

یادداشت فنی

مقایسه دو روش تئوری تلفیق معادلات انرژی و اندازه حرکت در تخمین دبی عبوری از دریچه‌های قطاعی در شرایط استغراق

رسول قبادیان^{۱*}، مجید یعقوبی^۲ و محمد زارع^۳

چکیده

دریچه قطاعی از متداولترین سازه‌های تنظیم سطح آب و دبی جریان است. برای تخمین دبی عبوری یا ضریب تخلیه جریان از این دریچه‌ها روابط و نمودارهای تجربی متعددی ارائه شده است. هر یک از روابط تجربی موجود در محدوده خاصی معتبر می‌باشند. در این تحقیق دو روش تئوری بر مبنای تلفیق معادلات انرژی و اندازه حرکت برای تخمین دبی عبوری از دریچه‌های قطاعی در شرایط استغراق بررسی شده است. در روش اول معادلات انرژی و اندازه حرکت بین مقاطع بالادست دریچه و ناحیه حداکثر انقباض جریان در پشت دریچه نوشته می‌شوند و مقدار دبی عبوری از هر معادله محاسبه و میانگین آنها در یک ضریب اصلاحی ضرب و به عنوان دبی محاسباتی در نظر گرفته می‌شود. در روش دوم رابطه انرژی بین مقطع بالادست دریچه و مقطع حداکثر انقباض جریان و رابطه اندازه حرکت بین مقطع حداکثر انقباض و مقطع جریان در پایاب دریچه نوشته می‌شوند که با حل همزمان دو معادله غیرخطی در یک برنامه کامپیوتری دبی عبوری از دریچه و عمق استغراق در پشت دریچه محاسبه می‌شود. با استفاده از ۱۴۹۰ داده بدست آمده از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی محققان قبلی دو روش فوق مقایسه شد. نتایج نشان داد که روش‌های بکار گرفته شده از دقت خوبی برای تخمین دبی عبوری از دریچه برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: دریچه قطاعی، رابطه انرژی، رابطه اندازه حرکت، جریان مستغرق.

ارجاع: قبادیان ر. یعقوبی م. و زارع م. ۱۳۹۰. مقایسه دو روش تئوری تلفیق معادلات انرژی و اندازه حرکت در تخمین دبی عبوری از دریچه‌های قطاعی در شرایط استغراق. مجله پژوهش آب ایران. ۵(۹): ۲۱۱-۲۱۶.

۱ - استادیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه رازی کرمانشاه.

۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

* نویسنده مسئول: rsghobadian@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۱۴

مقدمه

را برای محاسبه دبی عبوری در شرایط مستغرق ارایه کردند:

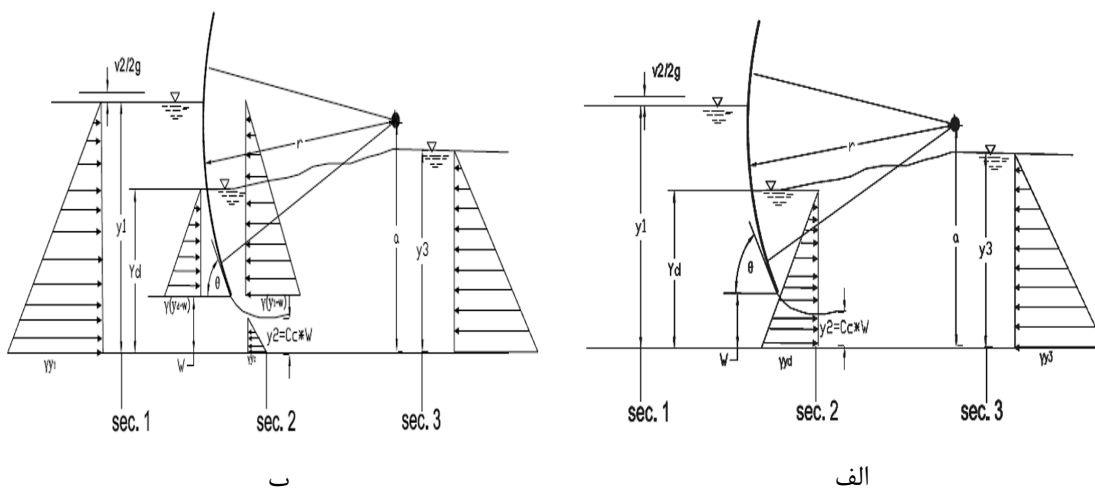
$$Q_d = C_c \times W \times b \sqrt{2g(H_1 - y - E_{corr}) / 1 + \xi} \quad (2)$$

که در آن b پهنای دریچه، H_1 انرژی بالادست دریچه، E_{corr} جمله اصلاح انرژی و $\xi + 1$ ضریبی است که به خاطر افت انرژی بالادست و عدم یکنواختی سرعت در محل حداکثر انقباض جریان در پشت دریچه در نظر گرفته شده است. y عمق استغراق جریان در پشت دریچه که دلیل مشکل اندازه‌گیری ناشی از تلاطم جریان با برقراری اصل بقای اندازه حرکت محاسبه می‌شود. در این تحقیق دو روش تئوری برای محاسبه دبی عبوری از دریچه‌های قطاعی در شرایط مستغرق که هر دو به نام روش تلفیق معادلات انرژی-مومنتم معرفی و با یکدیگر و برخی روش‌های تجربی موجود مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. روش اول شبیه روش کلمنت و همکاران (۲۰۰۳) است با این تفاوت که از جمله اصلاح انرژی (E_{corr}) صرف‌نظر شده است. همچنین از عدم یکنواختی سرعت در محل حداکثر انقباض جریان در پشت دریچه نیز چشم پوشی شده است. روش دوم توسط بیرامی و یوسفیان (۱۳۸۵) ارایه شده است. در این روش‌ها برخلاف روش‌های قبلی نیاز به استفاده از نمودار نمی‌باشد و محدودیت کاربرد نیز ندارند.

دریچه‌ها سازه‌هایی هستند که برای کنترل و تنظیم جریان بکار می‌روند. دریچه‌های قطاعی به جهت نیروی کمتر برای بالا بردن آن، نسبت به دریچه‌های عمودی کاربرد بیشتری دارند. برای محاسبه دبی عبوری از دریچه-های قطاعی در حالت‌های جریان آزاد و مستغرق انجمن مهندسی آمریکا (۱۹۴۶) و راجاراتنام و سابرامانیا (۱۹۶۷) روابطی را ارایه دادند. شاهرخ‌نیا و جوان (۱۳۸۴) با استفاده داده‌های بویالسکی (۱۹۸۳) در جریان با حالت مستغرق، برای ضریب تخلیه (C_d) معادله غیرخطی زیر را بدست آوردند:

$$C_d = 0.62 \left(\frac{\theta}{90} \right)^{-0.06} \left(\frac{y_1 - y_3}{y_3} \right)^{0.37} \quad (1)$$

تمامی پارامترها در شکل ۱ آورده شده است. بیرامی و یوسفیان (۱۳۸۵) با استفاده از روابط انرژی و اندازه حرکت دبی عبوری از دریچه در حالت مستغرق و آزاد را به دست آوردند. این محققین روش مذکور را تلفیق معادلات انرژی و مومنتم (روش $E-M$) نامیدند. کلمنت و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از رابطه انرژی بین مقاطع بالادست و حداکثر انقباض در پایین‌دست دریچه رابطه ۲



شکل ۱- جریان مستغرق دریچه قطاعی و توزیع فشار استاتیک الف) روش اول (تحقیق حاضر) ب) روش دوم (بیرامی-یوسفیان، ۱۳۸۵)

و ۲ (شکل ۱-الف)، با صرف نظر از افت انرژی و معادله مومنتم بین مقاطع ۲ و ۳ به علت نامعلوم بودن افت موجود در این بازه مورد استفاده قرار می‌گیرد:

مواد و روش‌ها

اساس کار روش‌های $E-M$ تعیین دبی در شرایط جریان مستغرق می‌باشد. در روش اول معادله انرژی بین مقاطع ۱

شماره ۱ و ۲ در شکل ۱-ب دبی جریان عبوری از دریچه با استفاده از معادله ۴ بدست می‌آید.

$$Q_E = b\sqrt{2gy_1^2 y_2^2 (y_1 - y_2) / (y_1^2 - y_2^2)} \quad (5)$$

$$Q_M = 0.5 b$$

$$\sqrt{(2g y_1 y_2 (y_1^2 - y_2^2 - (y_1 - w)^2 + (y_2 - w)^2) / (y_1 - y_2)} \quad (6)$$

با فرض برابر گرفتن عمق جریان در محل ایجاد پرش هیدرولیکی مستغرق (y_d) با عمق جریان در پایین دست دریچه (y_3) معادله $Q_S = (Q_E + Q_M) / 2$ برای محاسبه دبی در شرایط مستغرق بدست می‌آید، نهایتاً با استفاده از ۱۴۹۰ داده آزمایشگاهی بویالسکی (۱۹۸۳) ضریب اصلاحی (A_p) بدست آورده شد که با استفاده از این ضریب دبی اصلاح شده نهایی (Q_{sc}) به کمک معادله ۷ محاسبه شد:

$$Q_{SC} = A_S Q_S$$

$$A_S = -3.83355\left(\frac{W}{y_1}\right)^4 + 5.993\left(\frac{W}{y_1}\right)^3 - 2.899\left(\frac{W}{y_1}\right)^2 + 1.0724\left(\frac{W}{y_1}\right) - 1.2204 \quad (7)$$

استغراق بودند استفاده شد. در جدول ۱ دامنه پارامترهای اندازه‌گیری شده توسط بویالسکی ارائه شده است.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_d + \frac{q^2}{2gy_2^2} \quad (3)$$

$$F_2 = F_3 \Rightarrow \frac{q^2}{gy_2} + \frac{y_d^2}{2} = \frac{q^2}{gy_3} + \frac{y_3^2}{2} \quad (4)$$

در معادلات فوق q دبی در واحد عرض دریچه است. سایر پارامترها در شکل (۱-الف) معرفی شده‌اند. با حل هم زمان دو معادله غیر خطی فوق توسط یک برنامه رایانه ای نوشته شده در محیط ویژوال بیسیک دبی در واحد عرض دریچه (q) و عمق جریان در پشت دریچه (y_d) محاسبه می‌شود.

در روش دوم که توسط بیرامی و یوسفیان (۱۳۸۵) معرفی شده است با صرف نظر کردن از افت انرژی بین مقاطع ۱ و ۲ و استفاده از معادله انرژی، دبی جریان از معادله ۵ بدست می‌آید. همچنین با فرض توزیع فشار هیدرواستاتیک در روی دریچه و استفاده از معادله مومنتم بین دو مقطع

برای مقایسه دو روش مذکور در محاسبه دبی عبوری از دریچه‌های قطاعی در شرایط استغراق از ۱۴۹۰ داده اندازه‌گیری توسط بویالسکی (۱۹۸۳) که مربوط به شرایط

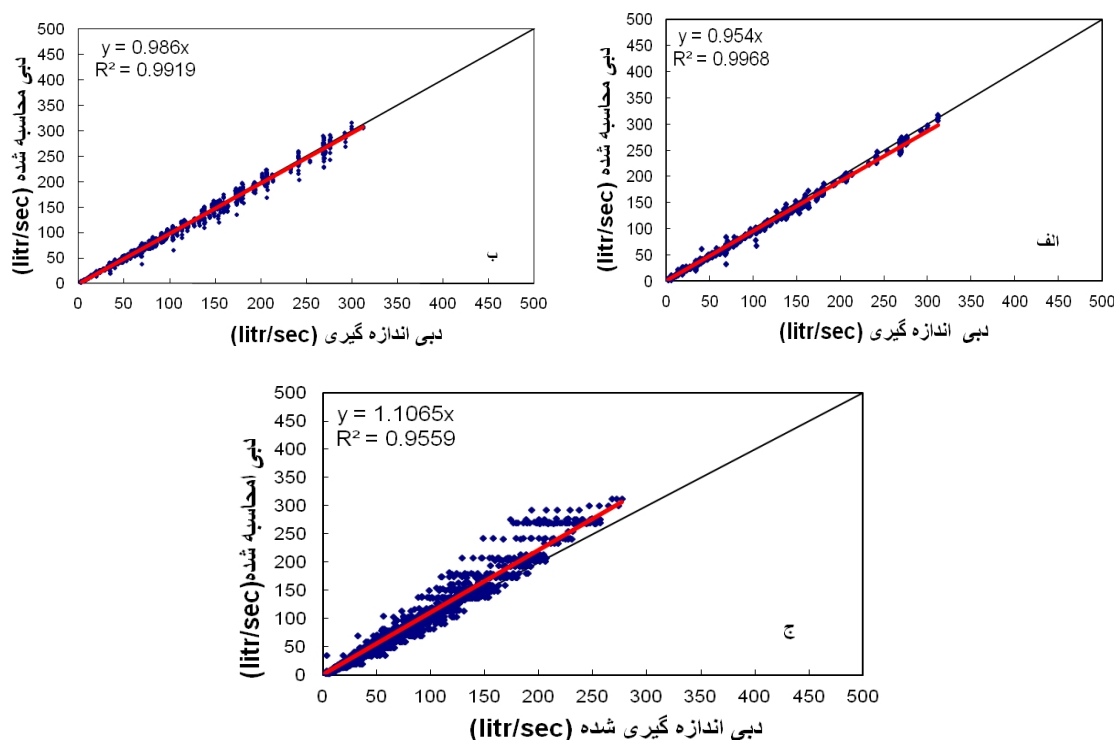
جدول ۱- دامنه تغییرات پارامترهای آزمایشهای بویالسکی

دبی جریان (lit/s)	بازشدگی قائم دریچه (mm)	عمق آب بالا دست دریچه (mm)	ارتفاع محور چرخش دریچه از کف فلوم (mm)	شعاع دریچه (mm)
۲/۷-۳/۱۲	۴۰-۵۰۹	۵۸-۷۳۶	۴۰۳-۵۱۲	۷۰۳

انرژی- اندازه حرکت، نسبت به روش شاهرخ‌نیا و جوان همخوانی بهتری بین مقادیر دبی اندازه‌گیری و محاسباتی وجود دارد. با این وجود به منظور مقایسه، مقادیر دبی محاسباتی با مقادیر اندازه‌گیری توسط روش های مذکور، از آماره‌های R^2 و متوسط خطای مطلق (AME)، انحراف استاندارد تخمین (SSE)، متوسط خطای نسبی (ARE)، حداکثر خطای نسبی (MRE) استفاده گردید. نتایج مقایسه های آماری در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج و بحث

در شکل ۲ مقادیر دبی اندازه‌گیری شده در مقابل مقادیر دبی محاسبه شده با استفاده از دو روش $E - M$ و همچنین روش شاهرخ‌نیا و جوان (۱۳۸۴) مقایسه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد روش ارائه شده در این تحقیق که در آن هر گونه ضریب تجربی اصلاحی استفاده نشده است در مقایسه با روش بیرامی و یوسفیان که در آن از روش تجربی اصلاحی استفاده شده است از نظر دقت برابری می‌نماید. هر دو روش تلفیق معادلات



شکل ۲- مقادیر دبی محاسبه در مقابل مقادیر دبی اندازه‌گیری شده توسط بویالسکی (الف) تحقیق حاضر ، (ب) روش بیرامی و یوسفیان (۱۳۸۵) (ج) شاهرخ‌نیا و جوان (۱۳۸۴)

همبستگی بیشتری دارند. مقادیر ارایه شده در جدول بالا نشان می‌دهد که روش شاهرخ‌نیا- جوان که روشی تئوری نیست و مبتنی بر رگرسیون‌گیری از داده‌های بویالسکی (۱۹۸۳) از دقت پایین‌تری در مقایسه با روش‌های تئوری برخوردار است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق دو روش تئوری یکی بر اساس حل دو معادله غیرخطی انرژی و اندازه حرکت و دیگری روش بیرامی و یوسفیان (۱۳۸۵) که بر اساس داده‌های تجربی کالیبره شده است با همدیگر و با روش مبتنی بر رگرسیون‌گیری از داده‌های تجربی مقایسه شدند. با استفاده از ۱۴۹۰ داده اندازه‌گیری بویالسکی (۱۹۸۳) نشان داده شد که هر دو روش تئوری دقت زیادی در تخمین دبی عبوری از دریچه قطاعی در شرایط مستغرق را دارند. هرچند که همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده روش ارایه شده در تحقیق حاضر بیشتر است. با توجه به اینکه در روش تلفیقی بیرامی و یوسفیان (۱۳۸۵) ضریب تصحیح دبی (معادله ۵) بر اساس داده‌های

جدول ۲- مقایسه آماری روشهای مختلف در برآورد دبی عبوری از دریچه های قطاعی با مقادیر اندازه‌گیری شده

نام روش	AME	SEE	ARE	MRE	R ²
بیرامی- یوسفیان (۱۳۸۵)	۴/۰	۶/۵۸	۴/۹	۴۹	۰/۹۹۲
تحقیق حاضر	۵/۱	۶/۳۹	۷/۸	۳۷	۰/۹۹۷
شاهرخ‌نیا- جوان (۱۳۸۴)	۱۰/۷۶	۱۸/۵۲	۱۴/۹	۱۲۰	۰/۹۵

مقادیر ارایه شده در جدول ۲ نشان می‌دهند که هر دو روش تلفیق معادلات انرژی- اندازه حرکت دقت قابل قبول در تخمین دبی عبوری از دریچه های قطاعی دارند به گونه‌ای که میانگین خطای مطلق به ترتیب ۴ و ۵/۱ لیتر برثانیه برای روش بیرامی-یوسفیان و روش این تحقیق است. انحراف استاندارد تخمین و مجذور ضریب همبستگی نشان می‌دهد که در روش ارایه شده در این تحقیق داده‌های اندازه‌گیری شده به مقادیر محاسبه شده

۲- شاهرخ نیا ع.م. و جوان م. ۱۳۸۴. برآورد ضریب دبی جریان در دریچه‌های قوسی. مجله هیدرولیک، ۱ (۱): ۱۱-۱

۳- شمسائی ا. ۱۳۸۴. سیستم‌های انتقال آب. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۵۷۷ ص

4- Buyalski C.P. 1983. Discharge algorithms for canal radial gates., REC-ERC-83 Engineering and Research Center, U.S. Bureau of Reclamation, Denver.

5- Clemmens A.J. Strelkoff T.S. and Replogle J.A. 2003. Calibration of submerged radial gates. Journal of Hydraulic Engineering. 129(9):680-687

6- Rajaratnam N. and Subramanya, K. 1967. Flow equation for the sluice gate. J. Hydraul. Div. ASCE. 93(4):57-77.

7- Tony L. W. 2004. Issues and problems with calibration of canal gates. World Water and Environmental Resources Congress, Salt Lake City, UT, 2004.

بویالسکی بدست آمده، پیشنهاد می‌شود برای داده‌های دیگری نیز واسنجی شود و سپس با روش این تحقیق که محدودیت کاربرد ندارد، مقایسه شود. با توجه به تأثیر زبری بستر بر توزیع سرعت در محل حداکثر انقباض جریان در پشت دریچه پیشنهاد می‌شود تأثیر زبری بستر بر دبی عبوری از دریچه، در نظر گرفته شود. همچنین فاصله مناسب محل اندازه‌گیری عمق پایاب از دریچه در محاسبه ضریب تخلیه و دبی عبوری از دریچه موثر است. توصیه می‌شود در این خصوص تحقیق شود.

منابع

- ۱- بیرامی م.ک. و یوسفیان م. ۱۳۸۵. تخمین دبی جریان در دریچه‌های قطاعی با استفاده از تلفیق روابط انرژی و اندازه حرکت. سومین کنگره ملی مهندسی عمران، تبریز

