مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد شانزدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

تخمین ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی با استفاده از روش جستجوی ژنتیکی

[*]امیراحمد دهقانی[۱] و محمدابراهیم مشکاتی‌شهمیرزادی[۲]

[۱]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱٤

چکیده

دریچه‌های قطاعی یا شعاعی از جمله متداول‌ترین دریچه‌ها جهت کنترل دبی و تنظیم سطح آب می‌باشند. برای نیل به استفاده بهینه از این سازه و با توجه به پیشرفت‌های اخیر در طرح تنظیم خودکار جریان برای سرریز سدها و شبکه‌های انتقال، تعیین دقیق ضرایب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی از اهمیت زیادی برخوردار است. روابط تجربی و نمودارهای متعددی برای تخمین ضریب آب‌گذری دریچه‌ها ارایه شده است. این روش‌ها از دقت کافی برخوردار نبوده و اغلب برای دامنه محدودی از متغیرها قابل استفاده می‌باشد. در این پژوهش، روابط مختلف برای تخمین ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی در شرایط جریان مستغرق مورد ارزیابی قرارگرفته و با استفاده از روش جستجوی ژنتیکی، ضرایب و توان روابط پیشنهادی به‌دست آمده است. سپس با استفاده از آزمون‌های آماری بین داده‌های تخمینی و داده‌های آزمایشگاهی، بهترین برازش غیرخطی برای تخمین ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی به‌دست آمد. سپس برای آزمون رابطه پیشنهادی از ۵۰ سری داده آزمایشگاهی و میدانی که از محققان مختلف جمع‌آوری گردیده بود، استفاده و پارامترهای آماری مانند میانگین، انحراف معیار (نسبت مقادیر محاسبه شده به مقادیر اندازه‌گیری شده) و پارامتر خطا محاسبه گردید. این مقادیر به‌ترتیب برابر ۱/۰۵، ۰/۲۰٤ و ۰/۱ می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از بهترین برازش با نتایج محققان دیگر مقایسه گردید. نتایج نشان‌دهنده دقت بالای رابطه پیشنهادی نسبت به روابط دیگر است.

واژه‌های کلیدی: دریچه قطاعی، ضریب آب‌گذری، جریان مستغرق، جستجوی ژنتیکی

[*] مسئول مکاتبه: a.dehghani@gau.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

دریچه‌های قطاعی یا شعاعی از جمله متداول‌ترین دریچه‌ها جهت کنترل دبی و تنظیم سطح آب می‌باشند. این نوع دریچه‌ها به سبب سهولت در ساخت، نصب و همچنین سهولت در بهره‌برداری و نگهداری، کاربرد زیادی در سرریز سدها، شبکه‌های انتقال، کانال‌های کشاورزی و تونل‌های انتقال آب دارند. برای نیل به استفاده بهینه از این سازه و با توجه به پیشرفت‌های اخیر در طرح تنظیم خودکار جریان برای سرریز سدها و شبکه‌های انتقال، تعیین دقیق ضرایب دبی جریان در دریچه‌های قطاعی مورد نیاز است. سابقه تحقیق نشان می‌دهد که در زمینه مطالعه جریان در دریچه‌های قطاعی به‌خصوص با نگرش توسعه مشخصه‌های دبی برای شرایط جریان مستغرق تحقیقات انگشت‌شماری انجام شده است که دلیل آن را می‌توان در این حقیقت جستجو نمود که بررسی مشخصه‌های دبی عبوری از دریچه‌های قطاعی و کشویی در حالتی که جریان مستغرق در پایین‌دست دریچه ایجاد می‌شود، با توجه به وجود دو فاز هوا و آب پشت دریچه، بسیار پیچیده‌تر از بررسی جریان آزاد می‌باشد (بیرامی و یوسفیان، ٢٠٠٧). مطالعه‌های انجام شده در مورد ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی مستغرق به‌طور عمده محدود به استفاده از ضرایب تجربی براساس درجه استغراق جریان در پایین‌دست دریچه می‌باشد (فتحی‌مقدم، ٢٠٠٦). این روش‌ها از دقت کافی برخوردار نیستند و نیز اغلب برای دامنه محدودی از متغیرها، معتبر بوده و با یکدیگر اختلاف زیادی دارند (ذلقی، ٢٠٠٥). راجاراتنام و سوبرامانیا (١٩٦٧)، یک سری روابط عمومی برای محاسبه دبی عبوری از زیر دریچه کشویی در حالت جریان آزاد و مستغرق ارایه نمودند. ایشان به این نتیجه رسیدند که ضریب دبی جریان در هر دو حالت آزاد و مستغرق تابعی از نسبت عمق آب در بالادست دریچه به فاصله بازشدگی دریچه می‌باشد (راجاراتنام، ١٩٦٧). تاچ (١٩٥٥)، ضریب فشردگی جریان (C_c) را در دریچه‌های قطاعی و در شرایط جریان آزاد مورد بررسی قرار داد. همچنین در بررسی‌های خود ضریب دبی جریان (C_d) را تابعی از ضریب فشردگی و نسبت عمق آب در بالادست دریچه به فاصله بازشدگی دریچه دانست (تاچ، ١٩٥٥). بویالسکی، به‌منظور به‌دست آوردن ضریب دبی جریان در دریچه‌های قطاعی تحقیقات آزمایشگاهی و مطالعات تحلیلی فراوانی انجام داد و توانست روابط تجربی پیچیده‌ای را برای تخمین آن به‌دست آورد که برای یافتن ضرایب روابط به نمودارها و گراف‌هایی نیاز داشت. داده‌های آزمایشگاهی این محقق اغلب مبنای مطالعه‌های بعدی قرار گرفت (بویالسکی، ١٩٨٣). وال و همکاران (٢٠٠٣)، برای تعیین پارامتر تجربی انرژی تصحیح شده موجود در

Archive of SID

www.SID.ir

روش کالیبراسیون دریچه‌های قطاعی (انرژی- مومنتم) به انجام یک سری مطالعه‌های آزمایشگاهی برروی دریچه‌های قطاعی پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر آن بود که به سبب توزیع غیریکنواخت سرعت و همچنین توزیع غیراستاتیک فشار در پایین‌دست دریچه، مقادیرانرژی تصیح شده‌ای که توسط عمق ایجاد شده بلافاصله بعد از دریچه و عمق جریان در پایین‌دست دریچه محاسبه می‌گردد، مناسب نبوده است (وال و همکاران، ۲۰۰۳). شاهرخ‌نیا و جوان (۲۰۰۵ و ۲۰۰۶)، تحقیق‌های متعددی برروی دریچه‌های قطاعی انجام دادند. آنها روابط بی‌بعدی را برای دبی عبوری از دریچه‌های قطاعی در حالت مستغرق و آزاد ارایه کرده‌اند. همچنین با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی منتشر شده توسط محققان قبلی و برازش چندمتغیره غیرخطی آنها، روابطی را برای ضریب دبی جریان در دریچه‌های قطاعی به‌دست آورند. در این روابط ضریب دبی جریان به‌عنوان تابعی از نسبت بار آبی به عمق بازشدگی دریچه و زاویه لبه دریچه با خط افق در نظر گرفته شده است (شاهرخ‌نیا و جوان، ۲۰۰۵؛ شاهرخ‌نیا و جوان، ۲۰۰۶). فتحی‌مقدم (۲۰۰۶)، به‌منظور ارایه رابطه‌ای برای محاسبه ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی در شرایط جریان مستغرق، به تعیین و بررسی میزان تأثیر هریک از پارامترهای مؤثر بی‌بعد بر ضریب آب‌گذری پرداخت. در این روابط ضریب دبی جریان به‌عنوان تابعی از نسبت بار آبی بالادست به عمق بازشدگی دریچه، نسبت بار آبی بالادست به پایین‌دست و نیز عدد فرود در مقطع پایین‌دست دریچه در نظر گرفته شده است (فتحی‌مقدم، ۲۰۰۶). دهقانی و همکاران (۲۰۰۷)، نیز با تعیین پارامترهای بی‌بعد مؤثر بر ضریب دبی تخلیه دریچه‌های قطاعی، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه به مدل‌سازی هوشمند رابطه ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی محققان قبلی پرداختند. مقایسه نتایج تخمین زده شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و مطالعه‌های قبلی، بیانگر مطابقت قابل قبول این نتایج با داده‌های آزمایشگاهی می‌باشد (دهقانی و همکاران، ۲۰۰۷). امروزه استفاده از روش‌های نوین هوشمند به‌منظور پیش‌بینی و بهینه‌سازی مورد توجه محققان قرار گرفته است. از میان الگوریتم‌های هوشمند، الگوریتم ژنتیک که ایده آن از سیستم تکامل طبیعی موجودات زنده (ژن و کروموزوم) برگرفته شده، به‌عنوان روش نوین بهینه‌سازی مدل‌های غیرخطی بسیار مناسب بوده وکاربردهای فراوانی دارد (هاوپوت، ۱۹۹۸؛ جن و چنگ، ۱۹۹۷). روش جستجوی ژنتیک تلاشی برای شبیه‌سازی و به‌کارگیری برخی خصوصیات و توانایی‌های تکامل در بهینه‌سازی است. الگوریتم جستجوی ژنتیکی روشی است که به‌صورت موازی و چندجانبه از نقاط مختلفی از فضای حل جستجو را آغاز می‌کند. این روش در سال ۱۹۷۵ میلادی

Archive of SID

www.SID.ir

توسط جان هولند (گولدبرگ، ١٩٨٩) معرفی شد و بعد از آن به‌طور وسیع در مسایل مهندسی، به‌ویژه در مسایل بهینه‌سازی شبکه‌های لوله، سازه‌های ساختمانی، کالیبراسیون، مدل‌های بارش- روان‌آب و پمپاژ آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفت (دهقانی و همکاران، ٢٠٠٦؛ هارونی و همکاران، ١٩٩٦). در این تحقیق برنامه‌ای در محیط برنامه‌نویسی نرم‌افزار Matlab برای شبیه سازی روش جستجوی ژنتیکی تهیه شده و روابط غیرخطی مختلفی مورد بررسی قرار گرفت. با محاسبه مقادیر ضریب تبیین، میانگین خطا و جذر میانگین مربعات خطا، بین داده‌های تخمینی و داده‌های آزمایشگاهی، بهترین رابطه برازشی حاکم بر پارامترهای مؤثر در ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی به‌دست آمد.

مواد و روش‌ها

-آنالیز ابعادی: زمانی که عمق پایاب دریچه قطاعی افزایش یابد و پرش ناشی از آن به محل تنگ‌شدگی جریان در حالت آزاد برسد دریچه مستغرق می‌گردد. به‌عبارت دیگر هنگامی که عمق پایاب از حداکثر عمق ثانویه پرش در حالت جریان آزاد بیشتر گردد. در این شرایط مقدار ضریب آب‌گذری دریچه قطاعی (C_d)، به عمق آب بالادست (H_u)، عمق آب پایین‌دست (H_d)، ارتفاع بازشدگی دریچه (G_o)، همچنین به زاویه لبه دریچه با افق (θ) بستگی دارد (شکل ١).

$$C_d = F(H_u, H_d, G_o, \theta) \quad (١)$$

با استفاده از آنالیز ابعادی، مهم‌ترین پارامترهای بی‌بعد برای محاسبه آب‌گذری دریچه قطاعی در شرایط جریان مستغرق به شرح زیر به‌دست آمده است:

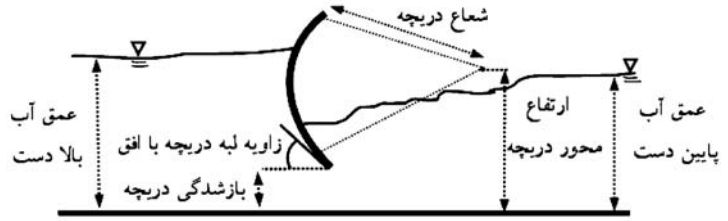
$$C_d = F(\frac{H_u - H_d}{G_o}, \frac{H_d}{G_o}, \theta) \quad (٢)$$

از آنجا که زاویه لبه دریچه با افق(θ)، تابعی از میزان بازشدگی دریچه (G_o)، ارتفاع محور دریچه (P_h) و شعاع دریچه قطاعی (Rad) می‌باشد، رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$C_d = F(\frac{H_u - H_d}{G_o}, \frac{H_d}{G_o}, \frac{P_h - G_o}{Rad}) \quad (٣)$$

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- پارامترهای مؤثر بر ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی در شرایط جریان مستغرق.

روش بهینه‌سازی جستجوی ژنتیکی: فرآیند بهینه‌سازی به این صورت می‌باشد که در آغاز یک جمعیت اولیه تولید شده و مراحل تکثیر، جهش و تبادل ژنی برروی این جمعیت صورت می‌گیرد. به این منظور ابتدا تعدادی پاسخ در محدوده تغییر پارامترها حدس زده می‌شود و با تبدیل این اعداد به زنجیره‌ای از صفر و یک، مقادیر تابع هدف به‌ازای این مقدار پاسخ به‌دست می‌آید، آنگاه توسط روش دیسک‌گردان، زنجیره‌هایی که تابع هدف به‌ازای آنها کمینه شود باقی‌مانده و بقیه حذف می‌شوند. پس از انتخاب زنجیره‌ها و با برگزیدن درصد احتمال ترکیب مناسب، مکان‌هایی از تابع زنجیره‌ها برای رد و بدل کردن اطلاعات انتخاب می‌شود. در این تحقیق از ترکیب نقطه‌ای برای ترکیب زنجیره‌های صفر و یک استفاده می‌شود به این ترتیب که یک نقطه از این زنجیره اطلاعات انتخاب شده و کلیه صفر و یک‌های بعد از این نقطه در دو زنجیره در حال ترکیب با هم تعویض می‌شود، همچنین با انتخاب درصد مناسب برای احتمال جهش، مکان یا مکان‌هایی از زنجیره جواب انتخاب شده و اعداد درون این مکان‌ها از صفر به یک و بالعکس تبدیل می‌شود و سپس مجدداً تابع هدف به‌ازای جمعیت جدید محاسبه و این روال آن‌قدر تکرار می‌شود تا یا تمـــــامی جواب‌ها به سمت نقطه بهینه رهنمون گردند و یا تعداد تکرارها به حد تعیین شده برسد. این جواب (کروموزوم) به‌عنوان بهترین تخمین برای پارامترهای ضریب آب‌گذری (دبی تخلیه) معرفی می‌گردد. عامل تعیین‌کننده در برازش و ارزیابی کروموزوم‌ها، تابع برازش می‌باشد. در این فرآیند، تابع برازش براساس میزان تطابق با ضریب آب‌گذری اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه تعریف می‌شود. در ادامه مراحل مهم در روش جستجوی ژنتیکی در برنامه توسعه‌یافته بیان می‌شود.

کدبندی: الگوریتم ژنتیک به‌کار رفته در این مطالعه براساس یک سیستم دودویی شامل (۱ و ۰) می‌باشد. به‌نحوی‌که پارامترهای مدل به مبنای ۰ و ۱ انتقال یافته و به‌عبارت دیگر رمزدار می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

چنان‌چه محدوده تغییرات هر پارامتر (a, b) باشد و میزان دقت اعداد (Δn_i) برابر با ۰/۰۰۰۱ باشد می‌توان از رابطه ٤ تعداد ژن‌ها (n_i) را محاسبه نمود:

$$۲^{ni} \geq \left(\frac{b_i - a_i}{\Delta n_i} + ۱ \right) \qquad (٤)$$

$$a_i \leq x_i \leq b_i$$

تشکیل جامعه: به‌منظور تشکیل جامعه، پس از تعیین طول رشته یا ژن‌های مربوط به هر پارامتر، لازم است طول کروموزوم جامعه به‌صورت $n_t = \sum_{i=۱}^{m} ni$ تعیین شود.

تابع ارزش: معیار انتخاب کروموزوم‌ها برای جامعه جدید از جامعه اولیه، توابع ارزش می‌باشد. بدین منظور در این مطالعه از تابع مجموع مربعات خطا به‌صورت زیر استفاده شده است. در رابطه ۵ $f_i(\exp)$ مقادیر واقعی یا آزمایشگاهی و $f(x_i, s)$ مقادیر محاسبه شده توسط رابطه پیشنهادی است.

$$\phi(s) = \sum^{n} \left(f_i(\exp) - f(x_i, s) \right)^{۲} \qquad (۵)$$

مرحله ترکیب: به‌منظور جستجو و بررسی در فضای تعریفی پارامترها جهت تعیین مقادیر بهینه، دو کروموزوم از مجموعه قبل انتخاب می‌شوند و کروموزوم‌های جدید را تشکیل می‌دهند. به این ترتیب که ابتدا محلی برای برش مشخص شده و سپس بخش‌های سمت راست محل برش کروموزوم با هم جابجا می‌شوند. انتخاب محل برش به‌صورت تصادفی بوده و می‌تواند شامل یک و یا چند موقعیت باشند. در این تحقیق عمل دورگه شدن با یک موقعیت برش درنظر گرفته شده است.

مرحله جهش: این روش جهت افزایش تنوع در جامعه و گسترش فضای جستجو مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه امکان دست‌یابی به نقاط بهینه مطلق افزایش می‌یابد. نحوه تغییر ژن‌ها بستگی به فضای تعریف شده الگوریتم دارد. از آنجایی که در این تحقیق از سیستم دودویی استفاده شده است، بنابراین در صورتی که ژن حاوی مقدار صفر باشد به یک تبدیل می‌شود و بالعکس. انتخاب ژن‌ها در مجموعه براساس میزان جهش انجام می‌شود و مقدار بهینه آن بستگی به نوع تابع و اندازه جامعه دارد. به‌منظور توزیع یکنواخت در انتخاب ژن‌ها، ابتدا کروموزوم مربوطه و سپس ژن مورد نظر به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

روش انجام تحقیق: در این تحقیق از ۱۶۰۲ داده آزمایشگاهی و میدانی که توسط (بویالسکی، ۱۹۸۳) ارایه گردید، برای یافتن ضرایب و توان‌های مجهول رابطه‌های پیشنهادی این تحقیق، استفاده شد. محدوده تغییرات پارامترها در جدول ۱ آمده است. ۱۵ رابطه پیشنهادی این تحقیق برای محاسبه ضریب آب‌گذری در جدول ۲ آمده است. لازم به ذکر است که برخی پارامترهای به‌کار گرفته شده در این رابطه‌ها، از تحقیق‌های قبلی در زمینه ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی استخراج شده است. سپس با استفاده از کد نوشته شده روش جستجو ژنتیکی، ضرایب بهینه روابط پیشنهادی به‌نحوی به‌دست آمدند که مجموع مربعات خطا بین ضریب آب‌گذری محاسبه شده از هر رابطه با مقادیر واقعی حداقل گردد.

نتایج و بحث

به‌منظور یافتن ضرایب بهینه، کد نوشته شده روش جستجوی ژنتیکی، به تعداد زیادی اجراء گردید. در هر اجراء تعداد جمعیت اولیه، مقادیر احتمال ترکیب و جهش، تغییر داده شد و از بین آنها بهترین ضرایب برای هر رابطه محاسبه گردید که ضرایب بهینه هر رابطه در جدول ۳ آمده است.

جدول ۱- محدوده تغییرات داده‌های آزمایشگاهی و میدانی مورد استفاده در این تحقیق.

نوع داده	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	مقدار بازشدگی دریچه (متر)	عمق آب بالادست (متر)	زاویه دریچه (درجه)	عمق آب پایین‌دست (متر)	عرض دریچه (متر)
آزمایشگاهی	۰/۰۱-۰/۱۸	۰/۰۱-۰/۲۶	۰/۰۴-۰/۶۱	۴۹-۸۹	۰/۰۰۳-۰/۳	۰/۷۱۱
میدانی	۰/۵۹-۲۰۹/۰۲	۰/۲۴۴-۶/۹۹	۲/۶۳-۷/۴۷	۵۲-۸۸	۱/۷۷-۷/۲۷	۱۰/۹۸-۲۲/۸۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- روابط پیشنهادی مورد بررسی برای انتخاب بهترین رابطه تخمین ضریب آب‌گذری.

(۱) $cd = a(\frac{\theta}{۹۰})^b(\frac{h_u - h_d}{h_d})$	(۲) $cd = a(\frac{\theta}{۹۰})^b(\frac{h_u - h_d}{G_o})^c$
(۳) $cd = a(\frac{h_u - h_d}{G_o})^b(\frac{h_d}{G_o})^c(\frac{p_h - G_o}{rad})^d$	(٤) $cd = a(\frac{p_h - G_o}{rad})^b(\frac{h_u - h_d}{h_d})^c$
(٥) $cd = a(\frac{h_u - h_d}{G_o})^b(\frac{h_d}{G_o})^c(\theta)^d$	(٦) $cd = a(\frac{p_h - G_o}{rad})^b(\frac{h_u - h_d}{G_o})^c$
(۷) $cd = a(\frac{h_u - h_d}{G_o})^b(\frac{h_d}{G_o})^c(\frac{\theta}{۹۰})^d$	(۸) $cd = a(h_u)^b(h_d)^c(G_o)^d(\theta)^e$
(۹) $cd = a + b(\frac{h_u - h_d}{G_o})^c + (\frac{h_d}{G_o})^e + f(\frac{p_h - G_o}{rad})^g$	(۱۰) $cd = a + b(\frac{h_u - h_d}{G_o})^c + d(\frac{h_d}{G_o})^e + f(\frac{\theta}{۹۰})^g$
(۱۱) $cd = a(G_o)^b + c(\frac{h_u - h_d}{h_d})^d(\frac{\theta}{۹۰})^e$	(۱۲) $cd = a(G_o)^b + c(\frac{h_u - h_d}{h_d})^d(\frac{p_h - G_o}{rad})^e$
(۱۳) $cd = a(G_o)^b + c(\frac{h_u - h_d}{G_o})^d(\frac{\theta}{۹۰})^e$	(۱٤) $cd = a(G_o)^b + c(\frac{h_u - h_d}{G_o})^d(\frac{h_d}{G_o})^e(\frac{p_h - G_o}{rad})^f$
(۱۵) $cd = a(G_o)^b + c(\frac{h_u - h_d}{G_o})^d(\frac{h_d}{G_o})(\frac{\theta}{۹۰})^f$	

جدول ۳- ضرایب بهینه روابط پیشنهادی ارایه شده در جدول ۱ توسط جستجوی ژنتیکی.

روابط	MAE	RMSE	R^2	a	b	C	d	e	f	g
۱	۰/۰۳۹۳	۰/۰٤۸	۰/۹۳۱۸	۰/٥٤	-۰/۲۲	۰/۳۲	-	-	-	-
۲	۰/۰٦٤٤	۰/۰۷۹۱	۰/۷۷۲	۰/۲٥	-۰/٤۱	۰/۳۲	-	-	-	-
۳	۰/۰۳۲٥	۰/۰٤۱	۰/۹۳۸٦	۰/۸۳	۰/۳٥	-۰/٤٥	۰/۱۲	-	-	-
٤	۰/۰۳٦۱	۰/۰٤٦۹	۰/۹۲۲۸	۰/۸۳	۰/۲۹	۰/٤۱	-	-	-	-
٥	۰/۰۳٤۳	۰/۰٤۲۹	۰/۹۳٦۸	۰/۷۱	۰/۳۳	-۰/٤۱	-۰/٥۸	-	-	-
٦	۰/۰٦۳٤	۰/۰۷۸۸	۰/۷۷۳٤	۰/٤٥	۰/٦۷	۰/۳۲	-	-	-	-
۷	۰/۰۳۳	۰/۰٤۰۷	۰/۹۳۷۹	۰/۸	۰/۳٥	-۰/٤۸	-۰/۰۹	-	-	-
۸	۰/۰۷۸٥	۰/۰۹٤۳	۰/۷۳۹۸	۰/۸	۱/۳٥	-۱/٤۸	۰/٥۸	۰/۹	-	-
۹	۰/۰۳۸	۰/۰٤٦	۰/۹۱۸٦	۰/۷	۰/٤۱	۰/۲۷	-۰/٤	۰/۲۲	-۰/۱٦	۰/۰۳
۱۰	۰/۰۳۸۹	۰/۰٤۷٤	۰/۹۱٥۷	-۱/۰۹	۰/٤۸	۰/۲۲	۱/٤۳	-۰/۰۹	-۰/۳٥	۰/٤۸
۱۱	۰/۰۳٤٤	۰/۰٤۲۷	۰/۹۳۰۱	-۰/۸	۱/۱۸	۰/٥٤	۰/۲۹	-۰/٥٦	-	-
۱۲	۰/۰۳٥۱	۰/۰٤۲۹	۰/۹۳۱۲	-۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۸۷	۰/۲۹	۰/۳٥	-	-
۱۳	۰/۰۳٤٦	۰/۰٤۲۷	۰/۹۳۱۲	-۰/٥۱	۱	۰/۸۷	۰/۲۹	۰/۳٥	-	-
۱٤	۰/۰۳۷٥	۰/۰٤٥۷	۰/۹۲٤۹	۰/۱٦	۰/٤٥	۰/۸	۰/٤٥	-۰/٥٤	۰/۱٦	-
۱٥	۰/۰۳۳۳	۰/۰٤۰۸	۰/۹۳۸۲	-۰/۰۳	-۰/٤۱	۰/۸	۰/۲۹	-۰/٤۱	-۰/۲۹	-

Archive of SID

www.SID.ir

سپس به‌منظور انتخاب بهترین رابطه از بین روابط جدول ۱، مقادیر محاسبه شده از هر رابطه ($\boldsymbol{Cd}_c$) به مقادیر اندازه‌گیری شده ($\boldsymbol{Cd}_m$) تقسیم شد و میانگین و انحراف معیار این نسبت ($\frac{Cd_c}{Cd_m}$) برای کل داده‌ها (۱۶۰۲ داده) محاسبه گردید. لازم به ذکر است که هرچه میانگین و انحراف معیار نسبت مقادیر محاسبه شده به مقادیر اندازه‌گیری شده به ۱ و صفر نزدیک‌تر باشد، تخمین دقیق‌تری حاصل می‌شود. همچنین از پارامتر خطا (Err) به‌صورت رابطه ٦ نیز برای ارزیابی رابطه‌ها استفاده شد.

$$Err = \frac{1}{n}\sum\left|\frac{X_i - X_m}{X_m}\right| \qquad (٦)$$

که X_i مقدار محاسبه شده ضریب آب‌گذری توسط هر رابطه در جدول ۱، X_m مقدار اندازه‌گیری شده و n تعداد کل داده‌ها می‌باشد. از بین رابطه‌های جدول ۱ با توجه به مقادیر این پارامترها، رابطه ۱۳ به‌عنوان رابطه بهینه برای تخمین ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی در جریان مستغرق به‌دست آمد. مقادیر پارامترهای آماری برای ارزیابی رابطه ۱۳ در جدول ٤ آمده است.

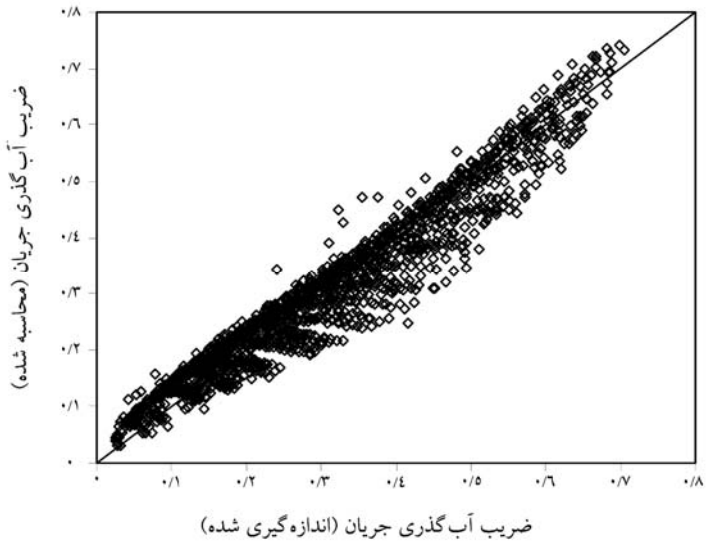
جدول ٤- مقادیر پارامترهای آماری برای ارزیابی رابطه‌های جدول ۱.

میانگین نسبت مقادیر محاسبه شده به مقادیر اندازه‌گیری شده	انحراف معیار نسبت مقادیر محاسبه شده به مقادیر اندازه‌گیری شده	پارامتر خطا (Err)
۱/۰٦٤	۰/۲۲٤	۰/۱٦

همچنین تغییرات ضریب آب‌گذری محاسبه شده توسط رابطه ۱۳ نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در شکل ۲ نشان داده شده است. نحوه تغییرات نشان‌دهنده آن است که مقادیر تخمینی ضریب آب‌گذری در اطراف خطی با شیب ٤٥ درجه قرار دارد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٢- تغییرات ضریب آب‌گذری محاسبه شده از رابطه ١٣ در برابر مقادیر مشاهده شده.

مقایسه با نتایج دیگران: به‌منظور آزمون رابطه پیشنهادی و مقایسه با نتایج دیگران، از ٥٠ داده آزمایشگاهی و میدانی (بویالسکی، ١٩٨٣) و ١٠ داده میدانی (صفری‌نژاد، ١٩٩١) استفاده گردید. محدوده تغییرات داده‌های میدانی در تحقیق صفری‌نژاد در جدول ٥ آمده است.

جدول ٥- محدوده تغییرات داده‌های میدانی مورد استفاده در تحقیق (صفری‌نژاد، ١٩٩١).

نوع داده	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	مقدار بازشدگی دریچه (متر)	عمق آب بالادست (متر)	زاویه دریچه (درجه)	عمق آب پایین‌دست (متر)	عرض دریچه (متر)
میدانی	٠/١٠-٤/٣٣	٠/٠٢-٠/٣٧	٠/٨٠-١/٨	٤٨-٦٢	٠/٣٥ -١/٢٩	٤- ٢

از بین مطالعات تحقیقات قبلی، رابطه شاهرخ‌نیا و جوان (٢٠٠٦)، از بقیه روابط از دقت بالاتری برخوردار بوده است، بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج حاصل از رابطه ایشان مقایسه گردید. ایشان برای محاسبه ضریب آب‌گذری دریچه‌های قطاعی در شرایط جریان مستغرق رابطه زیر را ارایه نمودند.

Archive of SID

www.SID.ir

$$cd = ۰/۶۲(\frac{\theta}{۹۰})^{-۰/۰۶}(\frac{h_u - h_d}{h_d})^{۰/۳۷} \quad (۷)$$

مقادیر پارامترهای آماری برای آزمون رابطه ۱۳ در جدول ٦ آمده است. نگاهی به نتایج نشان می‌دهد که رابطه ۱۳ نسبت به رابطه شاهرخ‌نیا و جوان (۲۰۰۵) از دقت بالاتری برخوردار است.

جدول ٦- مقادیر پارامترهای آماری برای آزمون رابطه ۱۳ و مقایسه با رابطه شاهرخ‌نیا و جوان (۲۰۰۵).

رابطه	میانگین نسبت مقادیر محاسبه شده به مقادیر اندازه‌گیری شده	انحراف معیار نسبت مقادیر محاسبه شده به مقادیر اندازه‌گیری شده	پارامتر خطا (Err)
رابطه ۱۳ تحقیق حاضر	۱/۰۵	۰/۲۰٤	۰/۱۰
رابطه شاهرخ‌نیا و جوان (۲۰۰۵)	۰/۸۹	۰/۱۸	۰/۱۳

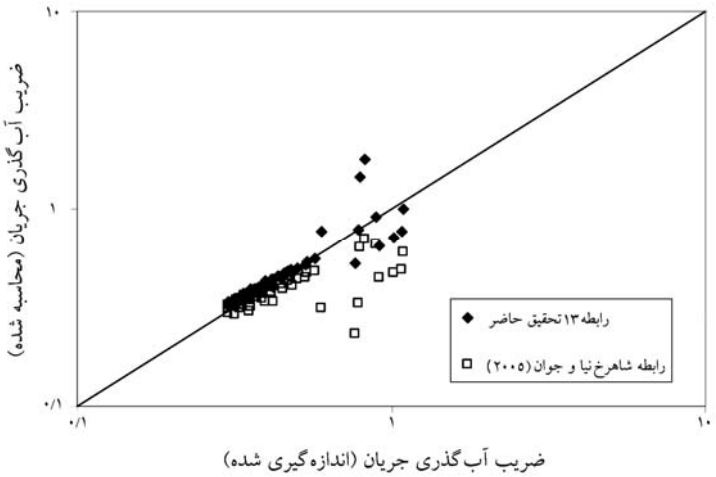
همچنین تغییرات ضریب آب‌گذری محاسبه شده توسط رابطه ۱۳ نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در شکل ۳ نشان داده شده است. نحوه تغییرات نشان‌دهنده آن است که مقادیر تخمینی ضریب آب‌گذری رابطه ۱۳ در اطراف خطی با شیب ٤٥ درجه قرار دارد. نگاهی به شکل (۳) نشان می‌دهد که رابطه شاهرخ‌نیا و جوان ضرایب آب‌گذری را کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده (به‌خصوص در ضرایب آب‌گذری بزرگ‌تر) نشان می‌دهند، در حالی‌که مقادیر تخمینی ضریب آب‌گذری رابطه پیشنهادی (رابطه ۱۳) در اطراف خطی با شیب ٤٥ درجه قرار دارد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با به‌کارگیری روش هوشمند جستجوی ژنتیکی، بهترین رابطه غیرخطی جهت برآورد ضریب دبی آب‌گذری دریچه‌های قطاعی در شرایط جریان مستغرق مطابق رابطه ۱۳ به‌دست آمد. سپس نتایج با نتایج حاصل از روابط محققان دیگر مقایسه گردید. مقایسه نتایج نشان داد که رابطه پیشنهادی از دقت بالاتری جهت تخمین ضریب دبی آب‌گذری دریچه‌های قطاعی برخوردار است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- تغییرات ضریب آب‌گذری محاسبه شده از رابطه ۱۳ در برابر مقادیر مشاهده شده.

منابع

1.Beyrami, M.K., and Yousefiyan, M. 2007. Estimation of discharge for radial gates with the combination of Energy equation and Momentum. P 137-144, Thired National Congress of Civil Engineering. (In Persian).

2.Buyalski, C.P. 1983. Discharge algorithms for canal gates. REC-ERC-83-9. Engineering and Research center. U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Co.

3.Dehghani, A.A., Ghodsian, M., Montazer, G.A., and NasiriSaleh, F. 2006. Cross-Section Optimization of Concrete Gravity Dams By Using Genetic Algorithms and Artificial Neural Network. Modares Journal, 2: 23-33. (In Persian).

4.Dehghani, A.A., Suzuki, K., Hashemi, F., and Salmatian, A.S. 2007. Estimation of the discharge coefficient of canal radial gates using artificial neural network. IAHR-International Congress on water engineering. Venice, Itally, Pp: 221-230.

5.Fathimoghaddam, M. 2006. Discharge coefficient of radial gates in submerged flow. P 87-93, 7th International Congress of Civil Engineering.

6.Gen, M., and Cheng, R. 1997. Genetic Algorithms and Engineering Design, John Weily and Sons.

7.Goldberg, D. 1989. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. New York: Addison-Wesley.

8.Harrouni, K., Ouazar, D., and Walters, A.H.D. 1996. Groundwater Optimization and Parameter Estimation by Genetic Algorithm and Dual Reciprocity Boundary Element Method, Engineering Analysis with Boundary Elements, 18: 287-296.

9.Haupt, R.L., and Haupt, S.E. 1998. Practical Genetic Algorithm, John Weily and Sons.

Archive of SID

www.SID.ir

10.Rajaratnam, N., and Subramanya, K. 1967. Flow equation for the sluice gate. J. Hydrural. Div., Am. Soc. Civ. Eng. 93: 4. 57-77.
11.Safarinejad, D. 1991. Estimation of relationships for discharge of radial gates in irrigation channel. Thesis of master of science in shiraz university. Shiraz, Iran.
12.Shahrokhnia, M.A., and Javan, M. 2006. dimensionless Stage-Discharge Relationshhip in Radiyal Gates. J. Irrig. Drain Eng. 132: 2. 180-184.
13.Shahrokhniya, M.A., and Javan, M. 2005. Obtained of discharge coefficient in radial gates. Hydraulic Magazine, 1: 1-11.
14.Toch, A. 1955. Discharge characteristics of Tainter gates. ASCE Trans. Am. Soc. Civ. Eng. 120: 290-300.
15.Wahl, T., Clemmens, A.J., and Replogle, J.A. 2003. The energy correction for calibration of submerged radial gates. United States Committee of Irrigation and Drainage Engineering Conference, Pp: 757-766.
16.Zalaghi, A. 2005. Hydraulic Investigation of discharge coefficient in radial gates. M.Sc. Thesis in water faculty in Chamran University, Ahvaz, Iran. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(2), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Estimation of discharge coefficient of radial gates by using genetic algorithm

***A.A. Dehghani[1] and M.E. Meshkati Shahmirzadi[2]**

[1]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Radial gates are structures for discharge control and regulating the water level. For most efficient use of this instrument and by the recent progress on the automatic flow regulation schemes for the weir and water conveyance, accurate estimating of discharge coefficient of radial gates is very important. There are several experimental relations and charts for estimation of discharge coefficient of radial gates but due to some control conditions the accuracy is not acceptable for practical proposes and are often used for limited conditions. In this study a genetic algorithm program have been used for finding the optimum relation for assessing the discharge coefficient of radial gates in submerged conditions. Also several relations were examined for finding the best one, and then by using statistical assessments between the estimated and experimental data, the best non-linear relation was obtained. The relation was verified by using 50 data sets (experimental and field data) collected by different researchers and statisticd parameters such as mean, standard deviation (estimatul-measured ratio) and standard error were estimated. Theses values were 1.05, 0.204 and 0.1 respectively. The results showed the high accuracy of proposed relation in comparison with the previous studies.

Keywords: Radial gate, Discharge coefficient, Submerged flow, Genetic algorithm

* Corresponding Author; Email: a.dehghani@gau.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir