

## برآورد پارامترهای نفوذ آب به خاک با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

شجاع قربانی دشتکی<sup>۱</sup>، مهدی همایی<sup>۲</sup> و محمدحسین مهدیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، <sup>۲</sup>استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، <sup>۳</sup>استادیار گروه آبیاری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی قزوین

## مقدمه

دستیابی به مدیریت صحیح آبیاری، ذخیره‌ی رطوبتی مطلوب خاک در مناطق خشک، عملکرد زراعی قابل قبول و سامانه‌ی پایدار حفاظتی خاک در گرو مد نظر قرار دادن نفوذپذیری است. شناخت کمی این پدیده، جلوگیری از تخریب اراضی و منابع خاک و آب را به همراه خواهد داشت. در این پژوهش به منظور کمی نمودن پدیده نفوذ، مدل‌های فیلیپ، کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوییز و هورتون به کار گرفته شدند [۱]. برای تعیین پارامترهای این مدل‌ها، اندازه‌گیری فرآیند نفوذپذیری و یا دیگر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک اجتناب ناپذیر است. از راه‌های چیرگی بر این مشکلات مربوط به اندازه‌گیری نفوذ، استفاده از روش‌های غیرمستقیم در اندازه‌گیری این ویژگی است. یکی از روش‌های غیرمستقیم در برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی است [۲ و ۳]. با آنکه مطالعاتی فراوان به منظور گسترش شبکه‌های عصبی مصنوعی برای برآورد منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک صورت گرفته، به نظر می‌رسد این روش برای برآورد پارامتریک نفوذپذیری خاک به کار نرفته است. لذا، هدف از این پژوهش، پی‌ریزی شبکه‌های عصبی مصنوعی برای برآورد پارامترهای نفوذ آب به خاک و ارزیابی این شبکه‌ها در برآورد نفوذ آب به خاک بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی داده‌های مربوط به سری خاک‌هایی از استان‌های اردبیل، زنجان، فارس، اصفهان و بوشهر انجام گردید. خاک‌های مورد مطالعه در رده‌های آریدی سول، اینسپتی سول، انتی سول و مالی سول قرار داشته و نوع کاربری اراضی نیز شامل گندم، آیش و مرتع بوده است. رطوبت اولیه خاک‌ها نیز از خشک تا خیس متغیر بوده است. داده‌های مربوط به نفوذپذیری خاک با استفاده از استوانه‌های مضاعف و با سه تکرار در ۱۲۳ نقطه بدست آمد. پارامترهای مدل‌های یادشده به روش حداقل مجموع مربعات خطا تعیین گردید. با حفر پروفیل در نزدیکی نقاط اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک، لایه‌های پدوژنیک خاک مشخص و از دو افق پدوژنیک سطحی نمونه‌برداری و ویژگی‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد. رطوبت اولیه به روش وزنی، جرم‌ویژه‌ی ظاهری خاک به روش سیلندری، فراوانی نسبی ذرات به روش هیدرومتر، ماده‌ی آلی به روش والکلی و بلک، درصد سنگریزه به روش حجمی و آهک خاک به روش کلسیمتری اندازه‌گیری شد. رطوبت ظرفیت مزرعه و رطوبت پژمردگی دایم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین شد. پارامترهای هر یک از مدل‌های مورد بررسی به روش حداقل مجموع مربعات خطا تعیین گردید. میانگین هندسی قطر ذرات ( $d_g$ ) و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک ( $\sigma_g$ ) با استفاده از روابط پیشنهادی توسط شیرازی و بورسما [۴] محاسبه شدند. برای طراحی شبکه‌های عصبی مورد نظر، از ویژگی‌های زودیافت دو افق پدوژنیک خاک به عنوان داده‌های لایه‌ی ورودی استفاده شد. بر اساس این که از ویژگی‌های کدام افق برای برآورد پارامترهای نفوذ استفاده شود، دو نوع شبکه عصبی پی‌ریزی شد. در گروه اول از ویژگی‌های زودیافت لایه‌ی اول به عنوان متغیرهای ورودی شبکه استفاده شد. در شبکه‌های عصبی پی‌ریزی شده‌ی گونه‌ی دوم، از ویژگی‌های زودیافت هر دو لایه‌ی پدوژنیک به روش

تجزیه مولفه‌های اصلی به عنوان متغیرهای ورودی استفاده گردید. به منظور ارزیابی کارایی شبکه‌های پی‌ریزی شده در برآورد پارامترهای نفوذ، از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید. با استفاده از آماره  $RMSE$ ، بهترین شبکه‌ها برای هر یک از پارامترهای نفوذ آب به خاک تعیین گردید. سپس، مقادیر برآورد شده پارامترهای مورد نظر به مدل‌های نفوذ انتقال داده شد. منحنی‌های نفوذ اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از پارامترهای خروجی از شبکه‌های عصبی مصنوعی، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. اعتبار شبکه‌های ایجاد شده در برآورد نفوذ آب به خاک با محاسبه آماره‌های میانگین خطا، ریشه مربعات خطا، انحراف معیار ریشه مربعات خطا و ضریب همبستگی پیرسون تعیین گردید [۱].

### نتایج و بحث

به منظور ارزیابی عملکرد شبکه‌های پی‌ریزی در گونه‌ی نخست و گونه‌ی دوم از مقادیر  $RMSE$  بخش آزمون استفاده شد. مقایسه  $RMSE$ ‌های آزمون در این جدول‌ها نشان داد شبکه‌های عصبی گونه‌ی نخست عملکردی مناسب‌تر در برآورد پارامترهای مدل‌های نفوذ داشته‌اند. این مقادیر نشان داد به جز در شبکه‌های طراحی شده برای پارامتر  $A$  مدل کوستیاکوف-لوییز تمامی شبکه‌های گونه‌ی نخست دارای  $RMSE$  کمتری در بخش آزمون بوده‌اند. البته در برخی موارد از جمله شبکه‌های طراحی شده برای پارامترهای  $C$  و  $A$  هورتون و  $A$  کوستیاکوف لوییز، عملکرد هر دو گونه شبکه تقریباً یکسان بود. نتایج نشان داد به طور میانگین شبکه‌های گونه‌ی نخست در بخش آموزش نیز الگوی مناسب‌تری از تغییرات پارامترهای مدل‌های نفوذ را برآورد نمودند. در مقایسه‌ی بین دو گونه شبکه، در صورت برابری خطای آموزش دو گونه شبکه، شبکه‌های گونه‌ی نخست بر گونه‌ی دوم برتری دارند. زیرا، در پی‌ریزی شبکه‌های گونه‌ی نخست حداکثر از ۱۳ ویژگی زودیافت افق سطحی استفاده شد. حال آنکه در پی‌ریزی شبکه‌های گونه‌ی دوم، ویژگی‌های زودیافت افق‌های سطحی و زیرسطحی به طور هم زمان به کار گرفته شد. دلایل این برتری را می‌توان به گونه‌ی زیر توجیه نمود. نخست اینکه، در پی‌ریزی شبکه‌های گونه‌ی دوم از مولفه‌های اصلی استفاده شد. در استخراج این مولفه‌ها که به عنوان ویژگی‌های بارز شناخته می‌شوند تنها همبستگی خطی بین داده‌ها در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، ویژگی‌های بارز استخراج شده ترکیب خطی متغیرهای اولیه بوده و ترکیبات غیرخطی متغیرها را بیان نمی‌کند. حال آنکه در شبکه‌های عصبی گونه‌ی نخست از متغیرهای اصلی استفاده گردید که ترکیبات غیرخطی داده‌ها در آن‌ها حذف نشده است. برای رفع کاستی‌های استفاده از ویژگی‌های بارز، پیشنهاد می‌گردد از دیگر روش‌های استخراج ویژگی‌های بارز مانند الگوریتم ژنتیک استفاده گردد. همچنین، در صورتی که تعداد داده‌های مورد استفاده در پی‌ریزی شبکه‌های گونه‌ی دوم زیادتز گردد، می‌توان از تعداد بیشتری از مولفه‌های اصلی بدون وجود مشکلات ناشی از نفرین ابعادی استفاده نمود. با اعمال این شرایط شاید بتوان عملکرد شبکه‌های عصبی گونه‌ی دوم را بهبود بخشید. نتایج نشان داد خطای برآورد شبکه‌های عصبی پی‌ریزی شده به صورت کم برآوردی بوده است. همچنین، خطای برآورد نفوذ در خاک‌هایی بیشتر بوده که مقدار نفوذ اندازه‌گیری شده در آن‌ها در مقایسه با دیگر خاک‌ها بسیار زیادتر بوده است. علت نفوذ زیاد آب در این خاک‌ها وجود منافذ بسیار درشت و در نتیجه جریان ترجیحی می‌باشد. از آنجا که در بین ویژگی‌های زودیافت مورد استفاده، کمیتی برای بیان جریان ترجیحی وجود نداشته است خطای برآورد نیز در این گونه خاک‌ها زیاد شده است. ارزیابی اعتبار مدل‌های نفوذ نشان می‌دهد شبکه‌های ایجاد شده برای پارامترهای مدل فیلیپ دارای بهترین عملکرد در برآورد نفوذ جمعی آب به خاک بوده و شبکه‌های پی‌ریزی شده برای مدل‌های هورتون، کوستیاکوف-لوییز و کوستیاکوف به ترتیب در رتبه‌ی دوم تا چهارم قرار گرفتند.

### منابع

[۱] قربانی دشتکی، ش. و م. همایی. ۱۳۸۶. برآورد پارامترهای برخی مدل‌های نفوذ آب به خاک با استفاده از توابع انتقالی. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۱): ۲۱ تا ۳۹.

[2] Minasny, B. and A.B. McBratney. 2002. The Neuro-m method for fitting neural network parametric pedotransfer functions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:352-361..

[3] Parasuraman, K., A. Elshorbagy and B.C. Si. 2006. Estimating saturated hydraulic conductivity in spatially variable field using neural network ensembles. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70: 1851-1859

[4] Shirazi, M.A. and L. Boersma. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 142-147.