



بررسی روش‌های رگرسیون چندمتغیره خطی و شبکه عصبی مصنوعی جهت تعیین مقاومت فشاری تک‌محوری و مدول الاستیسیته‌ی سنگ کنگلومرا

مجتبی حیدری^۱، بهروز رفیعی^۲، مهران نوری^۳، غلامرضا خانلری^۴، علی اکبر مومنی^۵

۱، ۲، ۴- عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۵- عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه صنعتی شاهرود

noori_mehran90@yahoo.com

خلاصه

تعیین دقیق برخی از خواص مکانیکی سنگ‌ها، مانند مقاومت فشاری تک‌محوری (Uniaxial Compressive Strength, UCS) و مدول الاستیسیته (E)، به زمان و هزینه قابل توجهی برای جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌های مناسب و آزمون‌های آزمایشگاهی نیاز دارد. بنابراین برای به حداقل رساندن زمان و هزینه می‌توان از روابط تجربی که به طور گسترده‌ای برای برآورد خواص پیچیده سنگ‌ها از داده‌های حاصل از روش‌های آسان بهره می‌گیرد، استفاده نمود. هدف از این مطالعه بررسی روش‌های شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network, ANN) و رگرسیون چندمتغیره خطی (Multiple linear regression, MLR) به منظور برآورد UCS و E می‌باشد. متغیرهای مستقل شاخص مقاومت بار نقطه‌ای (Point Load Strength Index, $I_s(s_0)$)، سرعت موج (Pressure wave velocity, V_p)، تخلخل (n)، چگالی (γ_d) و درصد رطوبت (water content, W_n) به عنوان پارامترهای ورودی به منظور پیش‌بینی متغیرهای وابسته (E و UCS) در هر دو روش استفاده شده‌اند. روش MLR، UCS و E را به ترتیب با ضرایب تعیین $R^2 = 0.73$ و $R^2 = 0.85$ پیش‌بینی نموده است. استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (Multilayer Perceptron, MLP)، ضرایب تعیین را تا سطح قابل قبولی $R^2 = 0.98$ برای UCS و $R^2 = 0.92$ برای E بهبود بخشید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که روش ANN، عملکرد بهتری در پیش‌بینی UCS و E نسبت به روش MLR دارد.

کلمات کلیدی: مقاومت فشاری تک‌محوری، مدول الاستیسیته، کنگلومرا، رگرسیون چندمتغیره خطی، شبکه عصبی

۱. مقدمه

به منظور طبقه‌بندی سنگ‌ها و طراحی سازه‌ها در درون و یا بیرون توده‌های سنگی، مطالعه خواص مقاومتی و تغییر شکل‌پذیری سنگ‌ها دارای اهمیت حیاتی می‌باشد [۱]. مقاومت فشاری تک‌محوری و مدول الاستیسیته از جمله خواص بسیار مهم سنگ بکر در اجرای پروژه‌های مکانیک سنگ می‌باشند [۲]. به منظور تعیین مقاومت فشاری تک‌محوری و مدول الاستیسیته در آزمایشگاه، نمونه‌های مغزه با کیفیت مناسب مورد نیاز بوده و انجام آن زمان‌بر و پرهزینه می‌باشد. علاوه بر آن نتایج حاصل وابستگی شدیدی به ابعاد نمونه، نحوه‌ی بارگذاری، خطاهای انسانی، عوامل خارجی و غیره دارد [۳]. با توجه به موارد گفته شده و همچنین عدم امکان تهیه نمونه مناسب از سنگ‌های ضعیف، متورق و خردشده، پیش‌بینی مقاومت فشاری تک‌محوری و مدول الاستیسیته با استفاده از پارامترهای شاخص، ضروری به نظر می‌رسد. به شکل سنتی، روش‌های آماری مانند رگرسیون ساده و یا چندگانه، برای ایجاد مدل‌های پیش‌بینی کننده در مکانیک سنگ و زمین‌شناسی مهندسی به کار می‌روند. در سال‌های اخیر، روش‌های شبکه‌های عصبی و فازی در توسعه مدل‌های پیش‌بینی کننده برای برآورد پارامترهای مورد نیاز، به کار گرفته شده‌اند [۴]، [۵]، [۶]، [۷]، [۸]، [۹] و [۱۰]. مطالعه حاضر، تلاشی برای پیش‌بینی مقاومت فشاری تک‌محوری UCS و مدول الاستیسیته (E)، سنگ کنگلومرای منطقه فامنین استان همدان بر اساس پارامترهای شاخص مقاومت بار نقطه‌ای ($I_s(s_0)$)، سرعت موج (V_p)، تخلخل (n)، چگالی (γ_d) و درصد رطوبت (W_n) می‌باشد. برای این منظور، از روش‌های رگرسیون چندمتغیره و شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردیده است، همچنین قابلیت پیش‌بینی مدل‌های پیش‌بینی کننده نیز با یکدیگر مقایسه شده‌اند.