توحید سمیع عادل*
گروه عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
Tohid.samiadel@sci.iaun.ac.ir
Tohid.Samiadel@gmail.com

محمد کریم بیرامی
گروه عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
Beirami@cc.iut.ac.ir

زود آنلاین ویرایش نشده

تخمین دبی جریان آزاد از زیر دریچه کشویی با استفاده از روابط ساده شده بر مبنای معادلات انرژی، مومنتم و پیوستگی

چکیده

دریچه های کشویی سازه های هیدرولیکی با کاربرد فراوان هستند که در کانالهای آبیاری و آزمایشگاهی به منظور قطع و وصل جریان، اندازه گیری و تنظیم دبی و یا تنظیم سطح آب مورد استفاده قرار می گیرند. علی‌رغم کاربرد وسیع این دریچه‌ها و تحقیقات فراوان بر روی آنها هنوز روش کاملاً مناسب و دقیقی برای تخمین دبی جریان عبوری، که مورد اتفاق نظر همه محققین باشد، ارائه نشده است. در این مقاله، با توجه به داده‌های آزمایشگاهی دیگران و همچنین اطلاعات آزمایشگاهی بدست آمده در این تحقیق و با استفاده از معادلات انرژی، مومنتم و پیوستگی همراه با فرضیات ساده کننده، سه روش بی بعد مختلف مبتنی بر پارامترهایی که به سادگی قابل اندازه گیری هستند، برای تخمین دبی جریان از زیر دریچه کشوئی ارائه شده است. روابط پیشنهادی با استفاده از داده های آزمایشگاهی سایر محققین صحت سنجی شده است و میزان خطای محاسباتی در محدوده قابل قبولی قرار دارد. در این بررسی استفاده از معادله انرژی با خطای متوسط مطلق ۲ درصد و حداکثر خطای مطلق ۷ درصد به عنوان روش برتر پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: دریچه کشویی، معادله انرژی، معادله مومنتم، معادله پیوستگی، دبی جریان.

ویرایش نشده

۱. مقدمه

دریچه ها سازه های متحرکی هستند که، در سیستمهای انتقال آب به منظور قطع و وصل جریان، تنظیم دبی و یا تنظیم سطح آب مورد استفاده قرار می گیرند. این سازه‌ها بر مبنای محل قرارگیری به دو دسته سطحی و تحتانی تقسیم می شوند. از بین انواع دریچه های سطحی، دریچه‌های کشویی کاربرد وسیعی در کارهای آزمایشگاهی و سازه های هیدرولیکی کوچک دارند. از مزایای این دریچه‌ها می‌توان ساخت راحت‌تر و ارزان‌تر نسبت به دریچه‌هایی با عملکرد مشابه و کاربری ساده‌تر آنها در سازه‌های کوچک هیدرولیکی را نام برد (بیرامی، ۱۳۷۶). به طور کلی جریان در پایین دست دریچه کشویی در حالتی که جریان فوق بحرانی از زیر آن خارج می‌شود، می‌تولند آزاد یا مستغرق باشد. شکل(۱) جریان از زیر دریچه کشویی را در حالت آزاد نشان می دهد.

در این شکل، w ارتفاع بازشدگی دریچه، y_0 عمق آب در بالادست دریچه،y_1 عمق آب در محل فشردگی ،y_2 عمق آب در پایین دست دریچه، H_0 هد سرعت در کانال بالادست، V_0سرعت متوسط جریان در مقطع 0 و g شتاب ثقل است.

بسیاری از محققین ضریب فشردگی جریان (C_c) را به صورت $C_c=y_1/w$ تعریف کرده اند.در گذشته تحقیقات زیادی برای بدست آوردن این ضریب انجام شده است. هلمولتز(۱۸۶۱)، کیرشوف(۱۸۶۹) و رایلی(۱۸۶۷) از اولین دانشمندانی بودند که در خصوص ضریب فشردگی جریان و شکل جریان آزاد تشکیل شده در پایین دست دریچه کشویی مطالعاتی را انجام دادند. فاور(۱۹۳۷) واسمتانا(۱۹۴۸) در طی تحقیقات خود توانستند با داشتن دبی جریان و عمق آب در بالادست دریچه (y_0) مقادیری برای ضریب فشردگی پیدا کنند (مونتس، ۱۹۹۸). تجربیات و تحقیقات بنیامین(۱۹۵۶) نشان داد که با تغییر مقدار بازشدگی دریچه و برای نسبت های ثابت w/E_0 ،که در آن E_0 مقدار انرژی در مقطع 0 در شکل (۱) است، مقدار ضریب فشردگی دریچه تغییر می یابد.

همچنین راه حل‌های تحلیلی برای به دست آوردن ضریب فشردگی توسط ون میسس(۱۹۱۷) و بتز و پترسون(۱۹۳۱) با صرف نظر از تأثیر نیروی ثقل و فنگ

مایر و اســـترلکوف(۱۹۶۸) و لاروک(۱۹۶۹) با فرض تأثیر نیروی ثقل بر جریان عبوری از زیر دریچه ارائه شـده اسـت. در شکل (۲) نتایج کار این محققین با یکدیگر مقایسه شده است (مونتس، ۱۹۹۸). با توجه به این شکل و بررسی‌های محققین دیگر، کاملاً مشخص است که در بین محققین در مورد تغییرات ضـریب فشـردگی نسـبت به w/y_0 اتفاق نظر وجود ندارد.

راجاراتنام و ســـوبرامانیا (۱۹۶۷) رابطه عمومی زیر را بر اساس معادله انرژی برای محاسبه دبی عبوری از زیر دریچه کشویی در حالت جریان آزاد ارائه نمودند:

$$Q = C_d w b \sqrt{2 g y_0} \quad (۱)$$

$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1+(\frac{w}{y_0})C_c}} \quad (۲)$$

در این رابطه Q دبی جریان، b عرض دریچه که برابر عرض کانال است و C_d ضریب دبی جریان می باشد. راجاراتنام و همکاران به این نتیجه رسیدند که ضریب دبی جریان تابعی از نسبت w/y_0 می‌باشد.

راجاراتنام(۱۹۷۷) به این نتیجه رســید که مقادیر ضـریب فشـردگی به دست آمده از روابط تئوریک ،تقریباً ۱۰ درصد کمتر از مقادیر عملی است.

سـوآمی (۱۹۹۲) با اسـتفاده از تحلیل رگرسـیونی بر اسـاس منحنی های ارائه شـــده توســـط هنری (۱۹۵۰)، رابطه ای برای محاسبه ضریب دبی دریچه های کشویی بدست آورد.

راث و هگر (۱۹۹۹) با بدست آوردن رابطه ای بی بعد جهت محاسبه ضریب دبی، اثر مقیاس را بر روی آن بررسی کردند.

لین و همکاران (۲۰۰۲) رابطه ای برای تشـــخیص مرز بین جریان آزاد و مستغرق مبتنی بر ضریب فشردگی ارائه کردند و نتیجه گرفتند که این ضـریب به نوع دریچه نیز بسـتگی دارد.

بلاد و همکاران (۲۰۰۹) با اسـتفاده از اصـل مومنتم ضـریب فشـردگی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این ضریب در مقادیر بزرگ بازشدگی دریچه بین جریان آزاد و مستغرق متفاوت خواهد بود.

کاســـان و بلاد (۲۰۱۲) با بررســـی آزمایشـــگاهی و عددی خصـــوصـــیات جریان در بالادســـت و پایین دســـت دریچه کشـویی نتیجه گرفتند که در شـرایط اسـتغراق زیاد ضـریب فشردگی با بازشدگی دریچه افزایش می یابد.

بیژن خـان و همکـاران (۲۰۱۲) بـا اســـتفـاده از داده هـای آزمایشـگاهی محققین پیشـین معادله جریان آزاد ارائه شـده توسط فرو (۲۰۰۰) را مورد بررسی و تایید قرار دادند.

خلیلی شایان و فرهودی (۲۰۱۳) نشان دادند که در شرایط جریان مســتغرق، ضـریب فشـردگی دریچه بسـته به میزان استغراق می تواند کمتر یا بیشتر از شرایط جریان آزاد باشد.

ســـیلوا و ریجو (۲۰۱۷) روش های مختلف محاســـبه دبی جریان آزاد و مستغرق عبوری از زیر دریچه کشویی را مورد بررســـی قرار داده و نتیجه گرفتند که اســـتفاده از روش انرژی- مومنتم بهترین نتایج را بدست می دهد.

فرو (۲۰۱۸) با اســـتفاده از معادله مومنتم رابطه ای برای محاسبه دبی جریان آزاد از زیر دریچه کشویی بدست آورد و ضریب مومنتم را به صورت تجربی تخمین زد.

کوبراک و همکاران (۲۰۲۰) نموگرام و روابطی برای محاسبه دقیق‌تر دبی عبوری از دریچه کشـــویی در حالت جریان مستغرق و بررسی امکان کاربرد این دریچه‌ها در سیستم‌های آبیاری ارائه نمودند.

ویریانتو (۲۰۲۰) با استفاده از یک مدل جریان پتانسیل و با صـرف نظر از اثر نیروی جاذبه ضـریب فشـردگی دریچه را محاسبه نمود.

خلیلی شـــایان و همکاران (۲۰۲۱) با اســـتفاده از داده‌های آزمایشگاهی و بر مبنای اصول انرژی و اندازه حرکت روابطی برای محاسبه میزان بازشدگی دریچه به با دبی و تراز سطح آب مشخص به دست آوردند.

در تحقیق حاضـر رابطه‌هایی سـاده و با دقت مناسـب جهت تخمین دبی جریان آزاد از زیر دریچه کشـــویی در کانال با عرض ثابت ارائه شـده اسـت که بر خلاف تحقیقات گذشـته نیازی به اندازه گیری عمق مقطع فشـــردگی و محاســـبه ضریب فشردگی ندارد.در ضمن، با توجه به اینکه در کارهای راجاراتنـام و ســـوبرامـانیـا (۱۹۶۷) و راجـاراتنـام (۱۹۷۷) داده‌های آزمایشگاهی موجود است، این داده‌ها برای مقایسه تحقیق حاضر با کار دیگران مورد استفاده قرار گرفته است.

۲. مواد و روش ها

همان طور که قبلاً اشـاره شـد، بررسـی های انجام شـده بر روی تحقیقات پیشـــین نشـــان داد که در بین محققین در مورد مقادیر ضـــریب فشـــردگی اتفاق نظر وجود ندارد و در نتیجه وجود این ضـــریب در روابط ســـبب ایجاد خطا در تخمین دبی عبوری می شـود. لازم به ذکر اسـت که وجود

ورودی نشده

این ضـــریب برای اســـتفاده در رابطه دبی جریـان مستلزم اندازه‌گیری عمق آب در محل مقطع فشردگی است که به دلیل جریان فوق بحرانی و امواج خاص ایجاد شده در پایین‌دست دریچه، تعیین موقعیت و محل مقطع فشـردگی با دشواری انجام می‌گیرد و دقت در اندازه گیری عمق آب را نیز کاهش می دهد.

در تحقیق حاضـر با اسـتفاده از رابطه های انرژی، مومنتم و پیوسـتگی سـه روش متفاوت جهت تخمین دبی جریان آزاد در دریچه کشـویی واقع در کانال با عرض ثابت ارائه شـده است. این روش‌ها مبتنی بر پارامترهای b، w و y_0 می‌باشد که همگی به سادگی و با دقت بالا قابل اندازه‌گیری می‌باشند. جهت محاسبه ضریب تصحیح دبی از برازش چند متغیره خطی ۱۹ داده آزمایشـگاهی انجام شـده در این تحقیق که در کانالی با عرض ۳۰ سـانتیمتر در آزمایشـگاه هیدرولیک دانشـگاه صـنعتی اصـفهان مورد آزمایش قرار گرفته ، اسـتفاده شـده اسـت. اعتبار روش های ارائه شـده با بررسـی چند پارامتر آماری نظیر میانگین خطای مطلق و بیشـینه خطای مطلق تأیید شـده اسـت.در اینجا از۱۷ داده آزمایشـگاهی راجاراتنام و سـوبرامانیا (۱۹۶۷)، در کانالی با عرض ۴۵/۷۲ سـانتیمتر و ۱۹ داده راجاراتنام(۱۹۷۷) در کانالی با عرض ۳۱/۱۲ برای تأیید نتایج و مقایسـه اسـتفاده شده است.

۲-۱. رابطه انرژی

بدون در نظر گرفتن افت انرژی بین مقاطع 0 و 1 در شـکل (۱) و با توجه به ضریب فشردگی برابر واحد ،معادله انرژی به صورت زیر نوشته می شود:

(۳)

$$y_0 + \frac{Q^2}{2gb^2y_0^2} = w + \frac{Q^2}{2gb^2w^2}$$

برای بی بعدکردن معادله (۳) ،طرفین رابطه بر y_0 تقسـیم می شود:

(۴)

$$1 + \frac{Q^2}{2gb^2y_0^3} = m + \frac{Q^2}{2gb^2y_0^3m^2}$$

(۵)

$$\frac{Q^2}{2gb^2y_0^3}\left(\frac{1}{m^2} - 1\right) = 1 - m$$

(۶)

$$Q_E = \frac{\sqrt{2gy_0}\,bw}{\sqrt{1+m}}$$

در این رابطه ها ،$m=w/y_0$ و Q_E دبی تقریبی محاسـبه شده از معادله انرژی با استفاده از فرضیات ساده کننده می باشد.

۲-۲. رابطه مومنتم

در اینجا نیز با در نظر گرفتن حجم کنترل بین مقاطع 0 و1 در شکل (۱) و با توجه به اینکه توزیع فشار در مقاطع مورد نظر هیدرواسـتاتیکی فرض می شـود و همچنین به ازاء C_C=1و با صـرف نظر کردن از نیروی اصـطکاک در فاصـله کوتاه مقاطع 0 تا 1 ،معادله مومنتم به صورت زیر بیان می شود:

(۷)

$$\frac{1}{2}\gamma y_0^2 b - \frac{1}{2}\gamma w^2 b - F_R = \frac{\gamma}{g}Q^2\left(\frac{1}{bw} - \frac{1}{by_0}\right)$$

با فرض اینکه فشـار در لبه پائینی دریچه برابر با $\gamma\,(y_0\text{-}w)$ است، نیروی فشار وارد بر دریچه به صورت زیر می‌باشد:

(۸)

$$F_R = \frac{1}{2}\gamma(y_0 - w)^2 b$$

F_R در رابطه (۸) به عنوان نیروی عکس‌العمل وارد معادله شده است.

(۹)

$$\frac{1}{2}\gamma y_0^2 b - \frac{1}{2}\gamma w^2 b - \frac{1}{2}\gamma(y_0 - w)^2 b = \frac{\gamma}{g}Q^2\left(\frac{1}{bw} - \frac{1}{by_0}\right)$$

(۱۰)

$$y_0^2 - w^2 - (y_0 - w)^2 = \frac{2Q^2}{gb}\left(\frac{1}{bw} - \frac{1}{by_0}\right)$$

(۱۱)

$$1 - m^2 - (1-m)^2 = \frac{2Q^2}{gb^2y_0^2}\left(\frac{y_0 - w}{wy_0}\right)$$

(۱۲)

نرم افزار ویرایش شده

(۱۳)

$$Q_M = \sqrt{g y_0}\, b w$$

در این رابطه ها ، γ وزن واحد حجم آب و Q_M دبی تقریبی محاسبه شده از معادله مومنتم با استفاده از فرضیات ساده کننده است.

۳-۲. رابطه پیوستگی

با توجه به شکل (۱) ،اگر هر لایه جریان به ضخامت dh شبیه یک روزنه فرض شود ، سرعت جریان در هر لایه بدون در نظر گرفتن افت انرژی برابر $\sqrt{2gh}$ است و با فرض اینکه عمق آب در مقطع فشردگی (مقطع 1 در شکل (۱)) برابر w می‌باشد، رابطه پیوستگی جریان را می‌توان به شکل زیر نوشت:

(۱۴)

$$Q_C = \int_{y_0+H_0-w}^{y_0+H_0} b\sqrt{2gh}\, dh$$

پس از انتگرال‌گیری رابطه (۱۴) به صورت زیر در می‌آید:

(۱۵)

$$Q_C = \frac{2}{3} b\sqrt{2g}\left[(y_0+H_0)^{1.5} - (y_0+H_0-w)^{1.5}\right]$$

برای ساده کردن مسأله ،با صرف نظر کردن از نسبت بسیار کم H_0/y_0 در رابطه بالا، دبی جریان را می‌توان به صورت زیر بدست آورد:

(۱۶)

$$Q_C = \frac{2}{3} b\sqrt{2g}\, y_0^{1.5}\left[1-\left(1-\frac{w}{y_0}\right)^{1.5}\right]$$

رابطه (۱۶) را می توان به صورت دیگر نیز نوشت:

(۱۷)

$$Q_C = \frac{2}{3}\sqrt{2g y_0}\, b y_0\left[1-(1-m)^{1.5}\right]$$

در روش بالا، به دلیل اینکه C_C=1 در نظر گرفته شده، ضریب فشردگی وارد معادلات نشده است و Q_C دبی تقریبی محاسبه شده از معادله پیوستگی با استفاده از فرضیات ساده کننده می باشد.

$$1-m^2-(1-m)^2 = \frac{2Q^2}{g y_0^2 m b^3 y_0^2}\left[(b y_0)(1-m)\right]$$

۴-۲. تصحیح رابطه های انرژی، مومنتم و پیوستگی

با توجه به فرضیاتی که برای به دست آوردن رابطه های (۶)، (۱۳) و(۱۷) در نظر گرفته شده است، این رابطه‌ها نمی توانند دقت لازم را برای تخمین دبی جریان دارا باشند.. بنابراین در اینجا به منظور تصحیح این رابطه ها از داده های آزمایشگاهی تحقیق حاضر استفاده شده است و ضریب تصحیح دبی جریان به صورت زیر ارائه می شود:

(۱۸)

$$C_E = 0.66 m^{0.026} n^{-0.029}$$

(۱۹)

$$C_M = -0.56979m + 0.035385n + 0.935741$$

(۲۰)

$$C_{CON} = -0.24652m + 0.026776n + 0.661695$$

در این رابطه ها ،C_E ،C_M وC_{con} به ترتیب ضرایب تصحیح در رابطه انرژی ،مومنتم و پیوستگی، $m=w/y_0$ و $n=b/y_0$ می باشند با توجه به رابطه های بالا دبی های تصحیح شده جریان به صورت زیر می باشند:

(۲۱)

$$Q_{E(EST)} = C_E \cdot Q_E$$

(۲۲)

$$Q_{M(EST)} = C_M \cdot Q_M$$

(۲۳)

$$Q_{C(EST)} = C_{con} \cdot Q_C$$

۳. جمع بندی

برای مقایسه و بررسی رابطه های ارائه شده بیشینه خطای مطلق (ME) و میانگین خطای مطلق(AVE) تعیین گردید که این پارامترهای آماری به صورت زیر به دست می آیند:

(۲۴)

$$ME = \max\left[\frac{|M_i - S_i|}{M_i}\times 100\right]_{i=1}^{n}$$

ویرایش نشده

(۲۵)

$$AVE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{M_i - S_i}{M_i}\right| \times 100$$

در رابطه های (۲۴) و (۲۵) ،M_i و S_i به ترتیب مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده متغیر مورد نظر می باشند.

شکل های(۳) ،(۴) و(۵) مقایسه مقادیر تخمینی دبی جریان با استفاده از رابطه‌های (۲۱) ،(۲۲) و(۲۳) را با مقادیر دبی آزمایشگاهی حاصل از۱۷ داده آزمایشگاهی راجاراتنام و سوبرامانیا (۱۹۶۷)، ۱۹ داده راجاراتنام(۱۹۷۷) و ۲۹ داده تحقیق حاضر نشان می دهند..در این شکل ها نقاط حاصل از مقایسه دبی تخمینی و دبی آزمایشگاهی در کنار خط y=x وخطوطی که نشان دهنده ۱۰ درصد خطا در محاسبه دبی می باشند ،مشخص گردیده است.همان طور که ملاحظه می شوداین نقاط در محدوده قابل قبولی از خطای محاسباتی قرار دارند.

همچنین در جدول (۱) مقادیر میانگین خطای مطلق و بیشینه خطای مطلق رابطه های ارائه شده در تحقیق حاضر (رابطه های ۱۳،۶و۱۷) و رابطه پیشنهادی راجاراتنام و سوبرامانیا(۱۹۶۷)(رابطه (۱)) به عنوان معتبرترین رابطه محاسبه دبی دریچه های کشویی ارائه شده است.

مشاهده می‌شود که با وجود فرضیات ساده‌کننده‌ای که در محاسبه روابط (۲۱) ،(۲۲) و(۲۳) به‌کار رفته است از جمله صرف نظر از افت انرژی، توزیع فشار هیدرواستاتیک، در نظر نگرفتن نیروهای وارد بر حجم کنترل و فرض C_c=1 که منجر به روابطی ساده‌تر از گذشته شده که به سادگی در ذهن می‌مانند و مبتنی بر پارامترهایی می‌باشند که به راحتی و با وسایل ساده قابل اندازه‌گیری می‌باشند، دقت روابط کاهش پیدا نکرده و در مواردی نیز بهبود پیدا کرده است. همچنین سعی شده است به منظور راحتی استفاده، روابط به صورت بی بعد ارائه گردد.

۴. نتیجه گیری

در تحقیقات گذشته جهت تخمین دبی جریان از زیر دریچه کشویی در حالت جریان آزاد یکی از پارامترهای دخیل ضریب فشردگی می‌باشد که همان‌طور که قبلاً اشاره شد در بین محققین برسر مقادیر دقیق آن اتفاق نظر وجود ندارد ،همچنین دقت اندازه‌گیری در مقطع فشردگی و تشخیص محل آن در حالت جریان فوق بحرانی بسیار دشوار است .در تحقیق حاضر با تلفیق اصول تئوریک جریان و نتایج آزمایشگاهی و استفاده از فرضیات ساده کننده روابطی ارائه شده است که در عین سادگی در محاسبه از دقت مناسب برخوردار است و مبتنی بر پارامترهایی است که به راحتی و با دقت قابل اندازه گیری می باشند . همچنین روابط مذکور با استفاده از داده های آزمایشگاهی سایر محققین صحت سنجی شده اند که نتایج قابل قبولی بدست آمده است. با توجه به نتایج ارائه شده روش انرژی با میانگین خطای مطلق ۲/۰۱ درصد و بیشینه خطای مطلق ۷/۳۵ درصد به عنوان روش برتر محاسباتی پیشنهاد می شود. از لحاظ سادگی کاربرد در عین خطای قابل قبول نیز میتوان روش مومنتم را پیشنهاد نمود.

۵. مراجع

[۱] بیرامی ، م ، ک (۱۳۷۶)، "*سازه های انتقال آب*" ،انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر،۴۶۲ ص

[2] Belaud G., Cassan L., Baume J.P. 2009. Calculation of contraction coefficient under sluice gates and application to discharge measurement. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. 135 (12): 1086–1091.

[3] Benjamin T.B. 1956. On the flow in channels when rigid obstacles are placed in the stream. Journal of Fluid Mechanics. 1: 227-248.

[4] Bijankhan M., Ferro V., Kouchakzadeh S. (2012). "New stage-discharge relationships for free and submerged sluice gates. Flow Measurement and Instrumentation. 28: 50–56.

[5] Cassan L., Belaud G. 2012. Experimental and numerical investigation of flow under sluice gates. Journal of Hydraulic Engineering. 138 (4): 367–373.

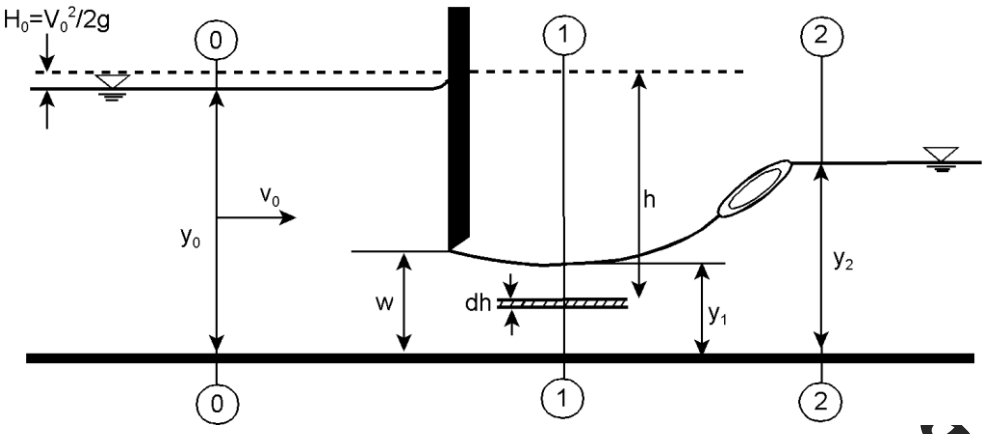
[6] Ferro V. 2000. Simultaneous flow over and under a gate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 126 (3): 190–193.

[7] Ferro V. 2018. Testing the stage-discharge relationship of a sharp crested sluice gate deduced by the momentum equation for a free-flow condition. Flow Measurement and Instrumentation. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2018.07.002

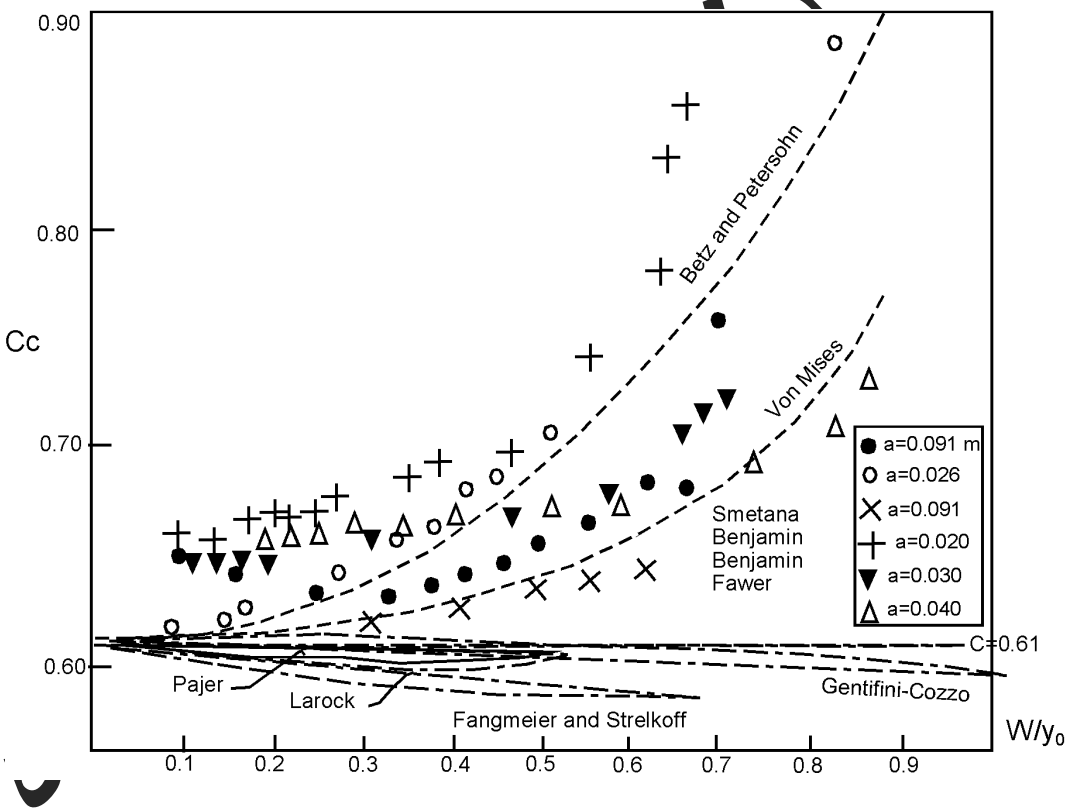
نسخه پیش از ویرایش نشده

[8] Kubrak E., Kubrak J., Kiczko A., Kubrak M. 2020. Flow Measurements Using a Sluice Gate; Analysis of Applicability. Water. 12(3): 819.
[9] Lin C.H., Yen J.F., Tsai C.T. 2002. Influence of sluice gate contraction coefficient on distinguishing condition. Journal of Irrigation And Drainage Engineerin 128 (4): 249-252.
[10] Montes S., 1998. Hydraulics of open channel flow. Library of Congress Catalog Card. 98-20532
[11] Rajaratnam N. 1977. Free flow immediately below sluice gates. Journal of the Hydraulic Division ASCE, April,HY4,pp.345-351.
[12] Rajaratnam N., Subramanya, K. 1967. Flow equation for the sluice gate. Jornal of the Hydraulics Division , Am. Soc. Civ. Eng. 93 (4) :57-77.
[13] Roth A. Hager W.H. 1999. Underflow of standard sluice gates. Journal of Experiments in Fluids. 27: 339-350.
[14] Shayan H.K., Farhoudi J. 2013. Effective parameters for calculating discharge coefficient of sluice gates. Flow Measurement and Instrumentation 33: 96 – 105.
[15] Shayan H.K., Farhoudi J. Vatankhah A.R., 2021. Solutions for Estimating Opening of Sluice and Radial Gates for Flow Regulation. J. Irrig. And Drain. Eng., ASCE. 147(3): 06021001.
[16] Silva C.O., Rijo M. 2017. Flow rate measurements under sluice gates. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 143 (6): 1-11.
[17] Swamee P.K., 1992. Sluice-gate discharge equations. J. Irrig. And Drain. Eng., ASCE. 118 (1): 56-60.
[18] Wiryanto L.H., 2020. Zero gravity of free-surface flow under a sluice gate. J. Phys.: Conf. Ser. 1503 (1): 012022.

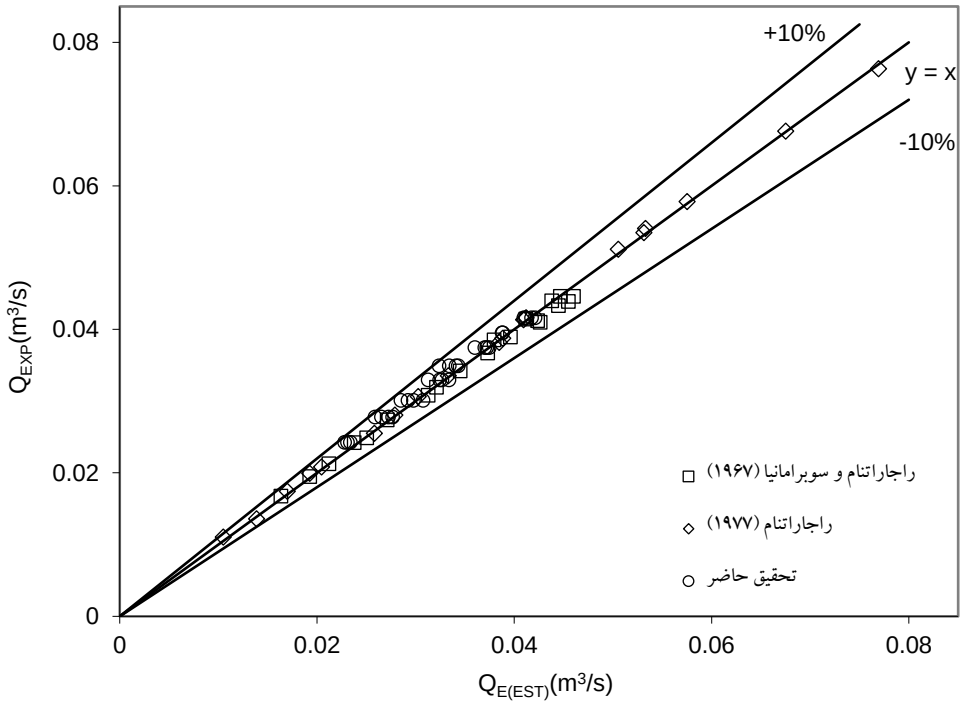
روی زیر ایش نشده



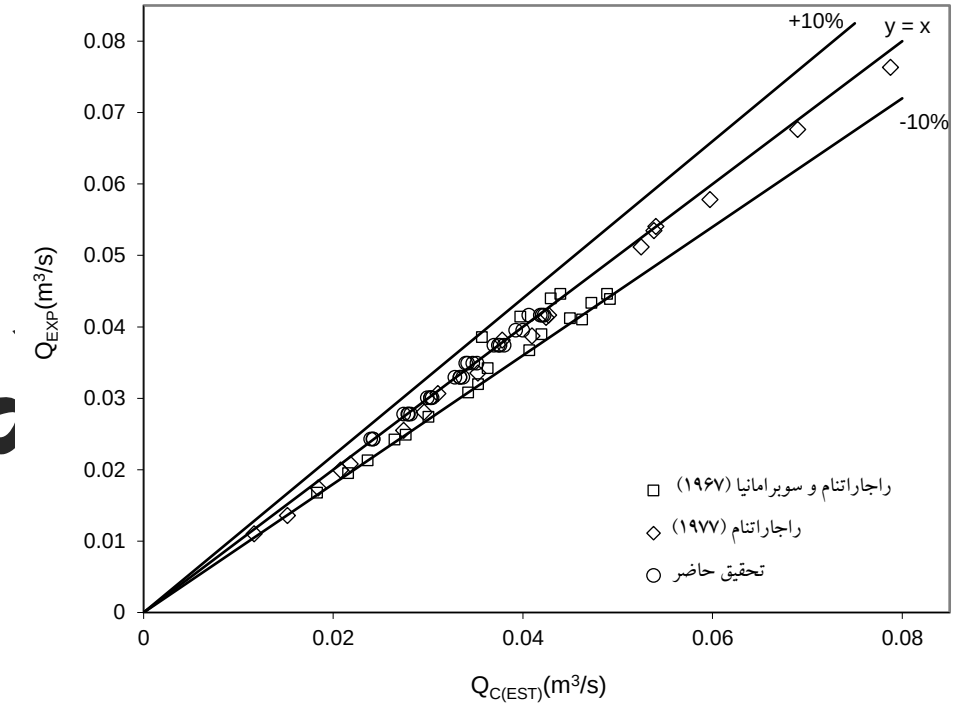
شکل ۱- جریان آزاد از زیر دریچه کشویی



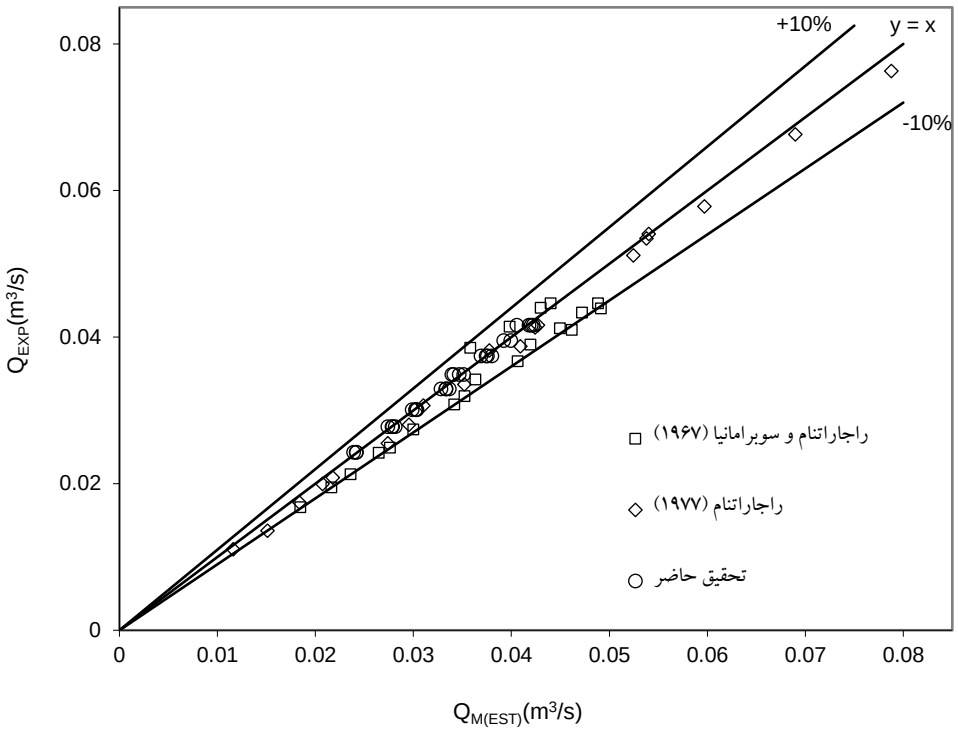
شکل ۲- مقایسه نتایج کار محققین گذشته در مورد ضریب فشردگی(مونتس، ۱۹۹۸)



شکل ۳- مقایسه دبی تخمینی حاصل از رابطه (۲۱) با دبی آزمایشگاهی



شکل ۴- مقایسه دبی تخمینی حاصل از رابطه (۲۲) با دبی آزمایشگاهی



شکل ۵- مقایسه دبی تخمینی حاصل از رابطه (۲۳) با دبی آزمایشگاهی

جدول ۱- مقایسه تحقیق حاضر با تحقیقات گذشته

رابطه	راجاراتنام و سوبرامانیا (۱۹۶۷)	تحقیق حاضر		
		نرژی	مومنتم	پیوستگی
میانگین خطای مطلق (٪)	۲/۸۷	۲/۰۱	۳/۷۸	۳/۷۷
بیشینه خطای مطلق (٪)	۸/۷۶	۷/۳۵	۱۲/۷۳	۱۲/۸

ویرایش نشده

Estimation of free flow discharge under the sluice gate using simplified relations baed on energy, momentum and continuity equations

Abstract

Sluice gates are useful hydraulic structures which are used in the irrigation and laboratory flumes to measure and control the discharge and regulate the water level. Despite the wide use of these gates and numerous studies on them, there is still no accurate method for estimating the discharge through the gate, which is unanimous between all of the researchers. In this paper, considering the experimental data of other investigators and also the data obtained in this study and using the energy, momentum and continuity equations with simplifying assumptions, three different Dimensionless methods Based on parameters which are easily measurable have been proposed to estimate the discharge under the sluice gate. The proposed relations have been confirmed using the experimental data from other researchers and the calculated errors are within the acceptable range. As a result, the energy equation with a mean error of 2% and maximum error of 7% is proposed.

Keywords: sluice gate, energy equation, momentum equation, continuity equation, discharge

در روند آیند ویرایش نشده