

کاربرد منطق فازی در تعیین درجه شکنندگی شیل



مهدی ترابی کاوه، دکتری زمین شناسی مهندسی، عضو هیات علمی گروه زمین شناسی دانشگاه یزد (Email: m.torabikaveh@yazd.ac.ir)



چکیده:

در دهه های اخیر مخازن شیلی به عنوان منابع اصلی گاز طبیعی محسوب شده اند. ارزیابی شکنندگی شیل ها به یکی از مهمترین موضوعات در رابطه با استفاده از روش شکست هیدرولیک در استخراج گاز از آنها تبدیل شده است. تاکنون شاخص های متعددی بمنظور توصیف شکنندگی سنگها معرفی شده اند که عمده ی آنها براساس ویژگیهای کانی شناسی و ژئومکانیکی تعریف شده اند. در اکثر موارد این شاخص ها تخمین یکسانی از شکنندگی سنگها ارائه نمی دهند. یکی از عوامل اصلی در بروز چنین مشکلی وجود مرزهای تعریف شده براساس قضاوت کارشناسی برای رده بندی های مرتبط با شکنندگی می باشد. استفاده از منطق فازی به عنوان یک ابزار قدرتمند در حل مشکل مرزهای تند می تواند راه حلی برای رسیدن به تعریف یکپارچه تری از شکنندگی باشد. از این رو این پژوهش سعی کرده است که با ترکیب پارامترهای کانی-شناسی و ژئومکانیکی با استفاده از یک مدل فازی، توصیف جدیدی از شکنندگی را ارائه دهد. سه شاخص شکنندگی شامل نسبت مقاومت فشاری تک محوری به مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و یک شاخص شکنندگی مبتنی بر کانی-شناسی به عنوان ورودی های مدل فازی مورد استفاده قرار گرفتند. مطالعه حاضر نشان داد که فازی سازی و ترکیب شاخص های شکنندگی، مفهوم قابل قبول تری از شکنندگی را به همراه دارد. این در حالیست که این شاخص ها بطور جداگانه تخمین صحیحی از رفتار شکنندگی شیل نداشته و قابل تعمیم به شیل های سایر نقاط نیستند.

کلید واژه ها: (تولید گاز از شیل؛ شکنندگی شیل؛ ویژگیهای ژئومکانیکی و کانی شناسی؛ سیستم استنتاج فازی)

Application of fuzzy logic in determining shale brittleness

Mehdi Torabi-Kaveh, PhD in Engineering Geology, Assistant Prof. in Geology department of Yazd University (Email: m.torabikaveh@yazd.ac.ir)

Abstract:

During recent decade shale reservoirs are considered as a major gas resource. Evaluation of brittleness is an important issue to employ hydraulic fracturing for gas production from these rocks. There are different indices to evaluate brittleness, which are defined based on geomechanical and mineralogical properties of shales. In most of cases, these indices often yield different estimates of brittleness. One of the known problems in existing brittleness indices is the sharp boundary problem between different grades, which often ignore or overemphasize those elements near the boundary of grades. A potential solution for such a problem is to employ fuzzy set theory, which can easily be applied to soften the effect of sharp boundaries. This study attempts to estimate brittleness of shale, incorporating both geomechanical and mineral properties simultaneously through the fuzzy inference system. Three input parameters include ratio of uniaxial compressive strength to tensile

strength, Young's modulus and a mineralogically-derived brittleness index, were applied as inputs of the fuzzy model. The results showed that fuzzification and combination of the indices provide a reliable definition of shale brittleness, demonstrating that the application of fuzzy inference system can be effectively applied to predict brittleness better than other indices. While, the individual input parameters do not give reasonable brittleness indices.

Keywords : (Shale gas production; Shale brittleness; Geomechanical and mineralogical properties; Fuzzy inference system)



مقدمه :

با توجه به افزایش روز افزون تقاضا برای استفاده از مخازن شیلی، ارزیابی شکنندگی شیل به یکی از مهمترین موضوعات ژئومکانیک نفت تبدیل شده است. اثر بخشی عملیات شکست هیدرولیک در افزایش تولید از مخازن شیلی تا حدود زیادی وابسته به شناخت کافی از درجه شکنندگی شیل است. محققین مختلف (Altindag and Guney, Yilmaz et al., 2009; Heidari et al., 2014; Wang et al., 2015; Zhang et al., 2016; Guo et al., 2013) به طور غیر مستقیم و با روش های مختلف میزان شکنندگی سنگها را و مورد بررسی قرار داده اند. شاخص شکنندگی معمولاً براساس مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت کششی سنگها در پروژه های مهندسی تعریف می گردد. در سال های گذشته برخی محققین تلاش کردند که شاخص شکنندگی را با سایر ویژگیهای مقاومتی مرتبط سازند. برای مثال جورج (۱۹۹۵) شاخص شکنندگی را به عنوان تابعی از کرنش در امتداد تنش محوری بیان کرد. همچنین هوکا و داس (۱۹۷۴) نسبت کرنش الاستیک به کرنش کل را به عنوان شاخصی برای شکنندگی سنگ معرفی کردند. یاگیز در سال ۲۰۰۹ یک روش تجربی برای بیان شکنندگی با استفاده از آزمایش نفوذ پانچ ارائه کرد. شاخص شکنندگی معرفی شده به عنوان تابعی از مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی و دانسیته سنگ قابلیت بالایی در تخمین شکنندگی نشان داد. علاوه بر این، ریچموس (۱۹۶۷) یکسری آزمایش های بار نقطه ای (PLT) بر روی نمونه های ایندین لایمستون انجام داد و گزارش کرد که PLT پتانسیل زیادی در تخمین شکنندگی سنگها دارد.

برخی دیگر از محققین (Jarvie et al., 2007; Shi et al., 2016; Jin et al., 2014; Sondergeld et al., 2010) سعی کرده اند که از ویژگیهای کانی شناسی در تعیین درجه شکنندگی سنگها استفاده کنند. آنها معتقد هستند که شکنندگی تابعی از درصد کانی های سخت مانند کوارتز می باشد. سهم بالاتر کانی های سخت ویژگیهای مقاومتی سنگ را بهبود داده و شکنندگی آنها را در مقایسه با سنگهای حاوی کانی های سست افزایش می دهد (Herwanger et al., 2015). وانگ و گال (۲۰۰۹) پیشنهاد کردند که کلسیت و دولومیت نیز می توانند به عنوان کانی های شکننده به همراه کوارتز در نظر گرفته شوند. همچنین جین و همکاران (۲۰۱۴) فلدسپات و میکا را به گروه کانی های شکننده اضافه کردند. در مقابل کانی های شکننده، کانی های رسی به عنوان کانی های شکل پذیر شناخته می شوند و حضور آنها در یک سنگ موجب کاهش شکنندگی می گردد.