



تفسیر لرزه‌های گسل‌های ناحیه‌ی زاگرس مرتفع^۱ با بهره‌گیری از داده‌های زلزله و نقشه‌های زمین‌شناسی سطحی

سید احمد مرتضوی^۲، سجاد اسماعیل پور^۳، ناصر کشاورز فرج‌خواه^۴، پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

شناسایی گسل‌ها از روی مقاطع لرزه‌ای در فرآیند تفسیر ساختمانی و در مواقعی که داده‌های لرزه‌ای کیفیت لازم را نداشته نباشند، از مسائل پیچیده‌ی تفسیر ساختمانی قلمداد می‌شود که به کمک شواهد محیطی می‌توان بر آن فائق آمد. این مطالعه با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی سطحی در منطقه‌ی زاگرس مرتفع، گسل‌هایی که به سطح رسیده‌اند را شناسایی کرده است. همچنین با جستجوی سابقه‌ی زمین لرزه‌های رخ داده در منطقه و مشخص کردن موقعیت آنها نسبت به خطوط لرزه‌ای، گسل‌های روی خطوط لرزه‌ای نیز شناسایی شده‌اند. طبق نتایج این تحقیق می‌توان از کانون زمین لرزه‌هایی که با خط لرزه‌ای در یک موقعیت جغرافیایی قرار دارند به‌عنوان نشانگری برای شناسایی گسل‌هایی که در زیر رسوبات مدفون شده و به سطح نرسیده‌اند، استفاده کرد.

واژگان کلیدی نقشه‌های زمین‌شناسی سطحی، تفسیر ساختمانی، زلزله، گسل، مقاطع لرزه‌ای، زاگرس مرتفع

مقدمه

تا ۴۸/۵ درجه‌ی شرقی و ۳۲/۵ تا ۳۵ درجه‌ی شمالی استخراج و در شکل ۳- به‌صورت نقاط آبی‌رنگ ارائه شده‌اند. منبع تمامی گسل‌های استخراج شده کاتالوگ پایگاه USGS^{۱۱} است. لازم به توضیح است که نقاط، نشان‌دهنده‌ی محل عمق کانونی زلزله هستند. در این شکل همچنین نقشه‌ی گسل‌های ایران در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز ارائه شده است. این نقشه نشان می‌دهد که عمدتاً عملکرد زلزله‌های ناشی از تکنونیک فعال و در اطراف گسل‌های فعال موجود، در این ناحیه رخ داده است. به‌طور کلی می‌توان گفت در زمان آزاد شدن انرژی در داخل زمین و تشکیل امواج زلزله، آسیب‌پذیرترین محل و بهترین مسیر جهت حرکت این امواج برای رسیدن به اعماق کمتر، صفحه‌ی گسل است.

در شکل ۴- خطوط لرزه‌ای منطقه‌ی مورد مطالعه و زمین لرزه‌های اتفاق

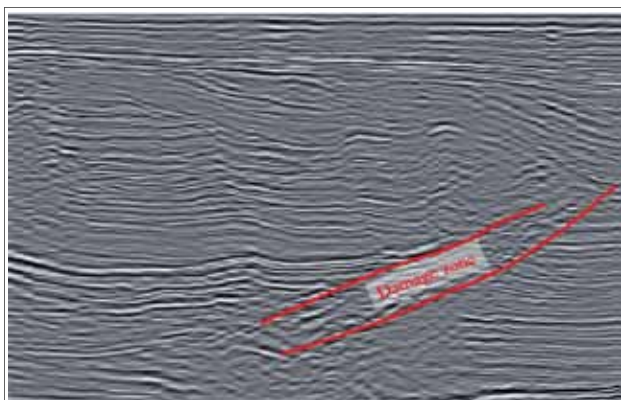
به‌طور کلی می‌توان گفت در تفسیر داده‌های لرزه‌ای، مشکل‌ترین و پرچالش‌ترین بخش تفسیر گسل است که عموماً نیاز به تخصص و تجربه‌ی فراوان و آشنایی با منطقه‌ی مورد مطالعه دارد. علت آن است که عموماً به‌دلیل وجود ناحیه‌ای خرد شده^۴ در اطراف گسل‌ها و زاویه‌ی نسبتاً زیاد صفحه‌ی گسل امکان ثبت داده و در نتیجه اخذ تصویر مناسب در آن منطقه وجود ندارد [۳]. شکل ۱- نمونه‌ای از این مورد را نشان می‌دهد.

از دیگر دلایل عدم ارائه‌ی تصویر مناسب لرزه‌ای در اطراف گسل، پراکنده شدن انرژی موج^۵ در منطقه‌ی خرد شده‌ی اطراف گسل است که این مطلب در شکل ۲- نشان داده شده است.

وجود پراش^۶ در اطراف گسل و عدم عملکرد کاملاً مناسب روش‌های کوچ^۷ داده‌های لرزه‌ای از دیگر دلایلی هستند که سبب می‌شوند در اطراف گسل تصویر مناسبی از داده‌های لرزه‌ای جهت تفسیر آن وجود نداشته باشد [۴]. بنابراین همواره استفاده از روش‌های کمکی در تفسیر گسل مورد توجه بوده است. نشانگرهای لرزه‌ای مانند همدوسی^۸ یا واریانس^۹ یا انحنای^{۱۰} عموماً ابزار مناسبی هستند که می‌توانند کمک کنند تا تفسیر گسل با چالش‌های کمتری مواجه گردد [۲]. اما این روش‌ها نیز اغلب در مواردی که تصویر داده‌ی لرزه‌ای کیفیت نسبتاً قابل‌قبولی داشته باشد کارآیی دارند. استفاده از داده‌های زلزله و نقشه‌های زمین‌شناسی سطحی از دیگر روش‌هایی است که در این موارد کارایی دارد.

۱- تفسیر گسل‌ها با استفاده از داده‌های زلزله و زمین‌شناسی سطحی

در این تحقیق در ناحیه‌ی مورد مطالعه در منطقه‌ی زاگرس مرتفع، از ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴ تمامی زلزله‌های با بزرگی بیشتر از ۴ ریشتر در محدوده‌ی جغرافیایی ۴۵/۵

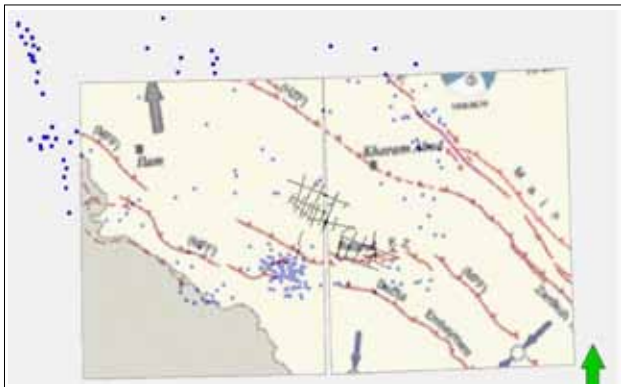


۱- الف | ناحیه‌ی خرد شده در اطراف گسل که موجب عدم ارائه‌ی تصویر مناسبی در آن ناحیه روی مقطع لرزه‌ای شده است [۱]

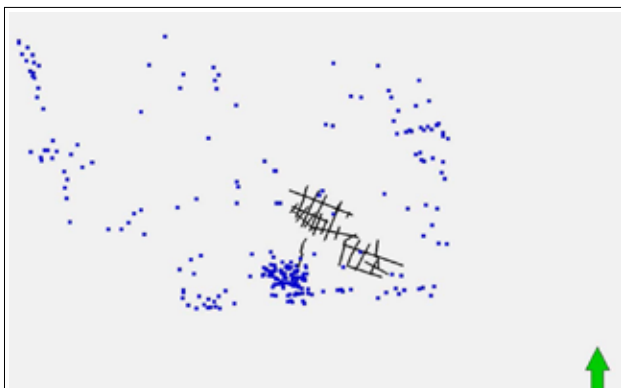
*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (mortazavi.ahmad@yahoo.com)

ندارد. بنابراین وقوع زمین لرزه در نزدیکی آن می‌تواند بهترین شاهد جهت تفسیر گسل باشد و بر همین اساس تفسیر در نظر گرفته شده برای این منطقه در شکل ۷-ج ارائه شده است.

علاوه بر استفاده از داده‌های زلزله جهت تفسیر گسل که در بالا به آن اشاره شد در این مقاله در مقاطع بی کیفیت، از نقشه‌های زمین شناسی سطحی نیز جهت تفسیر گسل در ناحیه‌ی زاگرس مرتفع استفاده شده است. در شکل ۸-نقشه‌ی زمین شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه و خطوط لرزه‌ای روی آن ارائه شده‌اند. در قسمت مشخص شده‌ی این مقطع در شکل، یک گسل راندگی^{۱۲} در راستای شمال غرب-جنوب شرق و با شیبی به طرف شمال شرق در زمین دیده شده است. در حالی که در مقطع لرزه‌ای روی آن که در شکل ۹-الف ارائه شده، کیفیت مناسبی جهت تفسیر گسل و سایر ساختارها وجود ندارد. با بهره‌گیری از گسل موجود در نقشه‌ی زمین شناسی سطحی، تفسیر شکل ۹-ب ارائه شده است. در این ناحیه با در نظر گرفتن سیستم تکنونیک کلی در منطقه‌ی زاگرس و با در نظر گرفتن نقشه‌های زمین شناسی سطحی، گسل‌های این منطقه از نوع گسل‌های تراستی در راستای شمال غربی-جنوب شرقی و با شیبی به طرف شمال شرقی در نظر گرفته شده‌اند. همچنین با توجه به خطوط لرزه‌ای به نظر می‌رسد هندسه‌ی چین خوردگی در اثر سیستم فشارشی از نوع گسل‌های مرتبط با چین^{۱۳} باشند.



شکل ۳ | محل عمق کانونی زلزله‌ها به همراه نقشه‌ی گسل‌های ایران که خطوط لرزه‌ای مورد بحث هم در آن نشان داده شده است



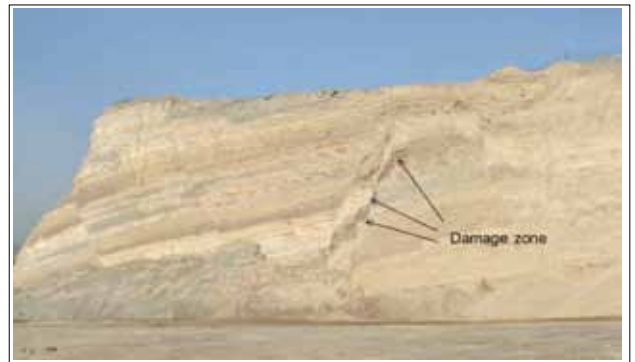
شکل ۴ | موقعیت خطوط لرزه‌ای و نقاط کانونی زلزله‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

افتاده در این ناحیه نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در این شکل نیز دیده می‌شود با وجود آنکه اغلب این نقاط خارج از محدوده‌ی خطوط لرزه‌ای هستند، در این مطالعه تعدادی از نقاط نزدیک به خطوط لرزه‌ای دوبعدی، جهت بهبود تفسیر گسل‌ها استفاده شده‌اند.

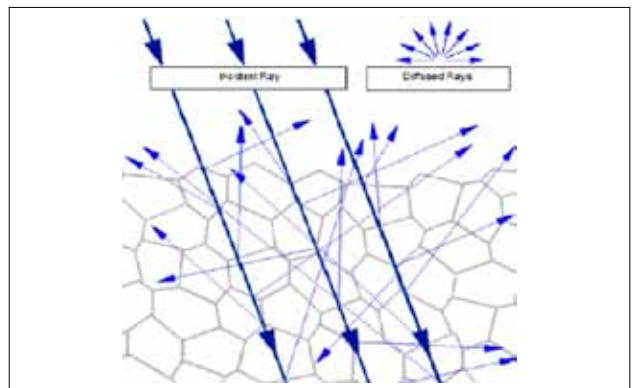
در شکل ۵-الف کانون در نظر گرفته شده، نشان داده شده است. در شکل‌های ۵-ب و ج خطوط دوبعدی لرزه‌ای موجود به ترتیب در بخش‌های شرقی و غربی این نقطه‌ی کانونی نشان داده شده‌اند. در این مقاطع لرزه‌ای کیفیت داده‌ی لرزه‌ای جهت تفسیر افق‌ها و گسل موجود در این منطقه مناسب نیست. در تمامی شکل‌های مقاطع لرزه‌ای، خط سیاه رنگ بالا بیانگر اطلاعات توپوگرافی سطح است که به زمان تبدیل شده‌اند.

در حالی که با در نظر گرفتن روند کلی داده‌ی لرزه‌ای و تفسیرهای انجام شده در خطوط متقاطع و همچنین زلزله‌ی رخ داده در این منطقه می‌توان تفسیر نشان داده شده در شکل ۶-ا را در نظر گرفت. تفسیر مقاطع شرقی و غربی به ترتیب در شکل‌های ۶-الف و ب ارائه شده است.

در شکل ۷-نمونه‌ی دیگری از همین بررسی در منطقه‌ی مورد مطالعه ارائه شده است. زلزله‌ی در نظر گرفته شده و خط لرزه‌ای موجود در نزدیکی آن قبل و بعد از تفسیر به ترتیب در شکل‌های ۷-الف و ب و ج ارائه شده است. به‌طور مشابه در این مقطع نیز کیفیت مناسبی (به‌ویژه در بخش شرقی) وجود



شکل ۱-ب | یک ساختار واقعی در زمین نشان‌دهنده‌ی ناحیه‌ی خرد شده در اطراف گسل که مانع ایجاد تصویر مناسب لرزه‌ای در آن ناحیه نیز هست [۱]



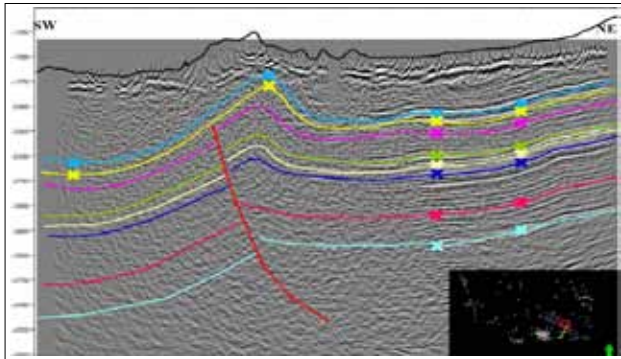
شکل ۲ | پراکنده شدن انرژی موج در ناحیه‌ی خرد شده‌ی اطراف گسل [۱]



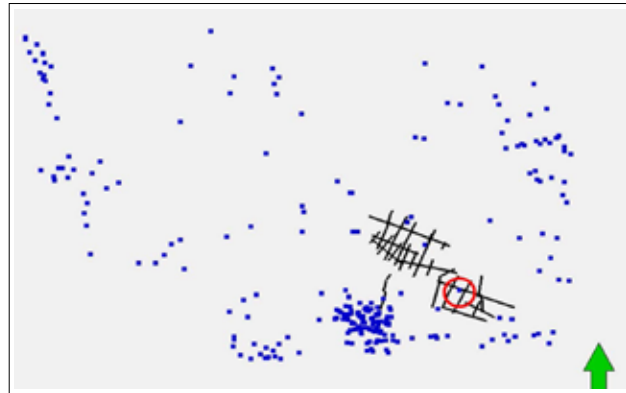
نتیجه‌گیری

زمین‌شناسی سطحی می‌تواند کمک شایانی برای تفسیر گسل و تعیین مدل ساختمانی منطقه باشد. بر اساس همین شواهد، گسل‌های تراستی در راستای شمال غربی-جنوب شرقی، با شیبی به طرف شمال شرقی و با هندسه‌ی گسل‌های مرتبط با چین در این منطقه روی خطوط لرزه‌ای تفسیر شده‌اند. ■

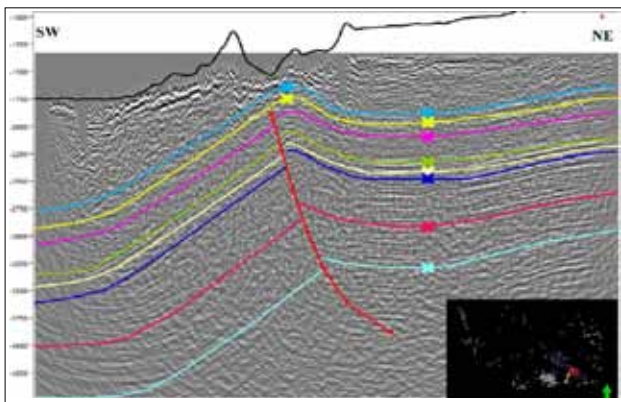
عموما در داده‌های لرزه‌ای به دلایل متعددی، تصویر مناسب لرزه‌ای در اطراف گسل وجود ندارد و تفسیر گسل با چالش‌های زیادی مواجه می‌شود. در مقاطع لرزه‌ای ناحیه‌ی زاگرس مرتفع نیز این مشکلات دیده می‌شود. بر اساس نتایج، استفاده از داده‌های زلزله و نقشه‌های



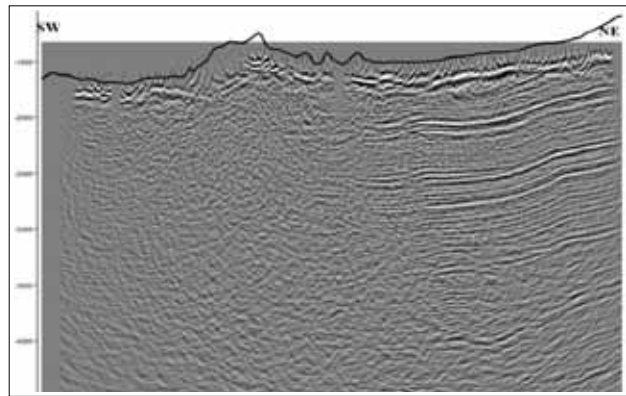
شکل ۶-الف | تفسیر مقطع لرزه‌ای در سمت شرق کانون زلزله



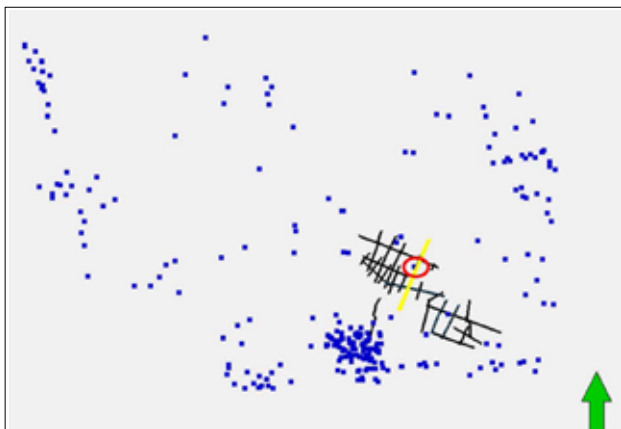
شکل ۵-الف | موقعیت کانون زلزله روی یکی از خطوط لرزه‌ای ناحیه‌ی مورد مطالعه



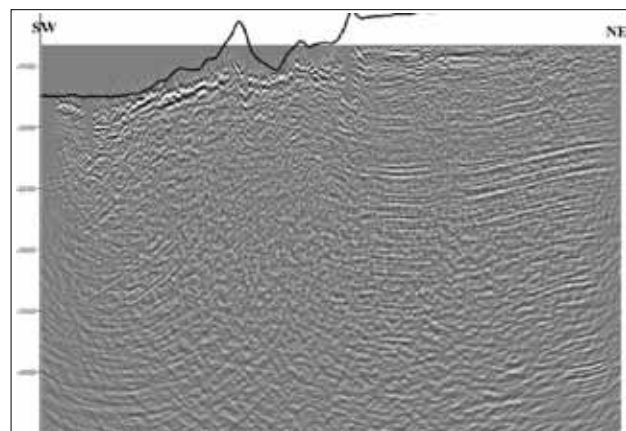
شکل ۶-ب | تفسیر مقطع لرزه‌ای در سمت غرب کانون زلزله



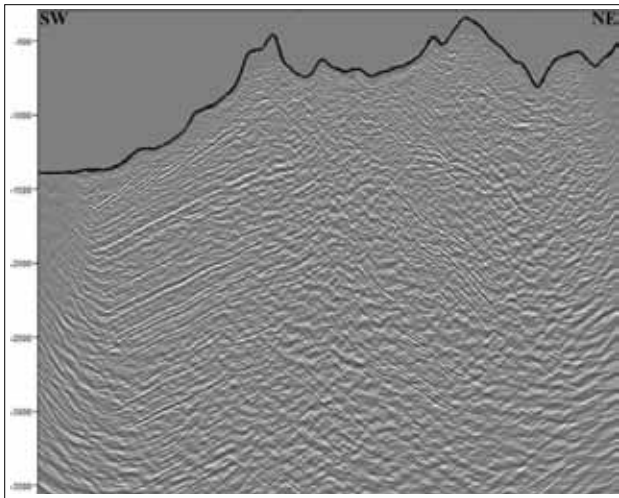
شکل ۵-ب | مقطع لرزه‌ای در سمت شرق کانون زلزله



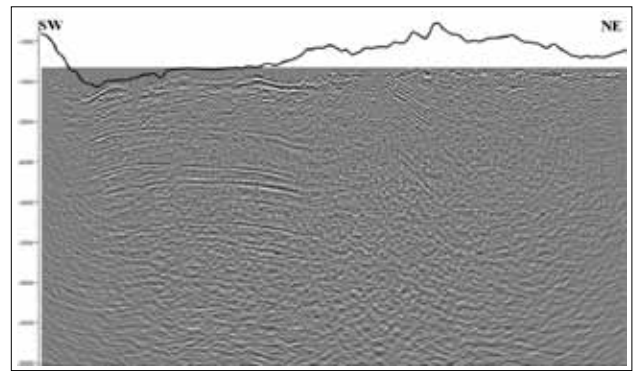
شکل ۷-الف | موقعیت کانون زلزله نسبت به یکی از خطوط لرزه‌ای ناحیه‌ی مورد مطالعه



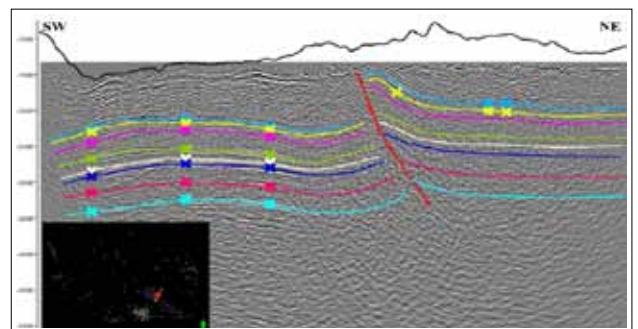
شکل ۵-ج | مقطع لرزه‌ای در سمت غرب کانون زلزله



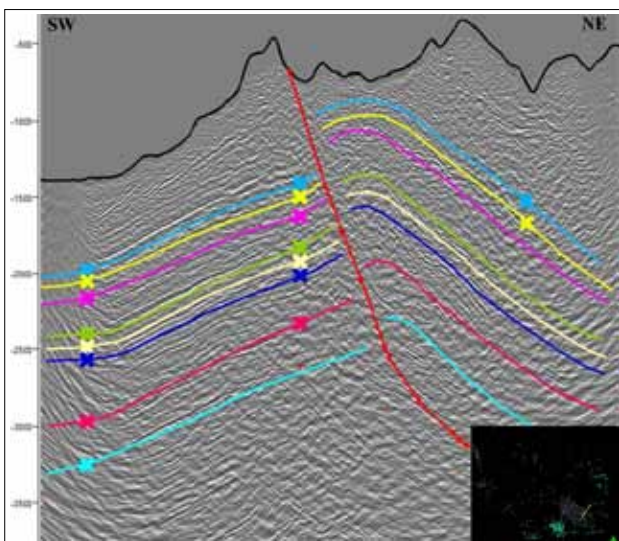
شکل ۹- الف | مقطع لرزه‌ای در محلی که روی نقشه‌ی زمین‌شناسی گسل تراستی مشاهده می‌شود



شکل ۷- ب | مقطع لرزه‌ای روی کانون زلزله



شکل ۷- ج | تفسیر مقطع لرزه‌ای روی کانون زلزله



شکل ۹- ب | تفسیر مقطع لرزه‌ای در محلی که روی نقشه‌ی زمین‌شناسی گسل تراستی مشاهده می‌شود



شکل ۸ | نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه و خط لرزه‌ای روی آن

پانویس‌ها

- | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------------------------|
| 1. high zagros | 6. diffraction | 11. United States Geology Survey |
| 2. esmaeilpours@ripi.ir | 7. migration | 12. thrust |
| 3. keshavarzn@ripi.ir | 8. coherency | 13. fault related fold |
| 4. damaged zone | 9. variance | |
| 5. diffusion of seismic energy | 10. curvature | |

منابع

- [1] عبداللہی فرد، ا.، ۱۳۹۱، جزوه‌ی درسی منتشر نشده
- [2] Chopra, S. And Marfurt K. J., 2007, Seismic Attribute For Fault/ Fracture Characterization: CSPG CSEG Conference.
- [3] Shipton, Z. K. And Cowie P. A., 2003, A Conceptual Model For Origin Of Fault Damage Zone Structures In High Porosity Sandstone: Journal Of Structural Geology, 25, 333344.
- [4] Dunham EH, Kozdon J. E, Belonger, D And Cong, L, 2011, Earthquake Raptures On Rough Faults, Multiscale And Multiphysics Processes In Geomechanics, Springer, 145148-