

## توسعه مدل شبیه‌سازی تراوش در بدنه سدهای خاکی در شرایط عدم قطعیت پارامترهای هیدرولیکی خاک: کاربرد مدل احتمالاتی شبکه بیزی

محسن نصیرپور<sup>۱</sup>، محمدرضانیکو<sup>۲</sup>، اکبر کریمی<sup>۳</sup>، عبدالرحیم جمال<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی دانشگاه آزاداسلامی واحد دزفول

۲- کاندیدای دکترای عمران آب دانشکده فنی دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد تهران شرق دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی دانشگاه آزاداسلامی واحد دزفول

Nikoo@ut.ac.ir

### خلاصه

با توجه به استفاده روزافزون از مدل‌های عددی در طراحی سدهای خاکی، همیشه این سوال مطرح بوده است که چگونه این مدل‌سازی‌ها انجام شود تا همگرایی حداکثری بین نتایج پیش‌بینی شده و شرایط واقعی به وجود آید. بدین منظور در این مقاله با در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترهای هیدرولیکی خاک و تراز آب مخزن سد خاکی علویان، مدل غیرقطعی پیش‌بینی تراوش بر مبنای استفاده از روش المان محدود، شبیه‌سازی مونت کارلو و مدل احتمالاتی شبکه بیزی تدوین شده است. بعد از کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل مذکور، از نتایج آن یک مدل شبکه بیزی برای تعیین تراوش سد در شرایط واقعی، ساخته شده است.

**کلمات کلیدی:** تراوش پایدار، عدم قطعیت، شبیه‌سازی مونت کارلو، شبکه‌های بیزی، سد خاکی علویان

### ۱- مقدمه

در بیشتر مواقع سدهای خاکی جهت برطرف کردن نیاز آبی برای کشاورزان و یا تولید انرژی برق و کنترل سیلاب‌های فصلی و ذخیره آب در فصول کم باران احداث می‌شوند. جهت رفع نیازهای مذکور آبگیری و رهاسازی در مواقعی از سال اجتناب ناپذیر است. این افت ناگهانی رقوم آب مخزن بواسطه آبگیری و رهاسازی و همچنین عدم قطعیت<sup>۱</sup> پارامترهای هیدرولیکی خاک در صورت نادیده گرفته شدن در طراحی، باعث تغییرات ناگهانی شرایط مرزی سدهای خاکی از نظر فشار آب منفذی و درجه اشباع می‌گردد که این خود باعث ایجاد شرایط ناپایدار کننده سد خاکی می‌شود. در سال‌های گذشته پدیده روگذری<sup>۲</sup> یکی از دلایل مهم و اصلی تخریب سدهای خاکی گزارش شده بود ولی در سال‌های اخیر علاوه بر مورد مذکور پدیده تراوش هم یکی از مسائلی است که طراحان این گونه سدها توجه خاصی به آن معطوف داشته‌اند (جمال و همکاران، ۱۳۹۰). از جمله مطالعات اخیر در زمینه کاربرد مدل‌های هوشمند در پیش‌بینی عملکرد سدهای خاکی می‌توان به (Peng and Tian (2010) اشاره نمود. ایشان به تخمین میزان تراوش از فونداسیون سد خاکی با استفاده از مدل ANNs<sup>۳</sup> اقدام نمودند و بهترین مدل از نظر دقت را انتخاب نمودند. مطالعات صورت پذیرفته در زمینه تأثیر عدم قطعیت‌ها بر عملکرد سدهای خاکی، بسیار محدود می‌باشند. از جمله این تحقیقات، می‌توان از کار تحقیقی صورت پذیرفته توسط Fredlund et al. (2011) نام برد. ایشان از ترکیب روش‌های احتمالاتی و شبیه‌سازی مونت کارلو<sup>۴</sup> برای بررسی تراوش در خاک‌های غیر اشباع و

<sup>1</sup> Uncertainty

<sup>2</sup> Overtopping

<sup>3</sup> Artificial Neural Networks

<sup>4</sup> Monte Carlo