هشتمین کنفرانس بین المللی تحقیقات بین رشته ای
در عمران، معماری و مدیریت شهری قرن ۲۱

استفاده از الگوریتم ژنتیک در مدل‌سازی رسوب

بهزاد وحدتی

کارشناس سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

با توجه به اهمیت فزاینده سازه‌های مهندسی شده، بررسی ویژگی‌های جریان‌های غلیظ در تعامل با یک انسداد در سه دهه اخیر رایج شده و طرح‌های آزمایشگاهی و عددی متنوعی در این زمینه انجام شده است. با این حال در سال‌های اخیر، بیشتر تحقیقات در راستای شبیه‌سازی‌های عددی متمرکز بوده‌اند. در این تحقیق برای بررسی مناسب و تحلیل جامع ابتدا از داده‌های یک طرح آزمایشگاهی جریان غلیظ استفاده شد و در این راستا معادله‌ای ایجاد گردید که تمامی متغیرهای مورد استفاده در جریان غلیظ را شامل نماید. در این طرح آزمایشگاهی محققین به بررسی تاثیر موانع نفوذپذیر بر جریان غلیظ پرداخته‌اند و براساس داده‌ها حاصله و با الگوریتم ژنتیک در این مقاله معادله‌ای ارایه شد. در گام بعد محقق با استفاده از ویژگی‌های این الگوریتم به بررسی میزان دقت معادله حاصله پرداختند که نتایج حاصله نسبتا مطلوب بودند.

واژگان کلیدی : جریان‌های غلیظ، آزمایشگاهی، عددی، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

رسوب گذاری از دیرباز به عنوان عاملی که سبب کوتاه شدن عمر سد می‌گردد، مطرح بوده است. بسیاری از سدهای مخزنی در سرتاسر جهان با رسوبات انباشته شده پر شده، غیرفعال شده‌اند یا به دلیل رسوب‌گذاری شروع به عملکرد نادرست کرده‌اند. این مشکل به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌خشک جهان مشهودتر است که عمدتاً به دلیل سرعت فرسایش و مراحل جریان بالاتر است. محل تجمع رسوب یکی دیگر از عواملی است که بر طول عمر عملیاتی یک سد تأثیر بسزایی دارد. جریان‌های غلیظ عامل اصلی در انتقال رسوبات به سمت دیواره سد هستند که منجر به رسوب‌گذاری در نقاط کلیدی سد از جمله آبگیرها می‌شوند. بنابراین امروزه کنترل رسوب در مخازن سدها با در نظر گرفتن تندیس‌های زیست محیطی سختگیرانه در محل، هزینه‌های بالای پروژه های سدسازی و در دسترس نبودن مکان سدهای مناسب اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. تکنیک‌های مختلفی در مدیریت رسوب در مخازن وجود دارد. قرار دادن مانع در برابر جریان غلیظ یکی از تکنیک-های سازه‌ای است که می‌تواند به طور نسبی یا کامل سبب کنترل رسوبات گردد. همچنین غلظت و چگالی جریان اطراف مانع را کاهش می‌دهد. در نتیجه، بخش زیادی از رسوب در پشت مانع رسوب می‌کند، اما بخشی از جریانی که از روی مانع و اطراف آن عبور می‌کند، به دلیل کاهش چگالی نسبی جریان از بین می‌رود.

تحقیقات متعددی در برخورد با جریان های دو لایه انجام شده است. تحقیقات انجام شده مطابق با الزامات حوزه‌های مختلف از جمله اقلیم شناسی، اقیانوس شناسی، مکانیک و کنترل رسوب در مخازن سدها بوده است که در دو دهه گذشته رونق داشته است. این تکنیک معمولاً در سوئیس در پروژه‌های کنترل رسوب در مخازن از سال ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجایی که جریان غلیظ با یک مانع مواجه می‌شود، سناریوهای مختلفی بسته به ارتفاع مانع و ویژگی‌های جریان می‌تواند رخ دهد که نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه را نشان می‌دهد (pari et al, 2008).

۱-۱- پیشینه

ایشان یک جریان تک لایه و دو لایه با عمق نامحدود در لایه بالایی با استفاده از یک مانع مورد بررسی قرار گرفت. گرین اسپن و یانگ ۸ اثرات مانع بر جریان را با زوایای برخورد ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه مطالعه کردند. روتمن و همکاران ۱۷ به صورت تحلیلی جریان دو فازی را بر روی شیب افقی با وجود مانع در جریان های ثابت و ناپایدار حل کرد و به این نتیجه رسید که ارتفاع مانع باید دو برابر ضخامت جریان باشد تا جریان به طور کامل مسدود شود (Long,1954,1970). آنها یک جریان با لایه های بالایی محدود و نامحدود را به روشی تحلیلی بر اساس فرضیات ساده شده مورد مطالعه قرار دادند. آنها ۱۰ معادله را برای توصیف جریان قبل و بعد از مانع پیشنهاد کردند و از نتایج آزمایشات جریان خود در یک شیب افقی با مقادیر دبی ثابت اما با غلظت و ضخامت جریان متغیر استفاده کردند و معادلات را بر این اساس حل کردند ۱۱. پرینوس ۱۶ تحقیقی بر روی شکل مانع شامل شکل های نیم دایره و مثلث در یک شیب افقی انجام داد و به این نتیجه رسید که مانع نمی‌تواند جریان را مسدود کند در حالی که جریان در اعداد فرود ۰/۷ تا ۰/۸ مانع ارتفاع با دو برابر ضخامت جریان، سبب

توقف آن شد (Lane-Serff et al, 1995). آنها به بررسی اثرات مانع با باریک شدن و باز شدن جزئی بر کنترل نسبی جریان پرداختند و بیان کردند که مانع تنها زمانی بر الگوی رسوب گذاری تأثیر می‌گذارد که نسبتاً جریان را مسدود کند و بتواند جریان را کاملا کنترل نماید (Bursik and Wood, 1995). آنها اثرات روش‌های مختلف از جمله استفاده از موانع، استفاده از مانع مشبک، استفاده از جت آب در ۴۵ و ۹۰ درجه و دیوار حباب‌دار را بر کنترل جریان‌های غلیظ در مخازن را مورد مطالعه قرار دادند. آنها جریان روی مانع را برای یک ارتفاع معین و دو شیب مختلف ۰٪ و ۴/۶۴٪ مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از مانع برای جریان های زیر بحرانی بهتر عمل می کند (Oehy, and Schleiss, 2007).

۲- مواد و روش ها

در این مقاله از داده‌های ارایه شده در تحقیق آزمایشگاهی (Derakhshannia et al, 2021) که توجه آن بر جریان غلیظ تحت تاثیر قرار گرفته با موانع نفوذپذیر بود استفاده شده است. روند کلی این مقاله به این گونه بود که با الگوریتم ژنتیک اقدام به ایجاد معادله‌ای شده که تمامی متغیرهای ورودی (شیب، غلظت و دبی ورودی) و خروجی (دبی کاهش یافته) را شامل شده و سپس با استفاده از تعیین خطا و رگسیون کارایی این معادله مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه به بیان توضیحاتی درباره الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است.

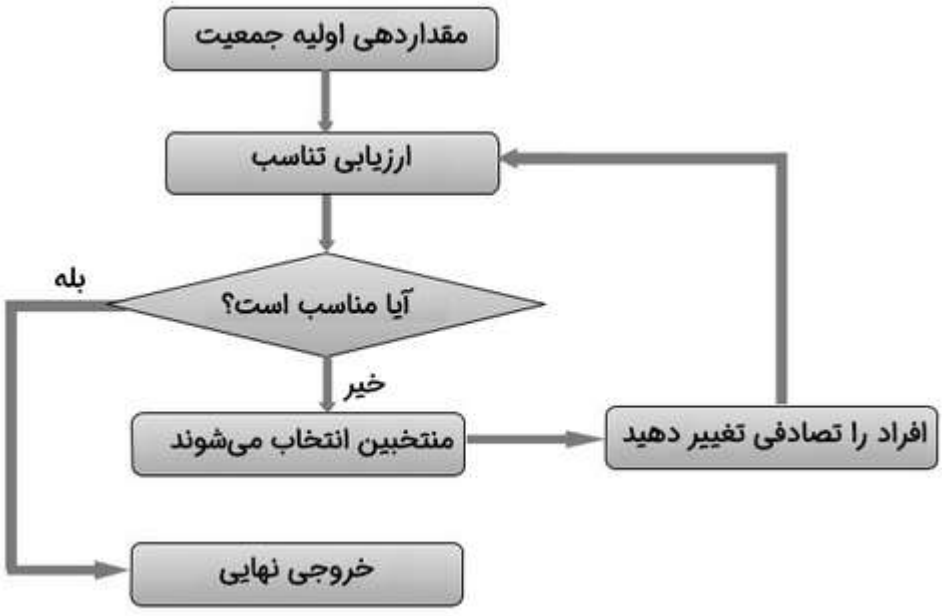
۲-۱- الگوریتم ژنتیک

در آغاز استفاده از الگوریتم ژنتیک، بسیاری از راه‌حل‌های فردی به طور تصادفی تولید می‌شوند تا یک جمعیت اولیه را تشکیل دهند. اندازه جمعیت به ماهیت مشکل (معادله) بستگی دارد، اما به طور معمول شامل صدها یا هزاران راه‌حل ممکن است. به طور سنتی، جمعیت به طور تصادفی تولید می‌شود و طیف وسیعی از راه‌حل‌های ممکن (فضای جستجو) را پوشش می‌دهد. گاهی اوقات، راه‌حل‌ها ممکن است در مناطقی که احتمالاً راه‌حل‌های بهینه یافت می‌شوند، «بذر» شوند. گام بعد بحث انتخاب است.

- انتخاب

در طول هر نسل متوالی، نسبتی از جمعیت موجود برای پرورش نسل جدید انتخاب می‌شود. راه‌حل‌های فردی از طریق یک فرآیند مبتنی بر تناسب اندام انتخاب می‌شوند، جایی که راه‌حل‌های مناسب‌تر (که توسط یک تابع تناسب اندام اندازه‌گیری می‌شود) معمولاً احتمال بیشتری دارد که انتخاب شوند. روش‌های انتخاب خاصی، تناسب هر راه‌حل را ارزیابی می‌کنند و ترجیحاً بهترین راه‌حل‌ها را انتخاب می‌کنند. روش‌های دیگر تنها یک نمونه تصادفی از جامعه را رتبه‌بندی می‌کنند، زیرا این فرآیند ممکن است بسیار زمان‌بر باشد. اکثر توابع تصادفی هستند و به گونه ای طراحی شده‌اند که نسبت کمی از راه

حل های مناسب کمتر انتخاب می‌شوند. این به حفظ تنوع جمعیت کمک می‌کند و از همگرایی زودرس در راه‌حل های ضعیف جلوگیری می‌کند. روش‌های انتخاب محبوب و مورد مطالعه شامل انتخاب چرخ رولت و انتخاب مسابقات است. گام بعدی تولید نسل دوم نمونه‌ها از نمونه‌هایی است که از طریق عملگرهای ژنتیکی متقاطع (که نوترکیبی نیز نامیده می‌شود) و/یا جهش انتخاب شده‌اند. برای هر نمونه جدیدی که تولید می‌شود، یک جفت نمونه "والد" برای پرورش از مرحله قبلی انتخاب می‌شود. با تولید یک نمونه "کودک" با استفاده از روش‌های متقاطع و جهش فوق، راه حل جدیدی ایجاد می شود که معمولاً بسیاری از ویژگی های "والدین" خود را به اشتراک می‌گذارد. والدین جدید برای هر فرزند جدید انتخاب می‌شوند و این روند تا زمانی که جمعیت جدیدی از راه‌حل‌ها با اندازه مناسب تولید شود ادامه می‌یابد. اگرچه روش‌های تولیدمثلی که مبتنی بر استفاده از دو والدین است، بیشتر «الهام‌گرفته از زیست‌شناسی» هستند، برخی تحقیقات (Eiben, 1994) نشان می‌دهند که بهتر است از بیش از دو «والد» برای تولید مثل یک کروموزوم با کیفیت خوب استفاده شود. این فرآیندها در نهایت منجر به نسل بعدی کروموزوم‌ها می‌شود که با نسل اولیه متفاوت است. به طور کلی میانگین تناسب اندام با این روش برای جمعیت افزایش می‌یابد، زیرا تنها بهترین یا الگوریتم ژنتیک از نسل اول برای اصلاح نژاد انتخاب می‌شود، همراه با نسبت کمی از راه حل های کم تناسب، به دلایلی که قبلاً در بالا ذکر شد (شکل (۱)).

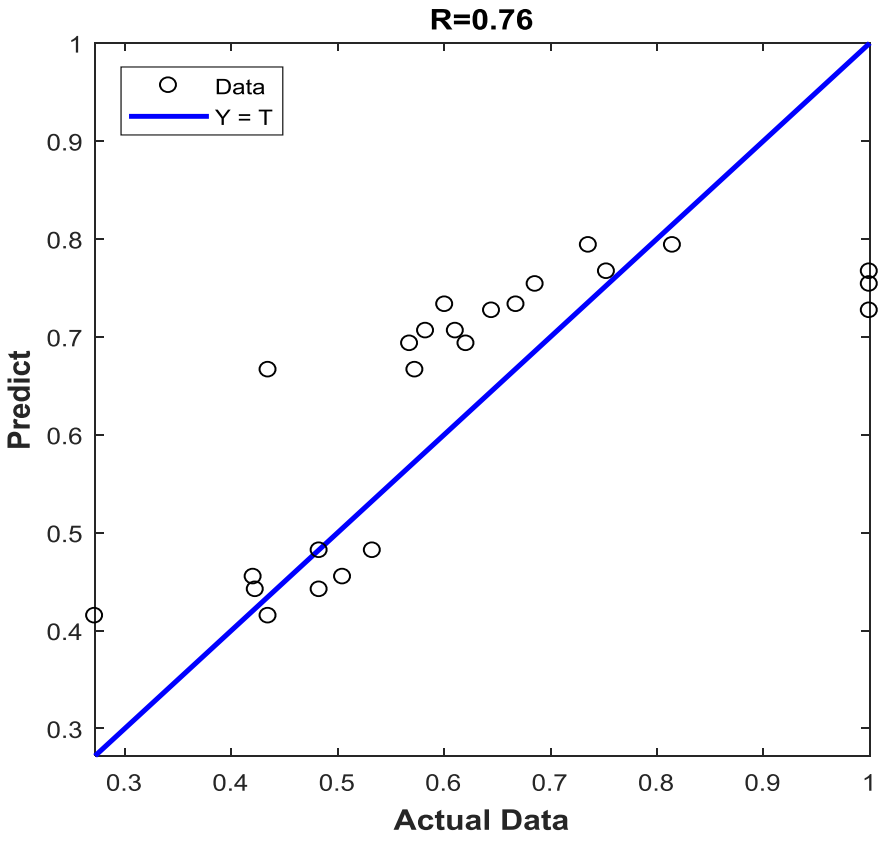


شکل ۱ : نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک

۳- نتایج

براساس داده‌های این طرح آزمایشگاهی و الگوریتم ژنتیک معادله‌ای به دست آمد که در رابطه (۱) ارایه شده است.

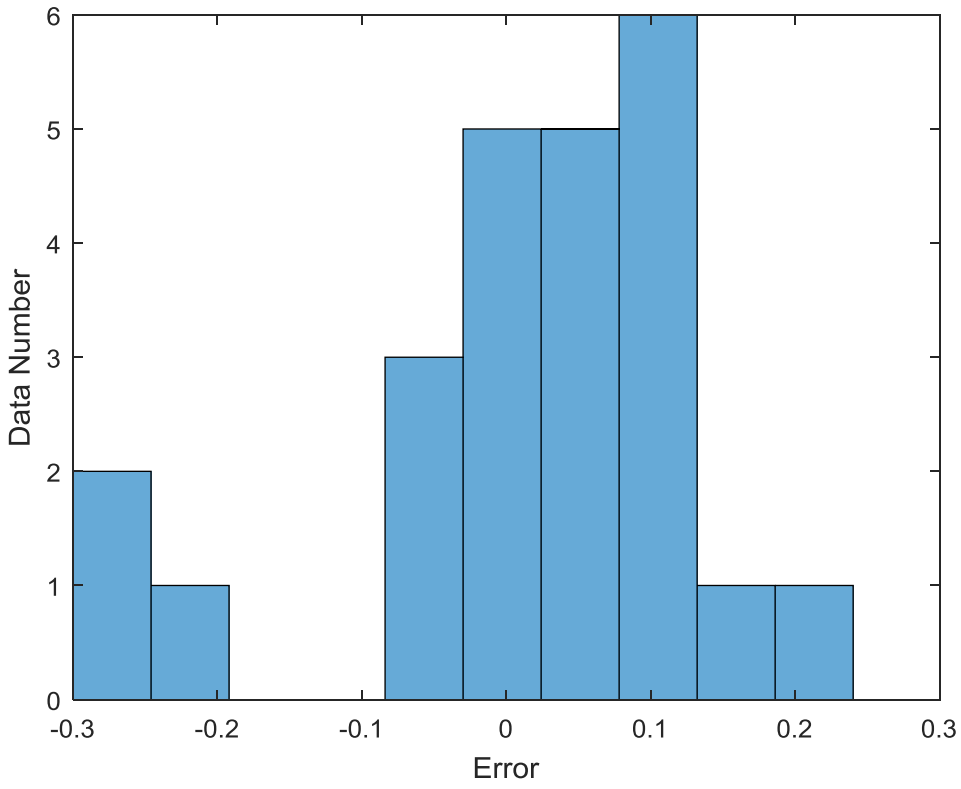
یکی از موضوعات اصلی بسیاری از پژوهش‌ها، بررسی روابط بین عناصر بوده است. نخستین بار کارل پیرسون با ارائه روش همبستگی کوشش کرد تا روشی آماری برای بررسی روابط بین عناصر ارائه نماید. روش همبستگی پیرسون با وجود مزایایی که داشت اما روابط متغیرها را همواره دو به دو بررسی می‌کرد. در این روش نقش متغیرهای دیگر مدل در روابط میان سایر عناصر در نظر گرفته نمی‌شود. مدل‌های نظری چند متغیره را نمی‌توان با شیوه دو متغیری که هر بار تنها رابطه یک متغیر مستقل با یک متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود، ارزیابی کرد. برای رفع این رگرسیون ارایه شد. در روش‌های رگرسیونی بر خلاف روش‌های همبستگی نقش عناصر مختلف در رابطه عوامل موجود در مدل در نظر گرفته می‌شود. براین-اساس در شکل (۲) به ارایه رگسیون ایجاد شده براساس این معادله پرداخته شده است.



شکل ۲ : رگسیون

با بررسی شکل (۲) مشخص شد که مقدار رگسیون ۰/۷۶ به دست آمد که نسبتا مطلوب می‌باشد. در اینجا برای درک بهتر کارایی این الگوریتم، مقادیر خطا تعیین شده است.

در شکل (۳) مقادیر خطا حاصله نشان داده شده است.



شکل ۳ : مقادیر خطا

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود پراکندگی داده‌ها حول صفر بوده که نشان از کارایی مطلوب این الگوریتم دارد.

براساس مقدار رگسیون و پراکندگی خطا کاملا واضح است که این الگوریتم در تعیین معادله بین داده‌های جریان غلیظ بسیار توانا می‌باشد و می‌توان در طرح‌های دیگر از آن استفاده نمود.

٤- نتیجه‌گیری

رسوب‌گذاری در رودخانه ها، براثر تحولات زمین ساختی و تغییراتی در سطح اساس رودخانه رخ می‌دهد و احداث سد موجب تغییر ریتم طبیعی جریان آب و رسوب‌گذاری می‌شود؛ چون آب را می‌توان به راحتی از مخزن تخلیه کرد اما رسوبات را نمی‌توان به این راحتی از مخزن سد دفع کرد؛ در مخزن سدها، خطر ورود رسوبات ریزدانه به تونل نیروگاه و خسارت به تاسیسات و توربین نیروگاه ها وجود دارد از این دیدگاه توجه به زمین شناسی محل احداث سد و هم به رسوب زدایی اهمیت زیادی دارد. با توجه به اینکه جریان‌های غلیظ عامل انتقال رسوبات به مخزن سدها می‌باشد، طرح‌های بسیاری در این زمینه انجام شده است. بنابراین در این مقاله تلاش شده که از داده‌های آزمایشگاهی انجام شده با درنظر گرفتن مانع نفوذپذیر استفاده شود و با استفاده از الگوریتم ژنتیک اقدام به مدل‌سازی داده‌ها و ایجاد معادله‌ای شود. معادله حاصله با استفاده از مقدار رگسیون و خطا مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نسبتا مطلوبی مشاهده شد.

مراجع

1- Pari, S. A., Kashefipour, S. M., Ghomeshi, M., & Bajestan, M. S. (2010). Effects of obstacle heights on controlling turbidity currents with different concentrations and discharges. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, *8*(2), 930-935.
2- Long, R. R. 1954. Some aspects of the flow of stratified fluids. II.Experiments with a two-fluid system. Tellus **2**:97-115.
3- Long, R. R. 1970. Blocking effects in flow over obstacles. Tellus **22**:471-480.
4- Lane-Serff, G. F., Beal, L. M. and Hadfield, T. D. 1995. Gravity current flow over obstacles. J. Fluid Mechanics **292**:39-53.
5- Bursik, M. I. and Woods, A. 2000. The effect of topography on sedimentation from particle-laden turbulent density currents. Journal of Sedimentary Research **70**(1):53-63.
6- Oehy, C. H. and Schleiss, A. 2007.Control of turbidity currents in reservoirs by solid and permeable obstacles. J. Hydraul. Eng. 133(6):637-648.
7- Derakhshannia, M., Ghomeshi, M., Eslamian, S. S., & Kashefipour, S. M. (2021). Investigation of the Performance of Permeable Obstacles on the Salty Head Density Current. *Water Resources*, *14*(50), 31-44.
8- Eiben, A. E. et al, "Genetic Algorithms with Multi-parent Recombination". PPSN, III: *Proceedings of the International Conference on Evolutionary Computation*. The Third Conference on Parallel Problem Solving from Nature: 78-87. ISBN 3-540-58484-6,1994.