



## ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و مدل مفهومی HBV به منظور شبیه‌سازی رواناب روزانه

امین خرمیان<sup>۱</sup>، علیرضا برهانی داریان<sup>۲</sup>

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

:

akhoramian@mail.kntu.ac.ir

### خلاصه

استفاده از مدل‌های ترکیبی در شرایط ضعف مدل‌های داده‌محور و مفهومی رویکردی جدید و درحال پیشرفت در زمینه مدل‌سازی هیدرولوژیک می‌باشد. مدل‌های مبتنی بر روابط تجربی و روش‌های داده‌کاوی دارای مشکلاتی نظیر نداشتن درک فیزیکی نسبت به سیستم و وابستگی کامل به منطقه مورد کاربرد می‌باشند. از طرفی مدل‌های ریاضی با توجه به فرضیات ساده‌کننده بکار گرفته شده در ساختار آن‌ها و ناتوانی در مدل‌سازی تمامی فرآیندهای حاکم در حوزه از دقت کافی برخوردار نیستند. یکی از راهکارهای پیش‌رو برای حل این مشکلات ترکیب مدل‌ها می‌باشد. در این مقاله شبکه عصبی مصنوعی و مدل مفهومی HBV برای شبیه‌سازی رواناب روزانه در زیرحوزه پلاسجان در بالادست حوزه آبریز زاینده رود به شکل متوالی مورد ترکیب قرار گرفته‌اند. روش ارائه شده توانسته است در شرایطی که آماره‌نش-سانتکیف در مرحله صحت‌سنجی برای مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل مفهومی HBV به ترتیب برابر ۰/۴۷۲ و ۰/۳۲۵ بوده است باعث بهبود عملکرد تا مقدار نش-سانتکیف ۰/۶۵ گردد. نتایج این مطالعه نشان دهنده مؤثر بودن توسعه مدل‌های ترکیبی متوالی می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** شبیه‌سازی رواناب روزانه، مدل‌سازی ترکیبی، شبکه عصبی مصنوعی، HBV

### ۱. مقدمه

مدل‌های هیدرولوژیک دارای کاربردهای فراوانی در مدیریت منابع آبی هستند. از جمله این کاربردها می‌توان به استفاده در مطالعه اثرات تغییر اقلیم، مدیریت مخازن، بازسازی، تولید داده‌های رواناب و ... اشاره کرد. از این رو تلاش‌های مستمری برای بهبود دقت این مدل‌ها در حال انجام است. مدل‌های هیدرولوژیک را می‌توان به سه دسته مدل‌های فیزیکی، ریاضی و تجربی دسته‌بندی کرد [۱]. مدل‌های فیزیکی بر اساس روابط مشابهت، سیستم واقعی را در ابعاد کوچکتر شبیه‌سازی می‌کنند. در مدل‌های ریاضی میان ورودی و خروجی روابطی ریاضی بر اساس قوانین فیزیکی حاکم بر سیستم برقرار می‌شود. در حالی که در مدل‌های تجربی برقراری این رابطه مبتنی بر اصول فیزیکی مشخصی نبوده و بر اساس روش‌های آماری یا داده‌کاوی بدست می‌آید. مدل‌های تجربی با توجه به پیشرفت علوم کامپیوتر و روش‌های داده‌کاوی و همچنین سادگی آن‌ها در کاربرد در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند.

یکی از رویکردهای جدید در مدل‌سازی هیدرولوژیک ترکیب مدل‌ها یا یکدیگر می‌باشد. در ادبیات موضوع این مسئله با نام‌های متفاوتی مانند Boosting, Bagging, ensemble methods, committee machine, modular models و model fusion همراه شده است [۲، ۳، ۴]. نقطه مشترک در این تعاریف توسعه مجموعه‌ای از مدل‌ها و ترکیب آن‌ها به منظور رسیدن به مدلی با کارایی بهتر می‌باشد [۵]. کروزو و سولماتین (۲۰۰۹) مدل‌های ترکیبی را در سه دسته طبقه‌بندی نمودند. دسته اول مدل‌های داده‌محوری هستند که در ترکیب آن‌ها از اطلاعات هیدرولوژیک استفاده شده است. از جمله رویکردهایی که در این دسته از مدل‌ها قرار می‌گیرند می‌توان به جداسازی فضای متغیرهای ورودی به زیر فضاهای مشابه‌تر با استفاده از

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مهندسی عمران گرایش منابع آب، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>۲</sup> دانشیار منابع آب دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی