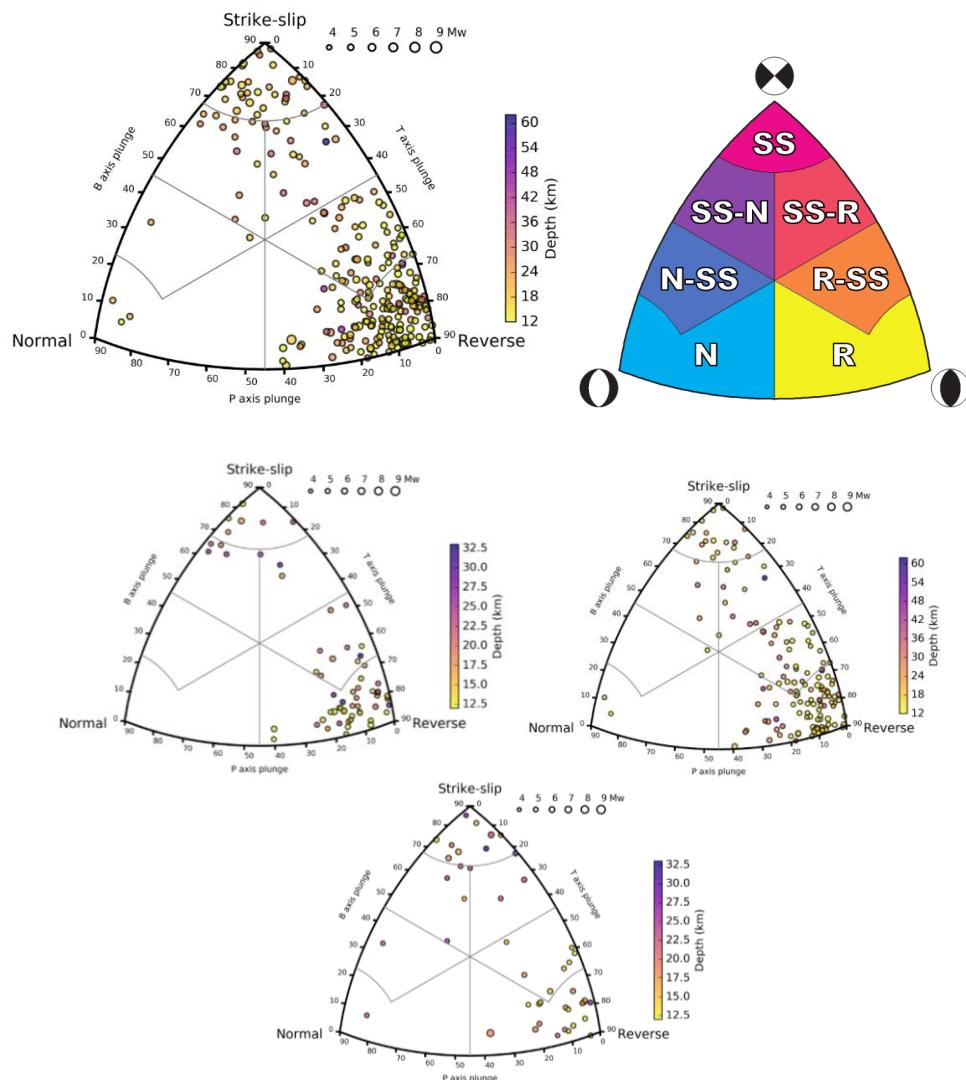
به منظور دسته بندی از نرم افزار FMC (آوارزگومز، ۲۰۱۸) که در محیط پایتون نوشته شده است، استفاده کردیم در این نرم افزار ساز و کارها به ۷ دسته زیر تقسیم می شوند: نرمال (N)، معکوس (R)، امتدادلغز (SS)، امتدالغز-معکوس (SS-R)، امتدالغز- نرمال (SS-N)، معکوس-امتدالغز (R-SS) و نرمال-امتدالغز (N-SS). این دسته بندی ها در دیاگرام پیشنهادی کاورینا و همکاران (۱۹۹۵) و کاگان (۲۰۰۵) در نظر گرفته شدند. طبق تحلیل ویژه بردار و ویژه مقادیر، تائسون ممان دارای سه ویژه مقدار (بیشترین مقدار T , مقدار متوسط B , کمترین مقدار P) هست که جهت و راستای آنها با ویژه بردارها مشخص می شود. جهت این سه بردار مشخص می کند که یک سازوکار قانونی چه نوع شکستگی را نشان می دهد و باید در کدام دسته از هفت دسته ای که ذکر شد، قرار بگیرد.

از کاتالوگ CMT ۲۵۱ سازوکار کانونی جمع آوری شد که نحوه توزیع آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. اگرچه الگوی لرزه خیزی زاگرس از نوع معکوس می باشد اما طبق توزیع داده ها زاگرس را به سه زون تقسیم کردیم. تا علاوه بر بررسی کلی دسته بندی سازوکار کانونی در زاگرس، مقایسه ای هم بین مناطق مختلف زاگرس داشته باشیم. در این زون ها ۴۵، ۶۵ و ۱۴۱ ساز و کار کانونی (به ترتیب برای زون ۱، ۲ و ۳) در دسترس بود. لازم به ذکر است که روند کلی لرزه خیزی در زاگرس نیز به این صورت است که با حرکت از غرب به شرق فراوانی رویدادها بیشتر می شوند. بنابراین اختلاف در تعداد رویدادها نیز به همین دلیل است.



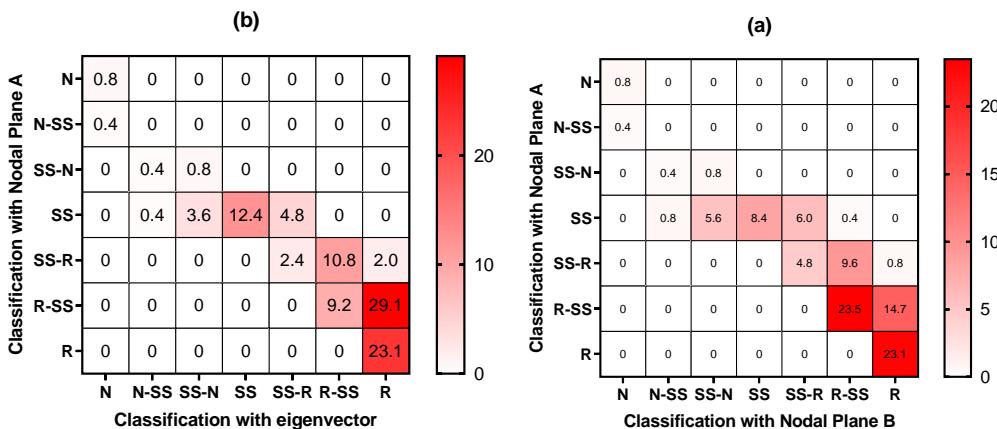
شکل ۱. موقعیت سه زون انتخاب شده و توزیع سازوکارهای آن.

دسته بندی ساز و کارهای کانونی برای کل زاگرس و همچنین برای زون های ۱ و ۲ و ۳ در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود عمله گسلش از نوع معکوس و امتداد لغز می باشد و تعداد کمی از نوع نرمال مشاهده شده است. دیاگرام دایره ای درصد فراوانی این ۷ دسته نیز به منظور فهم بهتری از دسته بندی رسم شده است. نقطه مشترک بین همه زون ها فراوانی زیاد در دسته معکوس و سپس امتداد لغز می باشد. در زون ۲ هیچ سازوکار کانونی ثبت شده در دسته بندی نرمال وجود ندارد.



شکل ۲. (بالا) دیاگرام مورد نظر برای دسته بندی و دسته بندی برای کل زاگرس. (پایین) دسته بندی زون های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب از چپ به راست.

علاوه بر تحلیل ویژه بردار تانسور ممان از راستای ریک نیز می توان به نوع گسلش پی برد. از طرفی در حل سازوکار کانونی دو صفحه عمود بر هم داریم. در این مطالعه ابتدا مقایسه ای بین تشخیص گسلش با استفاده از ریک این دو صفحه انجام شد و سپس هر کدام از آنها با تحلیل ویژه بردار مقایسه گردید. زاویه ریک از ۱۸۰ تا ۱۸۰ درجه می باشد که ریک صفر و ۱۸۰ درجه بیانگر گسلش گشش یک امتداد لغز محض و ۹۰ نرمال محض هستند و سایر مقادیر گسلش بینابین و ترکیبی را نشان می دهد. به منظور نمایش مقایسه ای، از دیاگرام heatmap استفاده شده است.



شکل ۳. هیت مپ ارتباط بین (راست) دسته بندی با هر دو صفحه گرهی و (چپ) دسته بندی با یکی از صفحات گرهی و دسته بندی با ویژه بردار.

۳ نتیجه‌گیری

نتایج دسته بندی سازوکارهای کانونی زاگرس نشان داد همانطور که انتظار می‌رود عمدۀ گسلش از نوع معکوس و امتداد لغز می‌باشد و تعداد کمی از نوع نرمال مشاهده شده است. همچنین انتخاب صفحه گرهی (nodal plane) در تشخیص نوع گسلش با استفاده از ریک خیلی مهم نیست، یعنی نتایج حاصل از هردو صفحه تا حدود زیادی شبیه هستند. نکته جالب تنازور بین وضعیت نرمال و معکوس هست یعنی ممکن است یکی از صفحات نرمال را نشان دهد و دیگری نرمال با مولفه امتداد لغز را نشان دهد و یا اینکه یکی از صفحات معکوس را نشان دهد و دیگری معکوس با مولفه امتداد لغز ولی امکان ندارد یکی نرمال را نشان دهد و دیگری گسلش معکوس. این نکته در مقایسه بین تشخیص گسلش با ریک و تشخیص گسلش با تحلیل مقدار ویژه نیز مشاهده شده است.

منابع

- Álvarez-Gómez, J. A., 2018. FMC, A program to manage, classify and plot focal mechanism data. Faculty of Geology. Universidad Complutense de Madrid.
- Kagan, Y. Y., 2005. Double-couple earthquake focal mechanism: random rotation and display. *Geophysical Journal International* 163, 1065–1072.
- Kaverina, A. N., Lander, A. V., Prozorov, A. G., 1996. Global creepex distribution and its relation to earthquake-source geometry and tectonic origin. *Geophysical Journal International* 125 (1), 249–265. www.globalcmt.org/CMTsearch.html