

بررسی گسل مسبب زمینلرزه دوگانه قطور در چهارم اسفند ۱۳۹۸ با استفاده از پسلرزه‌ها

سرور جهانراد^۱ و مهدی رضاپور^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زلزله شناسی، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران s.jahanrad73@ut.ac.ir
^۲آسستاد گروه زلزله شناسی، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، rezapour@ut.ac.ir

چکیده

در تعیین مکانیسم یک زمینلرزه دو صفحه اصلی و کمکی شناسایی می‌شوند. اثبات اینکه کدام یک از صفحات واقعاً منطبق بر گسل مسبب است همیشه مورد توجه زلزله شناسان بوده است. آگاهی از این صفحات گرھی کمک زیادی به درک مدل ژئودینامیکی و میدان تنش در منطقه می‌کند. یکی از راههای تشخیص صفحه شکست زمینلرزه، تجزیه و تحلیل توزیع مکانی پسلرزه‌هاست. در این تحقیق با بررسی توزیع مکانی پسلرزه‌ها، مشخصات صفحه شکست و به عبارتی گسل مسبب زمینلرزه دوگانه قطور در استان آذربایجان غربی تعیین می‌گردد. زمینلرزه دوگانه قطور با بزرگی $5/7$ و $5/9$ در مقیاس M_N در چهارم اسفند ۱۳۹۹ نزدیک مرز ایران و ترکیه رخ داد و پسلرزه‌های زیادی را به دنبال داشت. در این مطالعه زمینلرزه دوگانه قطور و پسلرزه‌های آنها با استفاده از ایستگاه‌های لرزه نگاری که در قسمت ایران و کشورهای همسایه مثل ترکیه و ارمنستان قرار دارند مجدداً مکانیابی شده و توزیع مکانی آنها بررسی می‌شود. الگوی کلی توزیع سطحی پسلرزه‌های مجدداً مکانیابی شده یک روند جنوب غرب- شمال شرق را نشان میدهد که یک ناحیه لرزه خیز به مساحت تقریباً 16×10 کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد. مقاطع عمقی پسلرزه‌ها نشان می‌دهد که عمق کانونی پسلرزه‌ها به سمت جنوب شرقی منطقه کاهش می‌یابد و پسلرزه‌های عمیق‌تر در قسمت شمال غربی قرار دارند. این مشاهدات حاکی از آن است که گسل مسبب زمین لرزه‌ای دوگانه قطور روند جنوب غرب- شمال شرق دارد و شبیه آن به سمت شمال غرب است.

واژه‌های کلیدی: قطور، آذربایجان غربی، پسلرزه، مکانیابی نسبی

Investigation of Causative Fault of the Qotur Doublet-Earthquakes on 23 February 2020, Using Aftershocks

Soror Jahanrad¹ and Mehdi Rezapour²

¹Ms.c. Student, Department of Seismology, Institute of Geophysics, University of Tehran, s.jahanrad73@ut.ac.ir

²Faculty Member, Department of Seismology, Institute of Geophysics, University of Tehran, rezapour@ut.ac.ir

Abstract

In determining the mechanism of an earthquake source, two main and auxiliary planes are identified. Proving which plane is really a failure plane has always been of interest to seismologists. Determining these nodal-planes helps us to understand the geodynamical model and the stress field in the region. One way to detect the failure plane of an earthquake is to analyze its aftershocks. In this study, we determine the fracture plane of the Qotur-doublet earthquakes, by analyzing the spatial distribution of aftershocks. The Qotur doublet-earthquakes with magnitudes M_N 5.7, 5.9 occurred in 2020 February 23 in western Aarbaijan province near the Iran-Turkey border, and was followed by many aftershocks. We relocated the aftershocks by using the seismic stations located in Iran and Turkey. The general pattern of relocated aftershocks distribution shows a seismic

zone covering an area of approximately $16 \times 10 \text{ km}^2$. The cross-sections through aftershock locations show that the focal depths decrease toward the southeastern part of the region, and deeper-aftershocks are located in the northwestern part. This observation suggests that the causative fault of the Qotur doublet-earthquakes dip toward northwest with striking along the southeast-northwest.

Keywords: Qotur, Western Aarbaijan, Aftershock, Multi-Event Locating, Hypodd

۱ مقدمه

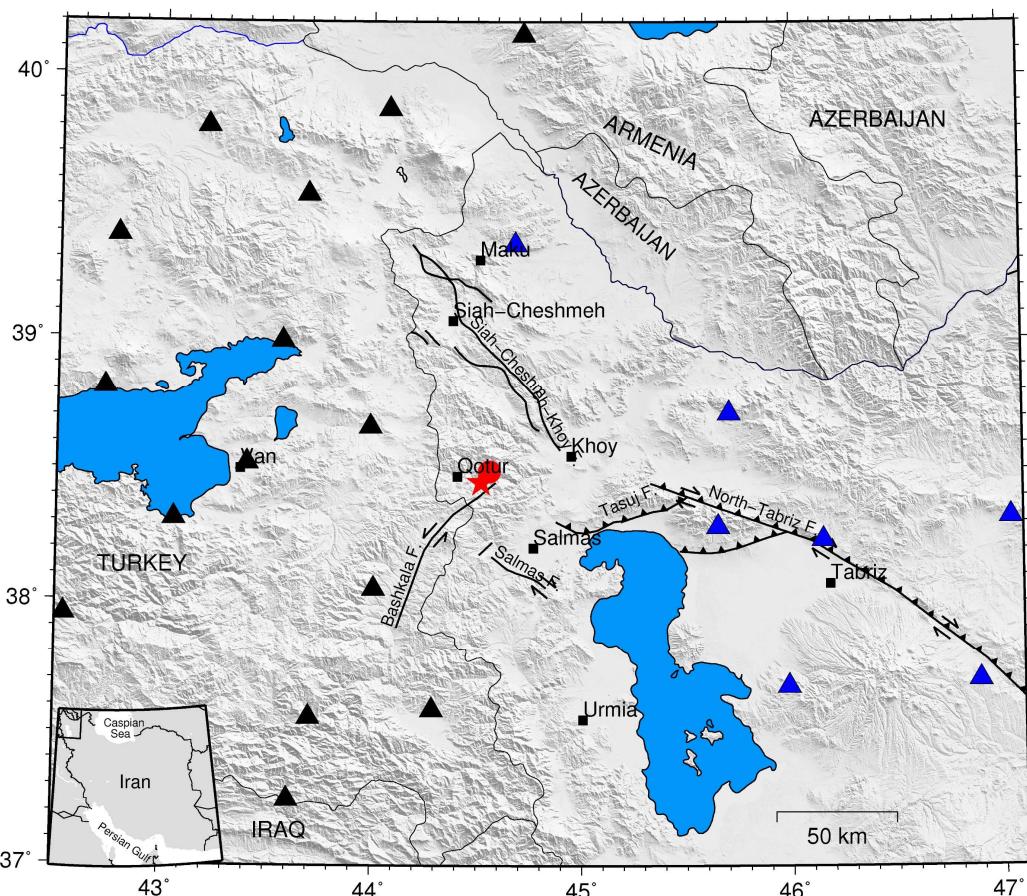
شمال غرب ایران عمدهاً شامل یک منطقه تکتونیکی فعال است که در آن صفحه عربستان با صفحه اوراسیا در جهت شمال غربی با سرعتی بین ۲۳ تا ۲۵ میلی‌متر در سال با هم برخورد می‌کند (مک کلاوسکی و همکاران، ۲۰۰۳؛ ورنانت و همکاران، ۲۰۰۴؛ واگر و جکسون، ۲۰۰۰). این منطقه کوتاه شدگی در راستای N-S و گسترش آن در راستای E-W همراه با گسلش شدید، زمینلرزه‌های نسبتاً بزرگ و فعالیت آتشفسانی را تجربه می‌کند (کارخانیان و همکاران، ۲۰۰۴). به طور کلی، کوتاه شدگی ناشی از برخورد عربستان و اوراسیا در منطقه، به صورت لغزش راستگرد در فلات ترکیه-ایران و راندگی در قفقاز بزرگ نمایان شده (کوپلی و جکسون، ۲۰۰۶)، که فعال بودن منطقه از نظر لرزه خیزی را نشان میدهد.

عصر روز چهارم اسفند ۱۳۹۸، ساعت ۱۹:۳۰:۳۰ به وقت محلی، زمین لرزه ای به بزرگی $5/7$ منطقه قطور از توابع شهرستان خوی در شمال غربی ایران و نزدیک مرز ایران و ترکیه را لرزاند (شکل ۱). پس از حدود ۱ ساعت زمینلرزه دیگری با بزرگی $5/9$ در این منطقه رخ داد. با توجه به نزدیکی زمان و مکان این دو زمینلرزه میتوان به دو زمینلرزه مذکور زمینلرزه دوگانه اطلاق نمود. مکان وقوع این زمینلرزه‌ها نزدیک شهرستان قطور از توابع شهر خوی واقع در مرز ایران و ترکیه قرار دارد. در اثر این زمینلرزه‌ها چندین روز است واقع در طرف ترکیه از طرف ترکیه تخرب شدند. طبق گزارش مقامات محلی در اثر این زمینلرزه‌ها در طرف ترکیه چند نفر کشته شدند. این زمینلرزه‌ها پسلرزه‌هایی داشته که تعدادی از آنها بزرگی قابل توجهی دارند. تعیین مکان زمینلرزه‌های رخداده با دقت مناسب در درک و تفسیر ژئودینامیک منطقه نقش ویژه‌ای دارد. لذا جهت اطلاع از خصوصیات گسل مسبب زمینلرزه‌های فوق و تکتونیک منطقه، تجزیه و تحلیل پسلرزه‌های ثبت شده از آنها مورد توجه این تحقیق است. زمینلرزه‌های فوق الذکر در فصل زمستان رخداده است و در آن موقع منطقه کاملاً پوشیده از برف بوده است. بنابراین شرایط جهت بررسی میدانی و مشاهده گسیختگی‌های سطحی در منطقه فراهم نبوده است. همچنانی با توجه به پوشش سطحی منطقه در زمان وقوع زمینلرزه‌ها، استفاده از داده‌های InSar جهت بررسی جایجایی‌ها و تعیین گسل مسبب امکان پذیر نیست. اما در اثر این زمینلرزه‌ها تعداد زیادی پسلرزه رخداده است که توسط ایستگاه‌های لرزه‌نگاری ثبت شده است و مکانیابی دقیق این پسلرزه‌ها و تعیین روند و شیب گسل مسبب با استفاده از توزیع سطحی و عمقی پسلرزه‌ها امکان پذیر است.

۲ داده و روش تحقیق

پوشش مناسب ایستگاه‌های لرزه‌نگاری نقش اساسی در دقت مکانیابی‌ها دارد. با توجه به اینکه مکان وقوع زمینلرزه‌های قطور نزدیک مرز ایران و ترکیه قرار دارد. ایستگاه‌های لرزه‌نگاری متعلق به مراکز لرزه‌نگاری داخلی مثل مرکز لرزه‌نگاری کشوری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ناحیه وقوع زمینلرزه‌های فوق را خوب پوشش نمی‌دهد (شکل ۱). ایستگاه‌های لرزه‌نگاری متعلق به ایران در قسمت شرق ناحیه نصب شده است و پوشش ایستگاه‌های لرزه‌نگاری در این منطقه مناسب نیست بعارتی ماگزیم گپ آزمومتی خیلی از پسلرزه‌ها در پروسه مکانیابی بیشتر از 200 درجه است. اما خوشبختانه وجود تعداد زیادی ایستگاه لرزه نگاری نزدیک به مرز در طرف ترکیه کمک می‌کند که این پسلرزه‌ها را با پوشش ایستگاهی مناسب مجدداً مکانیابی کرده و تحلیل نمود. توزیع ایستگاه‌های کشور ترکیه هم در قسمت شرق ناحیه وقوع زمینلرزه‌های قطور قرارداد (شکل ۱). در ایران، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (IGUT) پس لرزه‌های زیادی را برای زمین لرزه‌های قطور گزارش کرده است. داده‌های پسلرزه در کاتالوگ مرکز

لرزه نگاری ایران (IRSC) (BAKANİ) شده است. در ترکیه، داده‌های زمینلرزه‌ها توسط سازمان مدیریت بحران (AFAD) مدیریت می‌شود. در این مطالعه ابتدا داده پسلرزه‌های زمینلرزه‌ای دوگانه قطور از کاتالوگ های AFAD و IRSC استخراج و ادغام گردید سپس با استفاده از برنامه‌های مکانیابی Hypoinverse (کلین، ۱۹۸۴؛ لینرت و هاووسکو، ۱۹۹۵) و Hypodd (هاووسکو و اتمولر، ۲۰۰۵) بصورت تک رخداد و چند رخدادی مجدداً مکانیابی شدند. نتایج نشان میدهد که دقیق مکانیابی خیلی بهبود یافته است. مکانیابی فقط با استفاده از داده‌های ثبت شده در شبکه لرزه‌نگاری ایران و یا ترکیه بصورت مجزا منجر به مکانیابی با دقیق مناسب نمی‌شود. چون ماگزیمم گپ آزمومتی رخدادها در پرسه مکانیابی بیشتر از ۲۰۰ درجه است. بطوریکه در داده گزارش شده توسط مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک برای ۵۰۳ پسلرزه زمینلرزه‌های قطور، ماگزیمم گپ آزمومتی متوسط ۲۳۰ درجه است و برای همین ۵۰۳ پسلرزه گزارش شده توسط شبکه لرزه‌نگاری کشور ترکیه ۲۴۰ درجه است. اما وقتی داده IRSC و AFAD برای ۵۰۳ پسلرزه ذکر شده ادغام گردیده و مکانیابی شدند ماگزیمم گپ آزمومتی متوسط برای ۵۰۳ پسلرزه مذکور به ۱۰۰ درجه کاهش یافت و در نتیجه دقیق مکانیابی افزایش یافته و تفسیر صورت گرفته دقیقتر شد.



شکل ۱- توزیع ایستگاه های لرزه‌نگاری مورد استفاده برای مکانیابی مجدد. مثلثهای آبی و سیاه رنگ بترتیب موقعیت ایستگاه های لرزه نگاری متعلق به ایران و ترکیه را نشان میدهند. ستاره و دایره قرمز رنگ بترتیب موقعیت رومرکز زمینلرزه‌های اول و دوم قطور را نشان میدهند. مرعبهای مشکی بیانگر موقعیت شهرها هستند. خطوط تیره رنگ گسلهای اصلی فعال در ناحیه مورد مطالعه را نشان میدهند (حسامی و همکاران ۲۰۰۳).

۳- نتیجه‌گیری

برای شناسایی صفحه گسل زمین لرزه‌های دوگانه قطور، پسلرزه‌های ثبت شده، با استفاده از ایستگاه‌های لرزه‌نگاری با پوشش مناسب، مجدداً مکانیابی شدند و توزیع مکانی آنها بررسی گردید. الگوی کلی توزیع پسلرزه‌های قطور یک ناحیه لرزه خیز به مساحت تقریباً 10×16 کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد. مقاطع عمقی پسلرزه‌ها نشان می‌دهد که عمق کانونی پسلرزه‌ها به سمت جنوب شرقی منطقه کاهش می‌یابد و پسلرزه‌های عمیق‌تر در قسمت شمال غربی قرار دارند. این مشاهدات حاکی از آن است که گسل مسبب زمین لرزه‌ای دوگانه قطور روند جنوب‌غرب-شمال‌شرق دارد و شبیه آن به سمت شمال غرب است. با توجه به مکانیسم زمینلرزه دوگانه قطور و توزیع سطحی و عمقی پسلرزه‌های آنها، گسل مسبب می‌تواند شاخه‌ای از پهنه گسلی باشکلا با امتداد جنوب غربی- شمال شرقی باشد.

منابع

- Copley, A. and Jackson, J., (2006). Active tectonics of the Turkish- Iranian Plateau. *Tectonics*, **25**. DOI:10.1029/2005TC001906
- Hessami, K., Jamali, F. and Tabassi, H., (2003). Major active faults of Iran, scale 1:25,000,000. Ministry of Science, Research and Technology, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Iran.
- Karakhanian, A., Trifonov, V., Philip, H., Avagyan, A., Hessami, K., Jamali, F., Bayraktutan, S., Bagdassarian, H., Arakelian S., and Davatian, V., (2004). Active faulting and natural hazards in Armenia, Eastern Turkey and North-Western Iran, *Tectonophysics*, **380**, 189-219.
- Klein, F. W., 1984. Users guide to HYPOINVERSE, a program for VAX and Professional 350 computers to solve for earthquake locations, U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 85-515, 53 pp.
- Lienert, B. R. E. and Havskov, J., 1995, A computer program for locating earthquakes both locally and globally, *Seism. Res. Lett.*, **66**, 26-36.
- McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben Sari, D. and Tealeb, A., (2003). GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions, *Geophys. J. Int.*, **155**, 126–138.
- Vernant, Ph., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbasi, M. R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F. and Chéry, J., (2004). Contemporary crustal deformation and plate kinematics in Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman, *Geophys. J. Int.*, **157**, 381–398.
- Waldhauser, F. and Ellsworth, W.L., (2000). HypoDD—A program to compute double-difference earthquake location algorithm: Method and application to northern Hayward fault, California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **90**, 1353–1368.
- Waldhauser, F. and Ellsworth, W.L., (2001). HYPODD—A program to compute double-difference hypocenter locations, version 1.0. Open-File Report, U.S. Geological Survey, 01-11325.
- Walker, R., and J. Jackson (2002). Offset and evolution of the Gowk fault, SE Iran: A major intra-continental strike slip system, *J. Struct. Geol.* **24**, 1677–1698.