

## بر آورد تجربی مقاومت فشاری محصور نشده دوغاب‌های سیمان تزریق شده با استفاده از همبستگی‌های آماری

دکتر مسعود مکارچیان<sup>۱</sup>، جواد احمدزاده<sup>۲</sup>، ابراهیم خدایی<sup>۳</sup>، رضا بخت‌آور<sup>۴</sup>

۱- استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بوعلی سینا - همدان

۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا - همدان

۳ و ۴- دانشجویان ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا - همدان

\*e.khodaei.tu@gmail.com

### خلاصه

در مورد مصالح سیمانی تزریق که برای بهسازی توده سنگ بستر سدهای مخزنی و تونل‌ها در تزریقات تحکیمی<sup>۵</sup> و تزریقات آب‌بندی<sup>۶</sup> به کار می‌روند، با وجود مطالعات انجام شده، به نظر می‌رسد جامعیت کافی در ارائه مدل یا روشی فراگیر برای برآورد مقاومت فشاری و طرح اختلاط بهینه آنها، در مطالعات وجود ندارد. در تحقیق حاضر با به کارگیری داده‌های جمع‌آوری شده از آزمایشگاه‌های سدهای مخزنی آق‌چای و سیمره و انتخاب متغیرهای مهم با دو تکنیک تحلیل اجزای اصلی و تحلیل فاکتور سعی شده تا زمینه مناسبی جهت اجرای مدل‌های پیشگو برای مقاومت فراهم شود. به منظور رسیدن به رابطه واحدی که بتواند با تکیه بر متغیرهای اصلی، مقاومت فشاری را ارائه دهد از دو تکنیک همبستگی غیرخطی چندمتغیره و نوعی الگوریتم تکاملی موسوم به برنامه‌نویسی ژنتیک<sup>۷</sup> استفاده شده است. کارایی هر دو روش با کاربرد بر روی نمونه‌های جدید آزمایش شده است. در پایان با تکیه بر تابع هدفی که از دو مدل مذکور به دست آمده بهینه‌یابی درصد اختلاط مصالح تزریق نیز مورد بحث قرار گرفته با این هدف که بیشترین مقاومت فشاری به دست آید. در بهینه‌یابی طرح اختلاط از الگوریتم ژنتیک کمک گرفته شده است. نتایج، حاکی از قابلیت‌های ویژه الگوریتم‌های تکاملی در آموزش، پیش‌بینی و بهینه‌یابی است.

کلمات کلیدی: مقاومت فشاری، تحلیل اجزای اصلی (PCA)، تحلیل فاکتور (FA)، همبستگی غیرخطی چندمتغیره.

### ۱- مقدمه

مقاومت فشاری ترکیبات سیمانی با کاربردهای گسترده‌ای در بخش‌های وسیعی از صنعت، تبدیل به موضوعی قابل توجه در متون پژوهشی مربوط به ساختمان‌سازی، مقاومت مصالح و پروژه‌های عمرانی شده است. نمونه کوچکی از کاربردهای بسیار وسیع مصالح سیمانی، در تزریقات تحکیمی و آب‌بندی توده سنگ بستر سدهای مخزنی است. البته برای دوام و ایمنی پرده تزریق، مقاومت نهایی زیاد دوغاب تزریق شده ضروری نیست؛ اما در تزریقات تحکیمی چنین مسأله‌ای اهمیت پیدا می‌کند. یکی از اهداف اصلی مقاله این بوده که صرفاً با فرض نسبت‌ها و درصد‌های اختلاط مصالح تزریق، نیازی به انجام آزمایش مقاومت فشاری نباشد. هدف دیگر دستیابی به یک نسبت اختلاط از مصالح دوغاب است که همواره بیشترین مقاومت فشاری را به دست دهد، زیرا که مصالح متشکله این ترکیبات نیز از یک سو با توجه به هزینه تمام شده برای تدارک آنها و از طرف دیگر با در نظر گرفتن تأثیر آنان در افزایش کارایی سیمان‌های مختلف موضوعی قابل بازنگری است. در این راستا دو مجموعه داده‌ای متفاوت از دوغاب-

۱- استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بوعلی سینا - همدان

۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا - همدان

۳ و ۴- دانشجویان ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا - همدان

<sup>5</sup> - Consolidation Grouting

<sup>6</sup> - Grout Curtain

<sup>7</sup> - Genetic Programming