

## کاربرد سیستم هوشمند برنامه ریزی ژنتیک در مدل سازی جریان رودخانه ليقوان

سید حسن سیدپور<sup>۱</sup>، سعید فرزین<sup>۲</sup>، محمد جواد احمدی<sup>۳</sup>، یوسف حسن زاده<sup>۴</sup>

۳-۱- دانشجوی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

۴- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

پست الکترونیکی مولف مسئول [saedsab@yahoo.com](mailto:saedsab@yahoo.com)

### خلاصه

اهمیت بررسی جریان رودخانه‌ها در مطالعات منابع آب موجب شده که سیستم‌های هوشمند متعددی برای مدل‌سازی این فرآیند هیدرولوژیکی توسعه یابد. از این میان، برنامه ریزی ژنتیک قابلیت استخراج خودکار و هوشمند رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی و نیز انتخاب متغیرهای با بیشترین تأثیر را دارا می‌باشد. در این تحقیق، از برنامه‌ریزی ژنتیک (GP) برای مدل‌سازی جریان روزانه رودخانه ليقوان در استان آذربایجان شرقی استفاده شده است. بدین منظور ابتدا بهترین متغیرهای معنی‌دار با اجزای متفاوت GP مشخص و سپس با متغیرهای معنی‌دار و دو مجموعه عملگر ریاضی، مدل‌سازی انجام گردید. در مقایسه نتایج دو مدل حاصل از دو مجموعه عملگر ریاضی در حالت بهینه، ضریب همبستگی و میانگین مربعات خطا برای آموزش در دو مدل یکسان و به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۰۶ و برای تست در مدل حاصل از مجموعه عملگر یک، به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۲ و در دومین مدل، ۰/۹۷ و ۰/۰۸ به دست آمد. بنابراین مدل حاصل از مجموعه عملگر ریاضی دو، به عنوان مدل جریان رودخانه ليقوان پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی ژنتیک، جریان رودخانه، رودخانه ليقوان، مدل‌سازی

### ۱- مقدمه

تعیین جریان رودخانه‌ها، از جمله مولفه‌های مهم و تأثیر گذار در مدیریت منابع آب حوضه آبریز می‌باشد. مطالعه این پدیده هیدرولوژیکی کاربردهای فراوانی از جمله در زمینه پیش‌بینی سیلاب را دارا می‌باشد. با توجه به ماهیت غیرخطی، پویا و عدم قطعیت ذاتی جریان و نیز نیاز به اطلاعات وسیع و پیچیده بودن مدل‌های فیزیکی، محققان به سوی روش‌های الهام گرفته شده از طبیعت همچون برنامه ریزی ژنتیک (GP) رو آورند. روش‌های الهام گرفته شده از طبیعت از جمله برنامه‌ریزی ژنتیک، جزو مدل‌هایی هستند که در تحقیقات پیچیده و دقیق از آن‌ها استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی ژنتیک یک تکنیک برنامه‌ریزی خودکار می‌باشد که راه حل مسئله را با استفاده از برنامه‌نویسی کامپیوتری ارائه می‌کند. الگوریتم‌های تکاملی که برنامه‌ریزی ژنتیک نیز عضوی از آنها می‌باشد توانایی مدل‌سازی فرآیندهای کاملاً غیرخطی و پویا را دارند. بنا به اهمیت موضوع، تاکنون محققین مختلفی در سراسر جهان اقدام به مطالعه جریان رودخانه‌ها نموده‌اند. ویگهام و کراپر (۲۰۰۱) [۱] با استفاده از برنامه ریزی ژنتیک و مدل قطعی ایهاکرس<sup>۲</sup> فرآیند جریان روزانه را در دو حوضه تیفی<sup>۳</sup> و نامی<sup>۴</sup> مدل‌سازی کردند. نتایج حاصل از برنامه‌ریزی ژنتیک دقت بهتری نسبت به مدل قطعی نشان داد. خو و همکاران (۲۰۰۱) [۲] در یک تحقیق در مورد حوضه آبریز اورگوال<sup>۵</sup> در کشور فرانسه، از برنامه‌ریزی ژنتیک برای پیش‌بینی جریان ساعتی استفاده کرده و نتایج حاصل را با مقادیر مشاهداتی و نیز مقادیر محاسبه شده توسط روش‌های کلاسیک مقایسه کردند. حاصل تحقیق، بیانگر دقت قبول برنامه ریزی ژنتیک بود. لی یونگ و همکاران (۲۰۰۲) [۳] با مطالعه رابطه بارش - رواناب در زمان‌های متفاوت

1 Genetic programming  
2 IHACRES  
3 Teifi  
4 Namoi  
5 Orgeval