



## بکارگیری مدل‌های ترکیبی موجک-ماشین بردار پشتیبان و برنامه‌ریزی ژنتیک در پیش‌بینی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: حوضه آبی‌چای)

غلامرضا عندلیب<sup>۱</sup>، وحید نورانی<sup>۲</sup>، افشین پرتویان<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه عمران آب دانشگاه تبریز

۳- مربی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوکان

Gholamreza.andalib@gmail.com

### خلاصه

شبیه‌سازی و ارزیابی رسوب رودخانه و ایجاد ارتباط بین دبی جریان و رسوب از جمله مسائل مهم و کاربردی در مدیریت منابع آب و محیط زیست در استفاده از مخازن سدها، سامان‌دهی رودخانه‌ها و عاملی برای جلوگیری از هزینه اضافی است. در این تحقیق، از تابع موجک به عنوان یکی از ابزارهای محاسبات نرم جهت استخراج ویژگی‌های سری‌های زمانی استفاده گردیده و کارایی مدل‌های موجک-ماشین بردار پشتیبان و موجک-برنامه‌ریزی ژنتیک برای پیش‌بینی رسوب در رودخانه‌ی آبی‌چای مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، در گام اول مقدار رسوب توسط ماشین بردار پشتیبان و برنامه‌ریزی ژنتیک پیش‌بینی شده است. سپس سری‌های زمانی دبی و رسوب توسط موجک به زیر سری‌هایی تجزیه شدند و این زیر سری‌ها جهت شبیه‌سازی رابطه دبی-رسوب وارد ماشین بردار پشتیبان و برنامه‌ریزی ژنتیک شدند. نتایج پیش‌بینی رسوب ماهانه نشان می‌دهند که ماشین بردار پشتیبان با ضریب تبیین  $DC=0.65$  خروجی بهتری نسبت به برنامه‌ریزی ژنتیک  $DC=0.61$  دارد. مدل موجک-ماشین بردار پشتیبان نتایج بهتری در مقایسه با مدل موجک-برنامه‌ریزی ژنتیک نشان می‌دهد و اضافه کردن موجک باعث افزایش دقت مدل‌های ماشین بردار پشتیبان و برنامه‌ریزی ژنتیک می‌شود، برای نمونه  $DC_{SVM}=0.65$  به  $DC_{WSVM}=0.82$  ارتقاء یافته است.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی رسوب، برنامه‌ریزی ژنتیک (GP)، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، تبدیل موجک، آبی‌چای

### ۱. مقدمه

نیاز به مدل‌سازی دقیق میزان رسوب معلق با توجه به اهمیت آن در پر شدن مخازن سدها، تغییر مسیر رودخانه‌ها، کاهش ظرفیت آنگذری کانال‌ها و تأسیسات انتقال آب، در طول دهه‌های گذشته به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. به دلیل ماهیت استوکستیک این فرآیند، مدل‌های زیادی به‌منظور تعریف چنین پدیده پیچیده‌ای توسعه یافته‌اند. با توجه به وجود روابط غیر خطی و عدم قطعیت در پدیده رسوب رودخانه‌ها و ویژگی‌های متغیر زمانی و مکانی، مدل‌های آماری و مفهومی کلاسیک در الگوسازی رسوب رودخانه‌ها دارای نواقص و ضعف‌هایی می‌باشند. امروزه، مدل‌های جعبه سیاه، به عنوان یک تابع تخمین‌گر خودسازمانده، به‌طور گسترده‌ای در مدل‌سازی و پیش‌بینی سری‌های زمانی غیرخطی در فرآیندهای هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است [۱]. از برنامه‌ریزی ژنتیک به‌طور وسیعی در کاربرد هوش مصنوعی در مسائل مهندسی آب و تعیین ساختار پدیده‌ها استفاده شده است. از

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه تبریز

<sup>۲</sup> عضو هیات علمی دانشکده عمران دانشگاه تبریز

<sup>۳</sup> عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوکان