



## تخمین ضریب آبگذری سازه ترکیبی سرریز- دریچه با استفاده از روش برنامه‌ریزی ژنتیکی

\*سمیرا سلامتی<sup>۱</sup>، امیراحمد دهقانی<sup>۲</sup>، مهدی مفتاح‌هلقی<sup>۳</sup> و عبدالرضا ظهیری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup>دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** دریچه‌ها و سرریزها از جمله سازه‌های هیدرولیکی پرکاربرد و مهم می‌باشند که به‌طور گسترده به‌منظور کنترل، تنظیم جریان و تثبیت کف، در کانال‌های باز و رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌منظور افزایش بهره‌وری از سازه سرریز و دریچه، می‌توان سرریز و دریچه را با هم ترکیب نمود. به این صورت که با ترکیب سرریز و دریچه می‌توان دو مشکل عمده و اساسی رسوبگذاری در پشت سرریزها و تجمع آشغال و اجسام شناور در پشت دریچه‌ها را رفع نمود. در سازه ترکیبی سرریز- دریچه شرایط هیدرولیکی جدیدی حاکم خواهد شد که با شرایط هیدرولیکی هر کدام از این دو سازه به تنهایی متفاوت است. قبل از سال ۱۹۸۵ که آقای احمد مقاله خود را در زمینه ایده ترکیب دو سازه سرریز و دریچه منتشر کرد اطلاعات بسیار کمی در این زمینه وجود داشت که داده‌ها و نتایج ایشان جهت ارائه یک رابطه عمومی کافی نبود (۱۵). پس از ایشان پژوهشگران زیادی در جهت بررسی مشخصات هیدرولیکی جریان در سازه‌های ترکیبی برآمدند. از جمله این مطالعات می‌توان به کارهای آزمایشگاهی آقایان السعید (۱۹۹۵)، الحمید و همکاران (۱۹۹۶) و نجم و همکاران (۱۹۹۴) و نجم (۱۹۹۷) اشاره نمود (۶، ۲، ۱۴ و ۱۶). ایشان جریان ترکیبی از روی سرریز V شکل و زیر دریچه مستطیلی با انقباض مقطع را مطالعه نمودند. هدف از این پژوهش، تعیین ضریب دبی جریان ترکیبی سرریز- دریچه و ارائه رابطه‌ای برای برآورد ضریب دبی بر اساس پارامترهای هیدرولیکی هندسی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش نیز با استفاده از تغییر پارامترهایی مانند دبی جریان، بازشدگی دریچه و ارتفاع سازه ترکیبی در کانال آزمایشگاهی، اثرات هیدرولیکی جریان و هندسه مجرا بر میزان ضریب دبی جریان در سیستم سرریز- دریچه مورد بررسی قرار گرفت و سپس به کمک برنامه‌ریزی ژنتیک، در نهایت چند رابطه با دقت بالا برای ضریب آبگذری در سازه ترکیبی سرریز- دریچه به‌دست آمد. در نهایت برای تعیین بهترین رابطه از پارامترهای آماری ضریب تعیین ( $R^2$ )، ریشه دوم میانگین مجموع مربعات خطا (RMSE)، متوسط خطا (AE) و متوسط قدرمطلق انحراف داده‌ها ( $\delta$ ) استفاده شد.

\* مسئول مکاتبه: s.salamati68@gmail.com

**یافته‌ها:** نتایج آزمایش‌ها پس از بررسی صحت و پالایش داده‌ها تحلیل گردید و با توجه به روابط فوق‌الذکر ضریب دبی محاسبه شد. سپس با استفاده از تحلیل ابعادی و برنامه‌ریزی ژنتیک یک رابطه برای ضریب دبی سیستم سرریز-دریچه به دست آمد که ضریب تعیین آن برای داده‌های آموزش ۸۴/۲ درصد و برای داده‌های آزمون ۸۸/۱ درصد می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** پارامترهای هندسی مدل سرریز-دریچه در ضریب آبگذری نقش اساسی دارند. همچنین با استفاده از برنامه‌ریزی ژنتیکی می‌توان رابطه‌ای با دقت بالا برای تخمین ضریب دبی جریان در سازه ترکیبی ارائه داد.

**واژه‌های کلیدی:** سرریز لبه تیز، دریچه، ضریب دبی، جریان ترکیبی، برنامه‌ریزی ژنتیک

### مقدمه

برآورد دبی جریان در شبکه‌های انتقال آب و فاضلاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، وسایل مختلفی از جمله انواع سرریز، دریچه و پارشال فلوم برای اندازه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱). در مواردی که آب انتقالی برای آبیاری همراه با مواد رسوبی یا شناور باشد، در سرریزها مشکل رسوبگذاری پشت سرریز و در دریچه‌ها تجمع مواد زائد پشت دریچه به وجود می‌آید که موجب بروز مشکلاتی در نحوه عملکرد سیستم‌های اندازه‌گیری فوق می‌شوند. سیستم جریان ترکیبی سرریز-دریچه امکان عبور جریان از بالا و پایین را به‌طور هم‌زمان فراهم نموده و در نتیجه مواد قابل ترسیب در پشت دریچه به‌صورت زیرگذر و همچنین آشغال و ضایعات شناور را به‌صورت روگذر از سرریز عبور می‌دهد.

قبل از سال ۱۹۸۵ که آقای احمد مقاله خود را در زمینه ایده ترکیب دو سازه سرریز و دریچه منتشر کرد اطلاعات بسیار کمی در این زمینه وجود داشت که داده‌ها و نتایج ایشان جهت ارائه یک رابطه عمومی کافی نبود (۱۵). پس از ایشان پژوهشگران زیادی در جهت بررسی مشخصات هیدرولیکی جریان در سازه‌های ترکیبی برآمدند. از جمله این مطالعات می‌توان به کارهای آزمایشگاهی آقایان السعید

(۱۹۹۵)، الحمید و همکاران (۱۹۹۶) و نجم و همکاران (۱۹۹۴) و نجم (۱۹۹۷) اشاره نمود (۶، ۲، ۱۴ و ۱۶). ایشان جریان ترکیبی از روی سرریز V شکل و زیر دریچه مستطیلی با انقباض مقطع را مطالعه نمودند. ششپراکاش و شیواپور (۲۰۰۴)، نیز به بررسی دبی جریان از روی سرریز مستطیلی و از زیر دریچه V شکل پرداختند (۱۸). اسماعیلی و فتحی‌مقدم (۲۰۰۶)، ضریب دبی را در مدل سرریز-دریچه بررسی کردند (۷). سامانی و مظاهری (۲۰۰۷)، به بررسی تخمین رابطه دبی جریان عبوری از روی سرریز و زیر دریچه در حالت‌های نیمه‌مستغرق و مستغرق پرداختند. نتایج بررسی هیدرولیک جریان ایشان نشان داد که سیستم دریچه-سرریز موجب اصلاح خطوط جریان شده است (۱۳). حیدرپور و رضویان (۲۰۰۷)، با بررسی خصوصیات جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریچه مستطیلی بدون فشردگی جانبی در حالت لبه تیز، معادله‌ای برای ضریب شدت جریان پیشنهاد کردند (۱۰). هایاوی و همکاران (۲۰۰۸)، این سازه ترکیبی را با سرریز مثلثی و دریچه مستطیلی مورد پژوهش و بررسی قرار دادند. نتیجه پژوهش ایشان نشان داد که دبی محاسباتی با نسبت‌های بدون بعد  $\frac{D}{h}$  و  $\frac{y}{h}$ ،  $\frac{B}{h}$  (که B عرض دریچه، h ارتفاع آب

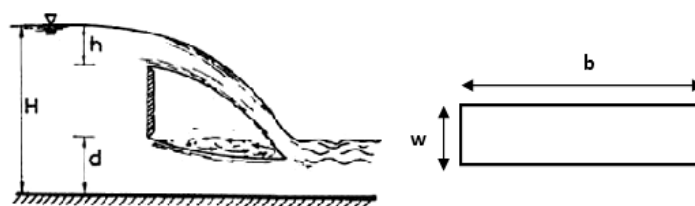
روی سرریز،  $y$  فاصله کف سرریز تا بالای دریچه و  $D$  بازشدگی دریچه است) همبستگی خاصی را نشان می‌دهد (۹).

در دهه اخیر روش‌های هوش مصنوعی به خاطر قابلیت شبیه‌سازی فرایندهای پیچیده، کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف مهندسی آب یافته‌اند. برنامه‌ریزی ژنتیک که برای اولین بار توسط کوزا (۱۹۹۲)، ارائه شد، جزو روش‌های الگوریتم‌گردشی و تکاملی محسوب می‌شود و قادر به بهینه‌سازی ساختار مدل و مؤلفه‌های آن بوده و رابطه صریحی براساس متغیرها و پارامترهای فرایند ارائه می‌نماید. الگوریتم‌های یاد شده اقدام به تعریف یک تابع هدف در قالب معیارهای کیفی نموده و سپس تابع هدف را برای اندازه‌گیری و مقایسه روش‌های مختلف حل می‌کند و در یک فرآیند گام به گام تصحیح ساختار داده‌ها به کار گرفته می‌شود و در نهایت، روش حل مناسب را ارائه می‌نمایند. برنامه‌ریزی ژنتیک به دلیل دارا بودن دقت کافی، به‌عنوان یک روش کاربردی مطرح می‌شود (۳). با ادامه سیر تکاملی روش‌های هوشمند، امروزه برنامه‌ریزی ژنتیک در زمینه مهندسی آب به‌عنوان ابزاری مناسب برای مدلسازی مسایل مربوط به تعیین ساختار پدیده‌ها مطرح شده است. تاکنون این روش در استخراج رابطه صریح ضریب اصطکاک داریسی - ویسباخ در جریان متلاطم در لوله‌ها (داویدسون و همکاران، ۱۹۹۹)، شبیه‌سازی بارش - رواناب (لیونگ و همکاران ۲۰۰۲) و ویگهام و کراپر (۲۰۰۱))، ارائه آبنمود واحد در حوزه‌های شهری (رابونال و همکاران، ۲۰۰۷)، الگوسازی بارش - رواناب در حوزه‌های شهری (دورادو و همکاران، ۲۰۰۳) و پیش‌بینی دبی جریان روزانه رودخانه (گوون، ۲۰۰۹) کاربرد داشته است (۴، ۱۲، ۱۹، ۱۷، ۵ و ۸). همچنین

ظهوری و همکاران (۲۰۱۲)، به مدل‌سازی دبی رودخانه‌های سیلابی با استفاده از برنامه‌ریزی ژنتیک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که برنامه‌ریزی ژنتیک نسبت به روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک از دقت بالاتری برخوردار است (۲۰). در این پژوهش، با انجام آزمایش‌هایی در شرایط مختلف هندسی و هیدرولیکی سازه ترکیبی سرریز - دریچه، ضریب دبی جریان ترکیبی سرریز - دریچه مورد بررسی قرار گرفته و رابطه‌ای برای برآورد ضریب دبی بر اساس پارامترهای هیدرولیکی هندسی ارائه شد.

### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها روی مدل ترکیبی سرریز - دریچه بدون فشرده‌گی جانبی در حالت قائم درکانالی مستطیلی و افقی به طول  $۳/۷$  متر و عرض  $۱۳/۵$  سانتی‌متر در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. دریچه و سرریز ترکیبی در فاصله  $۱/۴$  متری از ابتدای کانال نصب شد. اندازه‌گیری تراز سطح آب به‌وسیله یک ترازسنج دیجیتالی مجهز با درجه دقت  $۰/۰۱$  میلی‌متر انجام می‌گرفت. نیم‌رخ عمق آب  $۵۰$  سانتی‌متر قبل و بعد از سازه ترکیبی اندازه‌گیری شد. به‌منظور تخمین دبی در این پژوهش ۱۴ نوع مدل سرریز - دریچه مختلف، بررسی شدند. جنس مدل‌های ساخته شده از نوع پی وی سی  $۳$  میلی‌متر بوده است. همچنین آزمایش‌ها در محدوده دبی  $۱/۸۱$  تا  $۲/۶۴$  لیتر بر ثانیه، فاصله کف سرریز تا بالای دریچه (w)  $۴$  تا  $۵/۵$  سانتی‌متر و بازشدگی دریچه (d)  $۰/۵$  تا  $۱/۵$  سانتی‌متر انجام شده است.



شکل ۱- نمایی از نیمرخ جریان ترکیبی و مقطع سازه و پارامترهای تعریف شده.

Figure 1. The exponential of combined flow profile and section of structure and defined parameters.

سرریز،  $C_{dw}$  ضریب آبگذری سرریز و  $h$  عمق آب روی سرریز می‌باشد. همچنین با توجه به تحلیل ابعادی انجام شده، ضریب دبی در مدل سرریز-دریچه بدون فشردگی تابع پارامترهای زیر است.

$$C_d = f\left(\frac{h}{H}, \frac{h}{d+w}, Fr\right) \quad (2)$$

که در آن،  $w$  فاصله کف سرریز تا بالای دریچه و  $Fr$  عدد فرود بالادست می‌باشد.

**برنامه‌ریزی ژنتیک:** همان‌طور که بیان شد، برنامه‌ریزی ژنتیک شاخه‌ای از الگوریتم گردشی است با این تفاوت که در این روش به‌جای نوارهای بیت از سیستم درختی استفاده می‌شود و هر شاخه نیز از یک مجموعه متغیرهای ورودی و مجموع عملگرهای اصلی تشکیل می‌شود. در برنامه‌ریزی ژنتیک، ابتدا بلوک‌هایی که شامل متغیرهای ورودی، تابع هدف و تابع ارتباط‌دهنده آن‌ها می‌باشد، تعریف و سپس ساختار مناسب مدل و ضرایب آن تعیین می‌گردد. این روش به‌صورت خودکار متغیرهایی که در مدل بیش‌ترین تأثیر را دارند، انتخاب و متغیرهای کم‌اهمیت را حذف می‌کند. یکی از مهم‌ترین مواردی که باید در این روش مورد توجه قرار داد، انتخاب ورودی‌های مناسب مدل می‌باشد و این امر در شرایطی که از داده‌های ورودی ثانویه نیز بهره برده شود، از اهمیت مضاعفی برخوردار خواهد بود. زیرا معرفی داده‌های ورودی کم‌اهمیت، سبب کاهش دقت مدل و ایجاد

در هر مدل حدود ۴ بار اندازه‌گیری دبی در شرایط ماندگار و ثابت شدن ارتفاع سطح آب صورت می‌گرفت. میزان دبی جریان ورودی به هر فلوم دبی‌های حداکثر و حداقل را در محدوده داده‌های برداشت شده پوشش می‌داد. لازم به ذکر است که در همه آزمایش‌ها عرض فلوم آزمایشگاهی و عرض سرریز یکسان بود و تاج سرریزهای به‌کار رفته افقی و جهت آن عمود بر جهت اصلی جریان قرار گرفته است.

**برآورد ضریب دبی جریان هم‌زمان از مدل ترکیبی سرریز-دریچه:** جهت تعیین دبی عبوری از سازه ترکیبی می‌توان از روابط سرریز و دریچه استفاده نمود و برای تحلیل جریان ترکیبی بر روی مدل سرریز-دریچه و به‌دست آوردن ضریب دبی مناسب با کارایی بهینه که در هر زمان و مکان بتوان آن را محاسبه کرد این تئوری مطرح شد، که ضریب دبی سرریز و دریچه در حالت ترکیبی و به‌طور مستقل با هم برابر هستند. بنابراین ضریب دبی سازه ترکیبی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$C_d = \frac{Q}{\sqrt{2gHbd} + \frac{2}{3}\sqrt{2gbh^{1.5}}} \quad (1)$$

که در آن،  $Q_g$  دبی عبوری از دریچه،  $C_{dg}$  ضریب آبگذری دریچه،  $b$  عرض دریچه،  $d$  بازشدگی دریچه،  $H$  ارتفاع آب بالادست دریچه،  $Q_w$  دبی عبوری از

مدل‌های پیچیده‌تری شده و تفسیر آن‌ها با دشواری‌های بیش‌تری مواجه می‌گردد. در نهایت برای ارزیابی دقت نتایج محاسباتی این روش در مراحل آموزش و آزمون از پارامترهای آماری ضریب تعیین ( $R^2$ )، ریشه دوم میانگین مجموع مربعات خطا (RMSE)، متوسط خطا (AE) و متوسط قدرمطلق انحراف داده‌ها ( $\delta$ ) استفاده شده است.

### نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌ها پس از بررسی صحت و پالایش داده‌ها تحلیل گردید و با توجه به روابط فوق‌الذکر ضریب دبی محاسبه شد. سپس با استفاده از تحلیل ابعادی و برنامه‌ریزی ژنتیک یک رابطه برای ضریب

دبی سیستم سرریز- درجه به‌دست آمد. برای انجام این پژوهش و استخراج رابطه‌ای صریح برای متغیر خروجی مدل ابتدا داده‌ها به‌صورت تصادفی به دو گروه آموزش (حدود ۷۰ درصد داده‌ها معادل ۴۵ آزمایش) و آزمون (حدود ۳۰ درصد داده‌ها معادل ۱۹ آزمایش) تقسیم شدند. این کار در بیش‌تر مطالعات مبتنی به روش‌های نوین محاسباتی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، مدل درخت تصمیم و برنامه‌ریزی ژنتیک انجام می‌شود. در جدول ۱ پارامترهای نهایی مدل برنامه‌ریزی ژنتیک برای به‌دست آوردن رابطه ارائه شده است.

جدول ۱- پارامترهای نهایی مدل برنامه‌ریزی ژنتیک.

**Table 1. The final parameters of genetic programming model.**

مقادیر یا نوع The amounts or type	پارامتر parameter
30	تعداد کروموزوم‌ها Number of chromosomes
3	تعداد ژن‌ها Number of genes
+، -، /، ×، توان، جذر +, -, /, ×, power, root	عملگرهای ریاضی به کاربرده شده Applied mathematical operators
جمع summation	عملگر ریاضی بین ژن‌ها Mathematical operation of genes
0.044	سرعت جهش Mutation rate
0.1	سرعت وارونگی Inversion rate
0.3	سرعت تلاقی یک نقطه‌ای One-point recombination rate
0.3	سرعت تلاقی دو نقطه‌ای Two-point recombination rate
0.1	سرعت تلاقی ژن‌ها Gene recombination rate
0.1	سرعت جابجایی ژن‌ها Gene transposition rate

که در آن،  $0.288 < Fr < 0.141$ ،  $0.825 < \frac{h}{w+d} < 0.13$  و  $0.116 < \frac{h}{H} < 0.424$  می‌باشد.

بعد از استخراج رابطه ۶ برای بخش آموزش و یا واسنجی، این رابطه برای بقیه داده‌ها مورد آزمون قرار می‌گیرد. جدول ۳ نتایج پارامترهای آماری را برای ضریب آبگذری در دو مرحله آموزش و آزمون نشان می‌دهد. با توجه به بالا بودن ضریب همبستگی و قابل پذیرش بودن میزان خطا، فرمول استخراج شده توسط برنامه‌ریزی ژنتیک مورد قبول می‌باشد.

سپس براساس بهترین مقدار شاخص‌های آماری (با توابع برازش R، RMSE، AE و  $\delta$ ) معادله‌ای به صورت رابطه ۳ برای تخمین ضریب آبگذری سازه ترکیبی سرریز-دریچه برای داده‌های بخش واسنجی مدل استخراج گردید.

$$Cd = Fr + \sqrt{\left(0.592255 - \frac{h}{w+d} + \frac{h}{(w+d)}\right) - \sqrt{Fr} + \frac{Fr}{\left(Fr - \frac{h}{w+d}\right)\left(\frac{2h}{w+d}\right) - \sqrt{Fr}}$$

(۳)

جدول ۲- نتایج پارامترهای آماری.

Table 2. The results of statistical parameters.

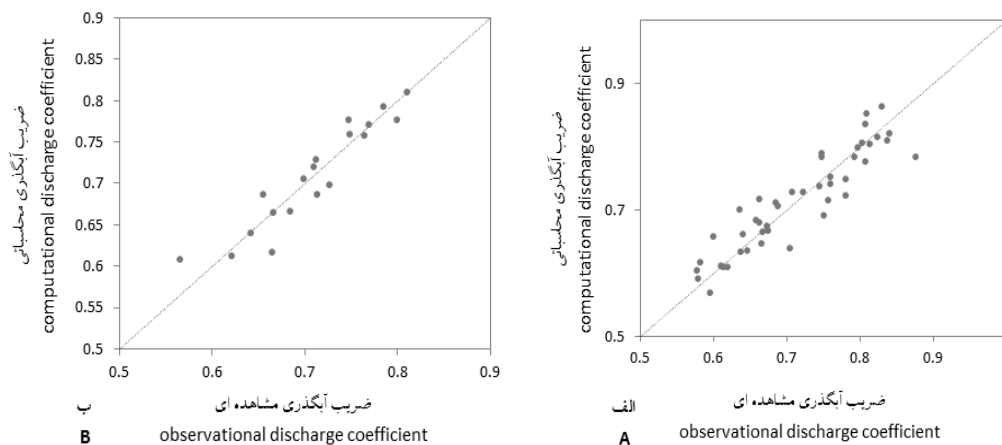
مرحله آموزش مدل Training of model stage				مرحله آزمون مدل Testing of model stage			
ضریب تعیین determination coefficient	ریشه دوم میانگین مجموع مربعیات خطا root mean square error	متوسط خطا average error	متوسط قدرمطلق انحراف داده‌ها the average absolute deviation of the data	ضریب تعیین determination coefficient	ریشه دوم میانگین مجموع مربعیات خطا root mean square error	متوسط خطا average error	متوسط قدرمطلق انحراف داده‌ها the average absolute deviation of the data
	0.842	0.00108	-0.06702		3.5585	0.881	0.00048

پارامترهای هندسی مدل سرریز-دریچه از جمله بازشدگی دریچه و فاصله بالای دریچه تا کف سرریز W و پارامترهای هیدرولیکی از جمله عمق جریان H و عمق آب بالای سرریز h، در ضریب آبگذری نقش اساسی دارند. به طوری که به ازای یک H ثابت، با افزایش W، مقدار دبی عبوری افزایش می‌یابد. همچنین با استفاده از برنامه‌ریزی ژنتیکی می‌توان رابطه‌ای با دقت بالا برای تخمین ضریب دبی جریان در سازه ترکیبی ارائه داد.

در شکل‌های ۲ و ۳ مقایسه نتایج محاسباتی مشاهداتی مدل برای داده‌های مراحل آموزش و آزمون ارائه شده است.

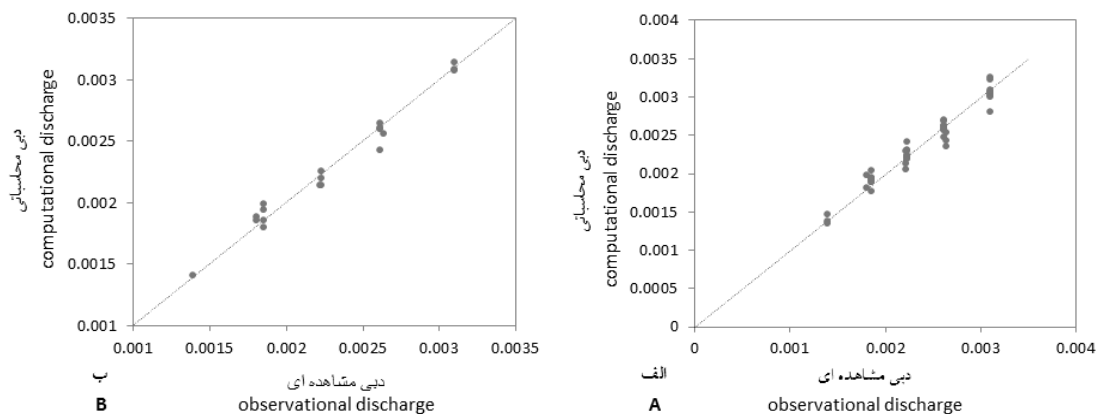
### نتیجه‌گیری

در این پژوهش آزمایش‌هایی در جهت تحلیل هیدرولیک جریان و برآورد رابطه‌ای مناسب برای ضریب آبگذری در یک مدل ترکیبی سرریز-دریچه انجام پذیرفت. مهم‌ترین نتایج این پژوهش به شرح زیر می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه نتایج ضریب آبگذری مشاهده‌ای و محاسباتی برای داده‌های آموزش (الف) و آزمون (ب).

Figure 2. Compare the results of observational and computational discharge coefficient for training data (A) and test data (B).



شکل ۳- مقایسه نتایج دبی مشاهده‌ای و محاسباتی برای داده‌های آموزش (الف) و آزمون (ب).

Figure 3. Compare the results of observational and computational discharge for training data (A) and test data (B).

### منابع

1. Ackers, A., White, W.R., Perkins, J.A., and Harrison, A.J.M. 1978. Weirs and flumes for flow measurements, Chapter 3, John Wiley & Sons, New York, Pp: 44-85.
2. Alhamid, A.A., Husain, D., and Negm, A.M. 1996. Discharge Equation for Combined Flow Over Rectangular Weirs and Below Inverted Triangular, Weirs Persian Gulf J. Sci. Res. Riyadh, Saudi Arabia, 14: 3. 595-607.
3. Danandehmehr, A., and Majdzade Tabatabai, M.R. 2010. I Prediction of Daily Discharge Trend of River Flow Based on Genetic Programming. J. Water Soil. 24: 2. 325-333.
4. Davidson, J.W., Savic, D.A., and Walters, G.A. 1999. Method for identification of explicit polynomial formulae for the friction in turbulent pipe flow. J. Hydroinformatics. 1: 2. 115-126.
5. Dorado, J., Rabunal J.R., Pazos, A., Rivero, D., Santos, A., and Puertas, J. 2003. Prediction and modeling of the rainfall-runoff transformation of a typical urban basin using ANN and GP, Appl. Artif. Intell. 17: 329-343.

6. El-saiad, A.A., Negm, A.M., and Waheed El-Din, U. 1995. Simultaneous Flow over Weir and below Gates. Civil Eng. Dept., Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt, 17: 7. 62-71.
7. Esmaili, K., and Fathi Moghaddam, M. 2006. Discharge coefficient of weir-gate model, The National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management, Shahid Chamran University, Ahvaz.
8. Guven, A. 2009. Linear genetic programming for time-series modeling of daily flow rate, J. Earth Syst. Sci. 118: 2. 157-173.
9. Hayawi, H.A., Yahia, A.A., and Hayawi, G.A. 2008. Free Combined Flow Over a Triangular Weir and Under Rectangular Gate. Damascus Univ. J. 24: 1.
10. Heidarpour, M., and Razavian, H. 2007. Investigation of combined flow over rectangular weir and under rectangular gate, 9<sup>th</sup> National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction, Shahid Bahonar, Kerman.
11. Koza, J.R. 1992. Genetic Programming: On the Programming of Computers by means of Natural Selection. The MIT Press, Cambridge, MA.
12. Liong, S.Y., Gautam, T.R., Khu, S.T., Babovic, V., Keijzer, M., and Muttill, N. 2002. Genetic programming, A new paradigm in rainfall runoff modeling, J. Am. Water Res. Assoc. 38: 3. 705-718.
13. M.V. Samani J., and Mazaheri M. 2007. Combined Flow Over Weir and Under Gate. 7<sup>th</sup> congress of Hydraulic in Iran.
14. Negm, A.M., El-Saiad, A.A., Alhamid, A.A., and Husain, D. 1994. Characteristics of Simultaneous Flow Over Weir and Below Inverted V-Notches. Civil Eng. Res. Magazine (CERM), Civil Eng. Dept., Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt. 16: 9. 786-799.
15. Negm, A.M. 1995. Characteristics of combined flow over weirs and under gates with unequal contractions, in Advances in Hydrosience and Engineering, Vol. 2, Part A, Edited by CHES and IRTCES (Eds), Proc. 2<sup>nd</sup> ICHE-95, 22-26 March, Tsinghua Univ. Press, Beijing, China. Pp: 285-292.
16. Negm, A.M. 1997. Characteristics of combined flow over weirs and below gates, Sudan Eng. Soc. J. 43: 34.
17. Rabunal, J.R., Puertas, J., Suarez, J., and Rivero, D. 2007. Determination of the unit hydrograph of a typical urban basin using genetic programming and artificial neural networks, Hydrol. Process, 21: 476-485.
18. Shesha Prakash, M.N., and Shivapur, A.V. 2004. Generalized Head-Discharge Equation for Flow over Sharp-Crested Inclined Inverted V-Notch Weir. J. Irr. Drain Eng. ASCE. 130: 4.
19. Whigham, P.A., and Crapper, P.F. 2001. Modeling rainfall runoff using Genetic programming. Mathematical and Computer Modeling. 33: 707-721.
20. Zahiri, A.R., Eghbali, P., and Ghorbani, M.A. 2012. Flow discharge modeling in flooded rivers by using genetic programming, J. Water Soil Cons. 19: 4. 67-84.





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(2), 2015*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

### Short Technical Report

## Estimation of Discharge Coefficient of Combined Weir-Gate Structure by Genetic Programming

\*S. Salamati<sup>1</sup>, A.A. Dehghani<sup>2</sup>, M. Meftah Halaghi<sup>3</sup> and A.R. Zahiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student of Water Structures, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of

Agricultural Sciences and Natural Resources  
Received: 08/03/2013; Accepted: 08/26/2014

### Abstract

**Background and Objectives:** Weirs and gates are the common and important structures which are used for controlling and adjusting the flow in irrigation channel and rivers. In order to increase the efficiency of the weir and gate structure, the combined weir and gate structure can be used. In this case Weirs and gates can be combined together in order to pass the floating materials above weir and to move the sediments depositions in upstream of the gate simultaneously. This compound device create a new hydraulically condition in compression with weir or gate, each other alone. Before the year 1985, very little information about the use of these combined devices for flow measurements were available when Ahmed published his study on a combination of rectangular weir above a rectangular sluice without contraction. He tried to obtain a common discharge coefficient for the combined system, but his data were not enough to make generalization (15). After him Many researchers have tried to investigating of hydraulic characteristics of the combined structure such as El-saiad (1995), Alhamid et al. (1996), Negm et al. (1994) and Negm (1997) (6, 2, 14, 16). They studied combined flow over V-notch weir and below contracted rectangular gate. The objective of this research was to determine the discharge coefficient of the combined weir-gate and provide the relation for estimation of discharge coefficient based on the hydraulic and geometry parameters.

**Materials and Methods:** In this study, the effects of hydraulic flow and chanal geometry on the discharge coefficient of weir-gate system was studied by variation of parameters such as discharge, opening the gate and height combined structure in laboratory channels. Finally several relations was obtained with high accuracy for discharge coefficient by the genetic programming. For selecting the best relation, determination coefficient ( $R^2$ ), root mean square error (RMSE), average error (AE) and the average absolute deviation of the data ( $\delta$ ) were used.

**Results:** The results of the experiments were analyzed after checking and refining data and discharge coefficient was calculated by the above-mentioned relations. Then, by dimensional analysis and genetic programming, A relation was obtained for discharge coefficient of weir-gate system that determination coefficient is for teaching data 84.2 percent and for test data 88.1 percent.

**Conclusion:** Geometric parameters of combined model have a fundamental role on discharge coefficient. Also the genetic programming can be used for presenting a relation for estimation of discharge coefficient with high accuracy.

**Keywords:** Weir, Gate, Discharge coefficient, Combined flow, Genetic programming

---

\* Corresponding Author; Email: s.salamati68@gmail.com

