



## تخصیص بار آلودگی در رودخانه با استفاده از یک شاخص کیفی احتمالاتی

محمد رضا عباسی<sup>۱</sup>، نجمه مهجوری مجد<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

mahjouri@kntu.ac.ir

### خلاصه

در این مقاله، یک مدل بهینه‌سازی به منظور تخصیص بار آلودگی<sup>۳</sup> در رودخانه‌ها با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های تصفیه فاضلاب‌ها در سیستم و نیز حداقل‌سازی ریسک تخطی از استانداردهای کیفیت آب رودخانه توسعه داده شده است. به منظور محاسبه ریسک تخطی از استانداردها، یک شاخص کیفیت آب با توجه به غلظت چندین متغیر شاخص کیفیت آب مانند متغیرهای کیفی DO، BOD و نترات با استفاده از سیستم استنتاج فازی (FIS<sup>۴</sup>) ساخته شده است. به منظور تدوین شاخص کیفی احتمالاتی، از روش‌های تشخیص الگو (Pattern Recognition) استفاده شده است. به این ترتیب، پس از آموزش یک مدل شبکه عصبی مصنوعی احتمالاتی بر اساس نتایج مدل FIS، احتمال تعلق کیفیت یک نمونه آب به کلاس‌های کیفی مختلف محاسبه می‌شود. سپس، نتایج مدل بهینه‌سازی به صورت منحنی تعامل بین ریسک تخطی از استانداردها و هزینه‌های تصفیه رسم می‌شود. در این متدولوژی، عدم قطعیت مربوط به دبی بالادست با فرض تابع توزیع چگالی احتمال نرمال برای آن و با تعریف تابع عضویت فازی برای میانگین و انحراف معیار آن در نظر گرفته شده است. کارایی و کاربرد روش پیشنهادی در مطالعه موردی رودخانه زرچوب در شمال کشور بررسی شده است.

**کلمات کلیدی:** تخصیص بار آلودگی در رودخانه، شاخص کیفی احتمالاتی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل بهینه‌سازی، سیستم استنتاج فازی، رودخانه زرچوب

### ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، مطالعات و تحقیقات زیادی در زمینه تدوین و توسعه مدل‌های تخصیص بار آلودگی در سیستم رودخانه انجام شده است. در تخصیص بار آلودگی به منابع آلاینده در یک رودخانه به دنبال تعیین درصدهای تصفیه برای تخلیه‌کنندگان آلودگی با در نظر گرفتن معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشیم. از جمله رویکردهای در نظر گرفتن اهداف و مطلوبیت‌های زیست‌محیطی، حداقل‌سازی ریسک تخطی از استانداردها می‌باشد. ریسک تخطی از استاندارد را می‌توان به صورت "احتمال تخطی غلظت آلاینده شاخص از استاندارد" تعریف کرد. در محاسبه ریسک، با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها به طور متداول از توابع توزیع احتمال متغیرهای غیرقطعی استفاده می‌شود که در قالب آنالیز مونت کارلو، احتمال تخطی از استاندارد (ریسک) محاسبه می‌شود. از مطالعات انجام گرفته در زمینه در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها در تخصیص بار آلودگی می‌توان به مقالات Burn and Mc Bean (1985)، Cardwell and Ellis (1993)، Chang et al. (1997).

Mujumdar and Subbarao (2004)، Niksookhan et al. (2009)، Nikoo et al. (2012)، Qin (2012) اشاره کرد. برای محاسبه ریسک می‌توان تغییرات غلظت یک متغیر کیفی شاخص مانند اکسیژن محلول (DO<sup>۵</sup>) را در نظر گرفت، ولی از آنجا که این نحوه بیان کیفیت آب، دید کامل و مناسبی از کیفیت آب ارائه نمی‌دهد، شاخص‌های کیفی آب توسعه پیدا کردند. از جمله مطالعاتی که در زمینه

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>۲</sup> استادیار عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<sup>۳</sup>Waste Load Allocation

<sup>۴</sup>Fuzzy Inference System

<sup>۵</sup>Dissolved Oxygen