

## مقدمه

توزیع و اندازه‌گیری دقیق آب به منظور کاهش تلفات در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، همواره مورد توجه واقع بوده است. در این راستا، سرریز و دریچه، به علت داشتن روابط ساده و نسبتاً دقیق، نسبت به سازه‌های جایگزین کاربرد بیشتری دارند. وجود مواد معلق و شناور در آب، اغلب سبب تجمع در ورودی دریچه و بالادست سرریز می‌گردد، که این امر خود می‌تواند موجب کاهش دقت اندازه‌گیری دبی، ایجاد تغییر در شکل مجرای جریان، به خطر افتادن پایداری سازه (به دلیل کاهش حجم مفید کانال) و سرریز شدن آب از دو سوی کانال گردد. با ترکیب سرریز و دریچه به عنوان یک سازه‌ی متمرکز و ترکیبی مواد شناور از روی سرریز و مواد قابل رسوب از زیر دریچه عبور می‌کنند که منجر به کاهش مشکلات استفاده جداگانه هر یک از سازه‌ها می‌شود [۶ و ۱۰].

چانسون و مونتس [۲] با بررسی نحوه رفتار جریان در سرریزهای استوانه‌ای نتیجه گرفتند که تحدد دیواره سرریز باعث ایجاد فشار مکش در سطح سرریز شده و تیغ‌های ریزشی ایجاد می‌کند که باعث چسبندگی سطح آب به بدنه سرریز می‌شود. مکش در دیواره و چسبندگی تیغه‌ی ایجاد شده باعث می‌شود تا خطوط جریان با انحنای بیشتر و جریان با سرعت بالاتری شکل گرفته و در نتیجه ضریب دبی نسبت به سرریزهای لبه تیز و لبه پهن مستطیلی افزایش یابد. راماموتی و وو [۷] به بررسی آزمایشگاهی پارامترهای اثرگذار بر ضریب دبی سرریزهای تاج دایره‌ای پرداختند و نتایج حاصل از بررسی‌های آنان نشان داد که شیب بالادست بر ضریب دبی عبوری از سازه موثر نبوده در حالی که افزایش شیب پایین دست سبب افزایش ضریب دبی عبوری می‌گردد. هایاوی و همکاران [۴] به بررسی سازه ترکیبی سرریز مثلثی و دریچه مستطیلی پرداختند و نتیجه حاصل از مطالعات آنان نشان داد که با افزایش ضریب دبی کاهش می‌یابد. سامانی و مظاهری [۹] جریان ترکیبی بر روی سرریز- دریچه مستطیلی لبه تیز و بدون فشردگی جانبی را در دو حالت استغراق (سرریز آزاد و دریچه‌ی مستغرق و سرریز و دریچه‌ی مستغرق) شبیه‌سازی نمودند؛ نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد در هر دو حالت استغراق عمق پایاب بر عمق بالادست جریان تأثیر می‌گذارد. رضویان و حیدرپور [۸] به بررسی پارامترهای موثر بر ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز- دریچه لبه تیز در حالتی که سرریز دوزنقه‌ای با فشردگی جانبی و دریچه بدون فشردگی بود پرداخته و به این نتیجه رسیدند

## بررسی چگونگی تأثیرپذیری ضریب دبی از برخی پارامترهای بی‌بعد در مدل سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای

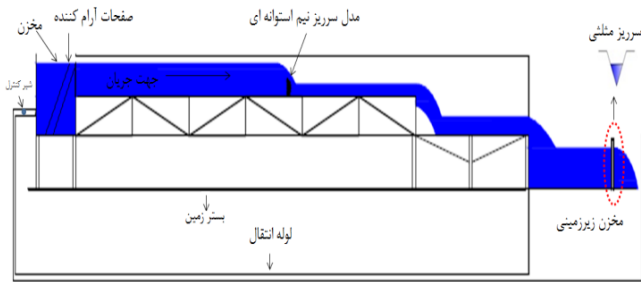
فروغ علی‌زاده صنمی<sup>۱</sup>، محسن مسعودیان<sup>۲</sup> و مجتبی صانعی<sup>۳</sup>  
 تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۳

## چکیده

یکی از سازه‌های که در کانالها می‌تواند جایگزین سرریز و دریچه شود، سازه ترکیبی سرریز- دریچه می‌باشد. سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای به دلیل انحنای سطح سرریز و در نتیجه آن چسبیدن تیغه جریان به بدنه سازه دارای ضریب دبی بیشتری نسبت به سرریز- دریچه لبه تیز است. لذا در این مطالعه چگونگی تأثیرپذیری ضریب دبی از برخی پارامترهای بی‌بعد در مدل ترکیبی سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای بررسی شده است. آزمایش‌ها در کانالی افقی به طول ۸ متر و عرض ۰/۲۸۲ متر با استفاده از لوله‌های با قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر به عنوان سرریز- دریچه انجام شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد در تمام زوایای قرارگیری سازه ضریب دبی در هر دو حالت انحنا رو به بالادست و انحنا رو به پایین دست با افزایش پارامترهای  $H_f/H$ ،  $Fr \cdot H/DI$ ،  $H_w/H$  کمترین ضریب دبی به ترتیب در زوایای ۶۰ و ۳۰ درجه مشاهده شده‌اند. همچنین در یک مقدار ثابت و، ضریب دبی در حالت انحنا به سمت بالادست بیشتر از حالتی است که انحنا سازه به سمت پایین دست می‌باشد. نتایج نشان داده‌اند که علاوه بر زاویه قرارگیری انحنا نیم استوانه نسبت به افق، قطر سازه نیز بر ضریب دبی سازه ترکیبی نیم استوانه‌ای موثر می‌باشد.

**کلید واژه‌ها:** سازه نیم استوانه‌ای، سرریز- دریچه، ضریب دبی، پارامترهای بی‌بعد، انحنا سازه.

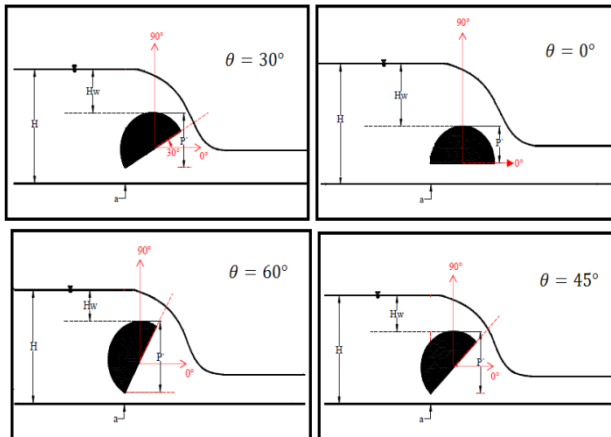
۱- نویسنده مسئول دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. پست الکترونیک: fough.alizadeh@yahoo.com.  
 ۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.  
 ۳- دانشیار گروه مهندسی رودخانه و سواحل پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.



شکل ۲- مقطع فلوم آزمایشگاهی  
Fig 2. section of the laboratory flume



شکل ۱- فلوم آزمایشگاه هیدرولیک  
Fig 1. hydraulic laboratory flume



شکل ۳- مقطع سرریز دریچه نیم استوانه‌ای در حالت انحنا به بالادست.

Fig 3. Section of the semi-cylindrical wire-gate in the upstream curve

سبب افزایش یا کاهش این اثر گردد. از آنجایی که جریان عبوری از سرریز، دریچه و سرریز- دریچه مورد مطالعه فراوان قرار گرفته اما سازه مورد آزمایش این پژوهش دارای بازشدگی متغیری می‌باشد. لذا در این مطالعه به بررسی آزمایشگاهی چگونگی تأثیرپذیری ضریب دبی از برخی پارامترهای بی‌بعد در مدل ترکیبی سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای با چرخش حول محور مرکزی پرداخته شده است.

### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها روی مدل نیم استوانه‌ای در دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست برای زوایای صفر تا ۶۰ درجه نسبت به محور افقی در کانالی با مقطع عرضی مستطیلی و افقی به طول ۸ متر، عرض ۰/۲۸۲ متر و ارتفاع ۰/۳ متر، دیواره‌هایی به ضخامت ۱۰ میلیمتر از جنس شیشه شفاف جهت جهت قابل رویت بودن جریان از هر دو سمت فلوم بر بستر صاف و صلب واقع در آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شد. آب در سیکل بسته، شامل اجزای نشان داده شده در شکل‌های (۱) و (۲) جاری گردید.

که با افزایش نسبت حد بالادست به بازشدگی دریچه ضریب دبی افزایش می‌یابد. قره‌گزلو و همکاران [۳] به بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز- دریچه استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در کانالها کوچک پرداختند؛ نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد در هر سه حالت با افزایش مقادیر بی‌بعد (نسبت عمق بالادست جریان به میزان بازشدگی دریچه) و (نسبت عمق بالادست جریان به قطر استوانه) ضریب دبی افزایش می‌یابد. همچنین در یک ثابت، ضریب دبی استوانه کامل تقریباً برابر با ضریب دبی نیم استوانه با انحنا در بالادست و حدود ۱۲ درصد بیشتر از ضریب دبی نیم استوانه با انحنا در پایین دست است و برای هر سه حالت در محدوده آزمایش‌ها ضریب دبی بین ۳۸-۹۶ درصد متغیر است. مسعودیان و همکاران [۵] به بررسی آزمایشگاهی جریان عبوری از سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای با انحنا در پایین دست با زوایای مختلف (۰ تا ۱۸۰ درجه) و بازشدگی ثابت پرداختند. نتایج آزمایشات آنان نشان داد که برای تمام زوایا با افزایش پارامتر بی‌بعد (نسبت عمق بالادست منهای تصویر قطر سازه به بازشدگی) ضریب دبی افزایش می‌یابد و در یک ثابت، برای زوایای ۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰ درجه بیشترین ضریب دبی مربوط به قطر ۸۵ میلیمتر و کمترین ضریب دبی مربوط به قطر ۴۰ میلیمتر بوده ولی برای زوایای ۱۲۰، ۱۳۵ و ۱۵۰ درجه بیشترین ضریب دبی مربوط به قطر ۴۰ میلیمتر و کمترین ضریب دبی مربوط به قطر ۷۰ و ۸۵ میلیمتر می‌باشد.

مدل ترکیبی سرریز- دریچه کاربرد بسیاری در مهندسی هیدرولیک داشته و در مقایسه با وسایل رایج امکان نزدیک نمودن شرایط واقعی را به فرضیات اصلی تئوری استخراج روابط نزدیکتر و تخمین دبی را با دقت بیشتری میسر می‌نماید. همچنین بکار بردن این مدل، عبور مواد شناور (چوب، یخ و ...) را از روی سازه و مواد قابل ته‌نشین شدن (رسوبات) را از زیر سازه سبب می‌گردد. انحنا سازه در سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای به دلیل ایجاد انحنا در خطوط جریان تأثیر بسزایی در کاهش افت و افزایش ضریب دبی نسبت به دیگر انواع سرریز- دریچه‌ها دارد و نحوه قرار گرفتن این انحنا می‌تواند

سرریز و: ضریب دبی سرریز است.

با ترکیب رابطه‌های (۱) و (۲)، ضریب دبی سازه ترکیبی از رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$C_d = \frac{Q_g}{ab\sqrt{2gH} + b\frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}gH_w^{1.5}}} \quad (3)$$

که در آن، دبی عبوری از سازه ترکیبی که به وسیله سرریز مثلی اندازه‌گیری شده و مخرج کسر دبی در حالت ایده‌آل می‌باشد که با اندازه‌گیری پارامترهای آن تعیین می‌گردد و: ضریب دبی سازه ترکیبی است.

### برآورد افت جریان دریچه

$$انرژی کل = H + \frac{v^2}{2g} + Z \quad (4)$$

با استفاده از رابطه (۴) معادله انرژی بین دو مقطع به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$H_1 + \frac{v_1^2}{2g} = H_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta Z + h_f \quad (5)$$

در رابطه فوق: عمق آب در مقطع ۱ (متر)،: سرعت آب در مقطع ۱ (متر بر ثانیه)،: عمق آب در مقطع ۲ (متر)،: سرعت آب در مقطع ۲ (متر بر ثانیه)،: اختلاف ارتفاع بین مقطع ۱ و ۲ و در نهایت: افت انرژی بین مقطع ۱ و ۲ است. در تحقیق حاضر با توجه به افقی بودن کانال آزمایشگاهی برابر صفر است.

### آنالیز ابعادی

عوامل موثر بر جریان عبوری از سرریز دریچه نیم استوانه‌ای عبارتند از:

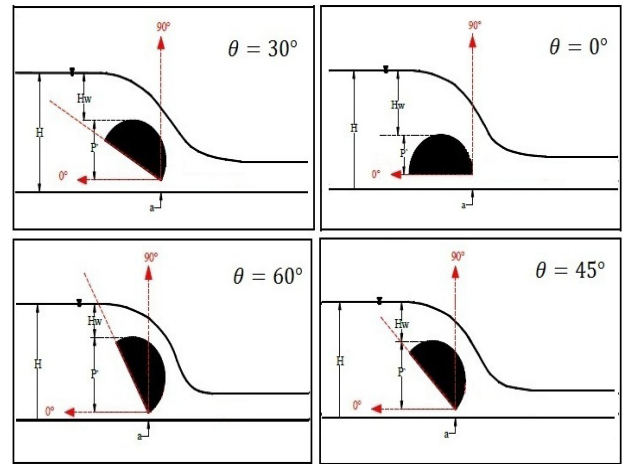
$$f_0(H, H_w, H_d, P, V, \delta, g, \sigma, \mu, \rho, S_0, B, a, \theta, D, C_d) = 0$$

که در آن:  $H$ : عمق آب در بالادست سازه،  $H_w$ : ارتفاع آب بالای سازه ترکیبی،  $P$ : طول تصویر سازه،  $V$ : سرعت جریان در بالادست، قطر سازه،  $\delta$ : اندازه فشردگی،  $g$ : شتاب ثقل،  $O$ : کشش سطحی،  $\mu$ : لزوجت دینامیکی،  $\rho$ : جرم مخصوص سیال،  $S_0$ : شیب فلوم،  $B$ : عرض فلوم،  $\alpha$ : میزان بازشدگی دریچه،  $\theta$ : زاویه قرارگیری سازه،  $H_d$ : عمق پایاب،  $C_d$ : ضریب دبی،  $\Delta H$ : افت انرژی.

با استفاده از آنالیز ابعادی گروه‌های بدون بعد، مطابق رابطه (۷) حاصل آمده‌اند.

$$C_d = f_1\left(\frac{gH}{v^2}, \frac{\mu}{\rho H V}, \frac{\sigma}{\rho H V^2}, \frac{\delta}{H}, \frac{B}{H}, \frac{a}{H}, \frac{H_w}{H}, \frac{\Delta H}{H}, \frac{H}{D}, S_0, \theta\right) \quad (7)$$

به دلیل عدم فشردگی در مدل و ثابت بودن مقادیر شیب و عرض کانال از مقادیر  $S_0$ ،  $B$  و  $\delta$  صرف نظر می‌شود. همچنین در مراحل آزمایش، جریان ورق‌های مشاهده نشد، لذا پارامتر  $Re$  از رابطه بالا حذف می‌شود. از انجایی که محدودیت حداقل آب روی سرریز سازه ترکیبی رعایت شد، لذا می‌توان اثر کشش سطحی را نادیده گرفت و از پارامتر بدون بعد  $We$  صرف نظر کرد. با توجه به ملاحظات فوق



شکل ۴- مقطع سرریز دریچه نیم استوانه‌ای در حالت انحنا به پایین دست.

Fig 3. Section of the semi-cylindrical wire-gate in the downstream curve

همچنین از لوله‌های پی وی سی با سه قطر ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلیمتر، برای ساخت مدل سازه نیم استوانه‌ای استفاده شد. آزمایش‌ها در محدوده دبی ۲-۲۷ لیتر بر ثانیه، محدوده نسبت ارتفاع سازه به عرض کانال محدوده  $0.25 < D/B < 0.57$  و ترکیبات مختلف دبی و عمق جریان آب بالادست در شرایط جریان آزاد و محدوده اعداد فرود  $0.012 < Fr < 0.55$  و عدد رینولدز  $Re < 500000$  انجام شد. به عبارت دیگر، جریان ورودی زیر بحرانی و آشفته بوده است. برای کاهش تلاطم جریان ورودی به کانال، از صفحات آرام‌کننده و توری مشبک استفاده شد و سازه در اواسط کانال نصب گردید. آزمایش‌های مربوط به هر قطر حداقل در ۶ دبی صورت گرفت و در هر دبی ارتفاع آب روی سرریز مثلی جهت اندازه‌گیری دبی ورودی، عمق آب در بالادست سازه (در فاصله ۵ برابر ارتفاع آب روی سرریز) و عمق پایاب توسط عمق‌سنج با دقت  $\pm 0.1$  میلیمتر برداشت شد. شکل‌های (۳) و (۴) شمای توصیفی مدل نیم استوانه‌ای را نمایش می‌دهد.

### برآورد ضریب دبی

رابطه (۱) شکل عمومی برآورد دبی عبوری از دریچه را نشان می‌دهد:

$$Q_g = C_{gd} ab\sqrt{2gH} \quad (1)$$

که در آن،  $Q_g$ : دبی عبوری از زیر دریچه،  $C_{dg}$ : ضریب دبی دریچه،  $a$ : میزان بازشدگی دریچه،  $b$ : عرض کانال،  $H$ : عمق جریان در بالادست دریچه و  $g$ : شتاب ثقل است.

بوس [۱] فرمول دبی در سرریزهای لوله‌ای را به صورت زیر پیشنهاد نمود:

$$Q_w = C_{dw} b \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g H_w^{1.5}} \quad (2)$$

که در آن، دبی عبوری از سرریز استوانه‌ای،: ارتفاع آب روی

می‌توان معادله را به صورت زیر بیان نمود.

$$C_d = f_2(Fr^2, \frac{a}{H}, \frac{H}{P}, \frac{H}{D}, \frac{H_w}{H}, \frac{\Delta H}{H}, \theta) \quad (8)$$

$$C_d = f_2(Fr, \frac{H}{D}, \frac{H_w}{H}, \frac{hf}{H}) \quad (9)$$

رابطه (۱۰) شکل عمومی برآورد عدد فرود جریان را نشان می‌دهد.

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gH}} \quad (10)$$

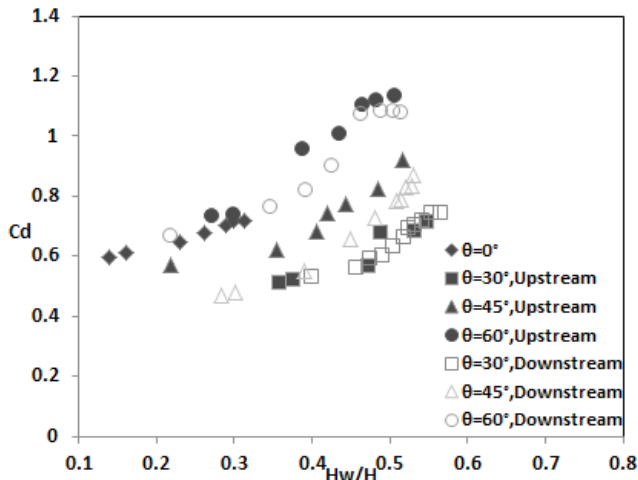
که در آن  $F_r$ : عدد فرود،  $V$ : سرعت جریان در بالادست،  $g$ : شتاب ثقل و  $H$ : عمق آب در بالادست سازه می‌باشد.

نیم استوانه‌ای سبب هدایت تدریجی خطوط جریان بسمت سرریز و دریچه و کاهش شیب خطوط در مقطع ورودی و در نتیجه کاهش مقاومت در برابر جریان و افت ورودی می‌گردد، و این موضوع سبب افزایش ضریب دبی سازه می‌گردد. شکل ۸ که ضریب دبی در مقابل پارامتر بی بعد  $\frac{H_w}{H}$  را برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر و زاویه ۳۰ درجه در هر دو حالت انحنا به سمت بالادست و به سمت پایین‌دست نشان می‌دهد، به صورت نمونه انتخاب گردیده است. نتایج نشان می‌دهد در یک  $\frac{H_w}{H}$  ثابت، در هر دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین‌دست با افزایش قطر ضریب دبی کاهش می‌یابد.

## نتایج و بحث

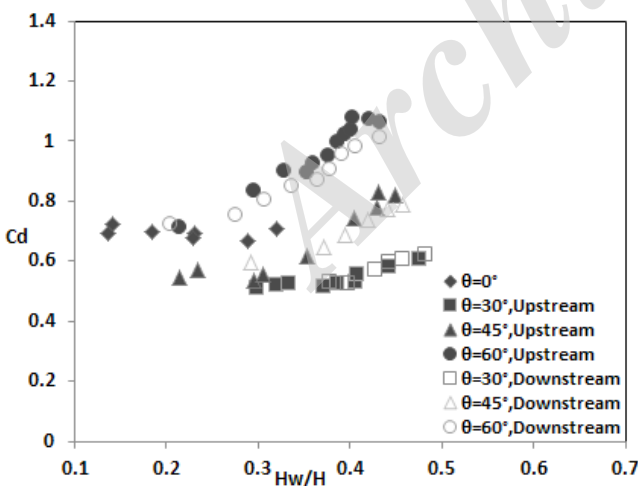
پس از پایش داده‌ها، ضریب دبی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید و در برابر پارامترهای بی بعد  $\frac{H_w}{H}$  (نسبت ارتفاع آب روی سرریز به عمق آب بالادست)،  $\frac{H}{D}$  (نسبت عمق آب بالادست به قطر سرریز)،  $F_r$  (عدد فرود جریان) و  $\frac{hf}{H}$  (نسبت افت به عمق آب بالادست) ترسیم و تغییرات آنها بررسی و بحث شد.

شکل‌های ۵ الی ۷ تغییرات ضریب دبی در برابر پارامتر بی بعد  $\frac{H_w}{H}$  را برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر در زوایای مختلف قرارگیری نسبت به افق نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین ضریب دبی مربوط به زوایای صفر و ۶۰ درجه و کمترین ضریب دبی مربوط به زاویه ۳۰ درجه در هر دو حالت انحنا می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود در یک مقدار ثابت  $\frac{H_w}{H}$  ضریب دبی در حالت انحنا به سمت بالادست بیشتر از حالت انحنا به سمت پایین‌دست می‌باشد. می‌توان اینگونه استنتاج کرد که اثر هدایت خطوط جریان در بالادست سرریز-دریچه بر ضریب دبی بیشتر است یعنی انحنای



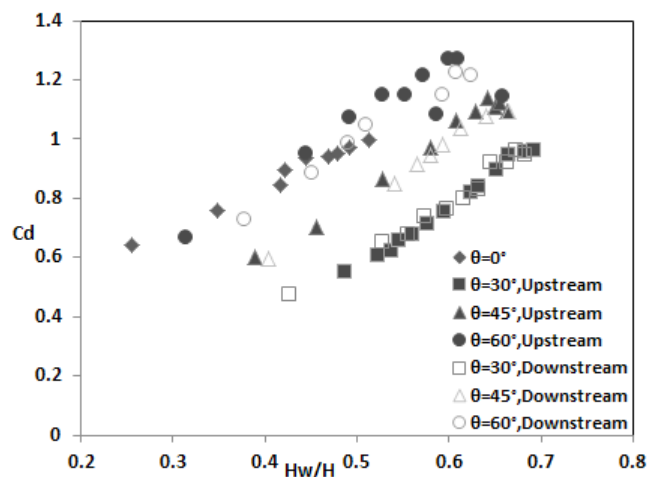
شکل ۶- پارامتر بی بعد  $\frac{H_w}{H}$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۱۲۰ میلی‌متر

Fig 6.  $\frac{H_w}{H}$  dimensionless parameter against  $C_d$  for different angles and diameter of 120 mm



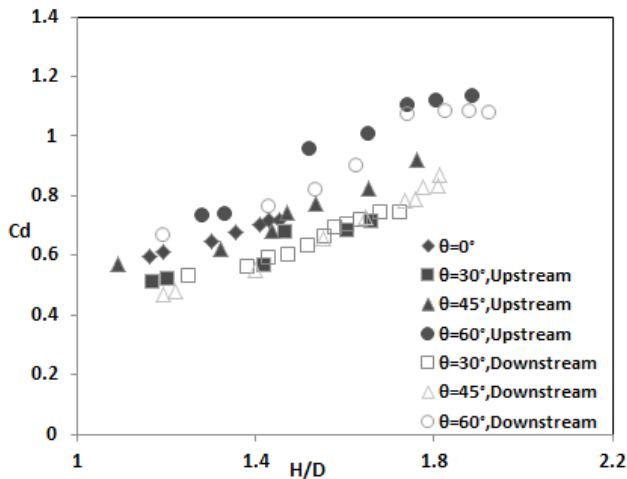
شکل ۷- پارامتر بی بعد  $\frac{H_w}{H}$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۱۶۰ میلی‌متر

Fig 7.  $\frac{H_w}{H}$  dimensionless parameter against  $C_d$  for different angles and diameter of 160 mm



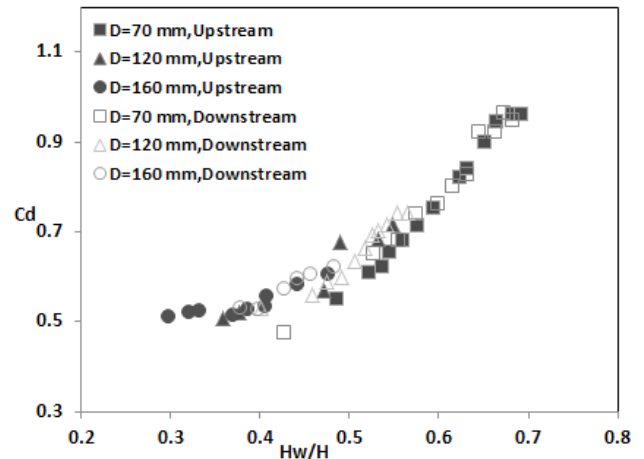
شکل ۵- پارامتر بی بعد  $\frac{H_w}{H}$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۷۰ میلی‌متر

Fig 5.  $\frac{H_w}{H}$  dimensionless parameter against  $C_d$  for different angles and diameter of 70 mm



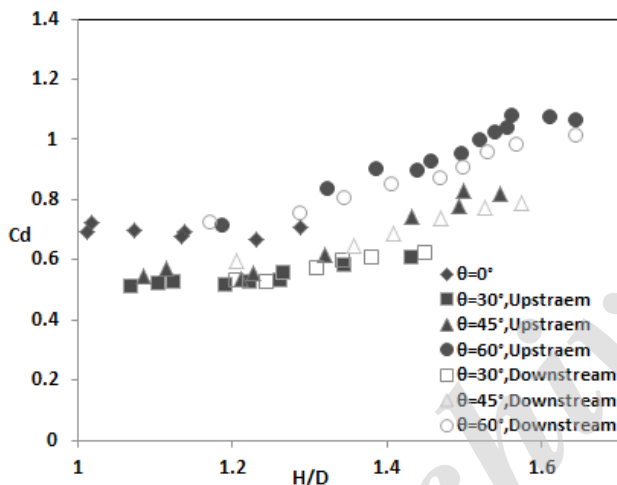
شکل ۱۰- پارامتر بی بعد  $\frac{H}{D}$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۱۲۰ میلیمتر

Fig 10.  $\frac{H}{D}$  dimensionless parameter against  $C_d$ , for different angles and diameter of 120 mm.



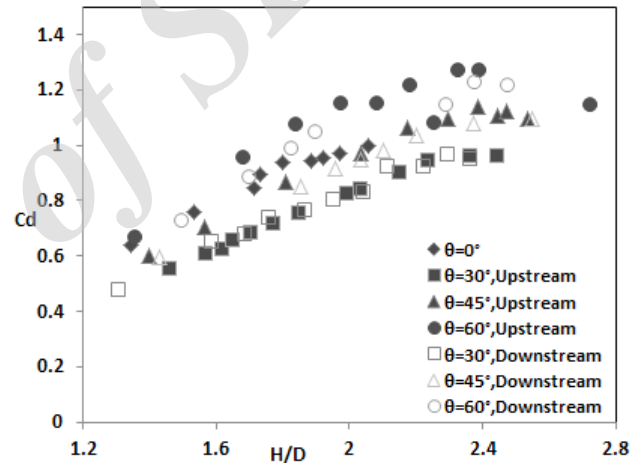
شکل ۸- پارامتر بی بعد  $\frac{H_w}{H}$  در مقابل  $C_d$ ، برای قطرهای مختلف و زاویه ۳۰ درجه

Fig 8.  $\frac{H_w}{H}$  dimensionless parameter against  $C_d$ , for different diameters and angle of 30 degree.



شکل ۱۱- پارامتر بی بعد  $\frac{H}{D}$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و شکل ۱۶۰ میلیمتر

Fig 11.  $\frac{H}{D}$  dimensionless parameter against  $C_d$ , for different angles and diameter of 160 mm.



شکل ۹- پارامتر بی بعد  $\frac{H}{D}$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۷۰ میلیمتر

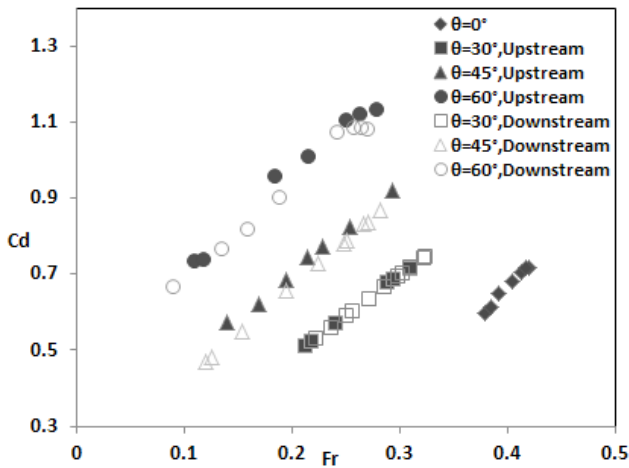
Fig 9.  $\frac{H}{D}$  dimensionless parameter against  $C_d$ , for different angles and diameter of 70 mm.

، ضریب دبی در حالت انحنا رو به بالادست بیشتر از حالت انحنا رو به پایین دست می باشد. نتایج شکل ۱۲ نشان می دهد در یک  $\frac{H}{D}$  ثابت، در هر دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست با افزایش قطر ضریب دبی کاهش می یابد.

شکل های ۱۳ الی ۱۵ تغییرات پارامتر بی بعد عدد  $F_p$  را در مقابل ضریب دبی برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلیمتر و زوایای مختلف قرارگیری نسبت به افق در هر دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست نشان می دهند. نتایج نشان می دهد در یک عدد فرود ثابت با افزایش زاویه ضریب دبی افزایش می یابد

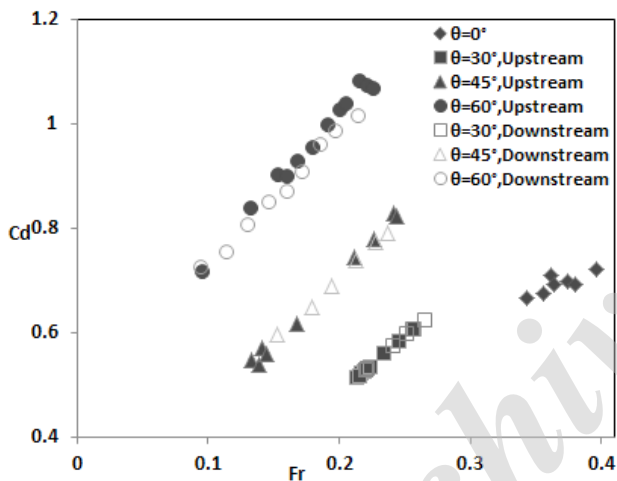
شکل ۹ الی ۱۱ تغییرات ضریب دبی در برابر پارامتر بی بعد  $\frac{H}{D}$  را برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلیمتر در زوایای مختلف قرارگیری نسبت به افق نشان می دهد. نتایج نشان می دهند با افزایش پارامتر بی بعد  $\frac{H}{D}$  ضریب دبی در تمامی زوایا و در هر دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست در محدوده  $C_d < 1/3$  افزایش می یابد. به طوری که بیشترین ضریب دبی در محدوده  $1/3 < C_d < 1/6$  مربوط به زاویه ۶۰ درجه و کمترین ضریب دبی در محدوده  $0/9 < C_d < 0/4$  مربوط به زاویه ۳۰ درجه در هر دو حالت انحنا می باشد. همچنین مشاهده می شود در یک مقدار ثابت  $\frac{H}{D}$





شکل ۱۴- عدد  $F_r$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۱۲۰ میلیمتر

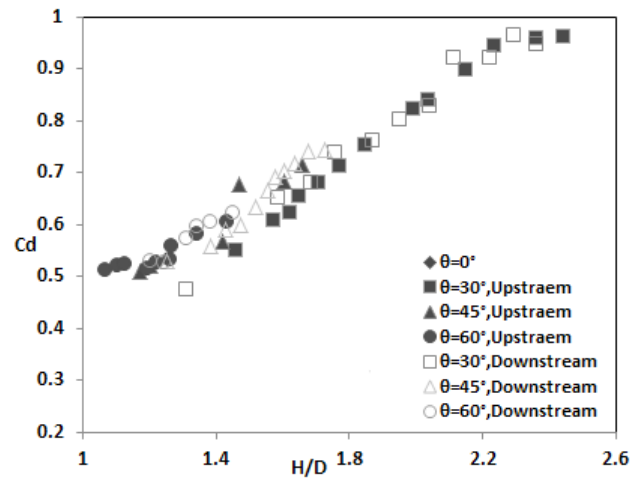
Fig 14. Froude number against  $C_d$ , for different angles and diameter of 120 mm.



شکل ۱۵- عدد  $F_r$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۱۶۰ میلیمتر

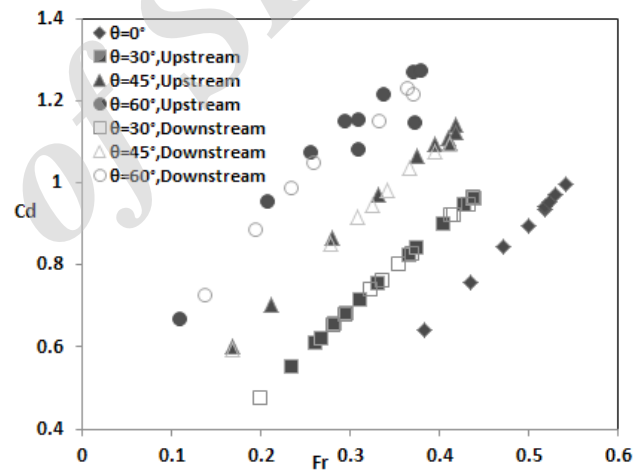
Fig :15 Froude number against  $C_d$ , for different angles and diameter of 160 mm.

شکل ۱۷ که به نمایندگی از سه قطر انتخاب شده‌اند، تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بی‌بعد  $\frac{H_f}{H}$  را برای قطرهای ۱۲۰ میلیمتر نشان می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش ضریب دبی، پارامتر بی‌بعد  $\frac{H_f}{H}$  به صورت خطی کاهش می‌یابد، به طوری که در زوایای ۳۰ درجه انحنا به بالادست و صفر درجه دارای کمترین و در زاویه ۶۰ درجه انحنا به پایین دست درای بیشترین نسبت پارامتر بی‌بعد  $\frac{H_f}{H}$  می‌باشند. همچنین مشاهده می‌شود در یک ضریب دبی ثابت مقدار پارامتر بی‌بعد  $\frac{H_f}{H}$  در حالت انحنا به پایین دست بیشتر از حالت انحنا به سمت بالادست می‌باشد؛ می‌توان اینگونه استنتاج کرد



شکل ۱۲- پارامتر بی‌بعد  $\frac{H}{D}$  در مقابل  $C_d$ ، برای قطرهای مختلف و زاویه ۳۰ درجه

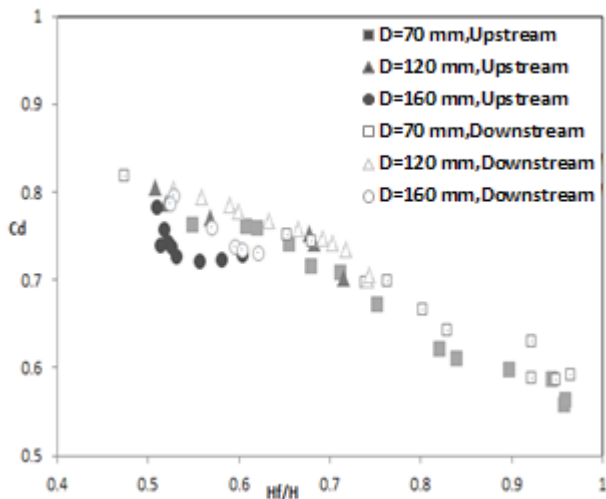
Fig 12.  $\frac{H}{D}$  dimensionless parameter against  $C_d$ , for different diameters and angle of 30 degree.



شکل ۱۳- عدد  $F_r$  در مقابل  $C_d$ ، برای زوایای مختلف و قطر ۷۰ میلیمتر

Fig 13. Froude number against  $C_d$ , for different angles and diameter of 70 mm.

به نحوی که کمترین ضریب دبی مربوط به زاویه صفر درجه و محدوده  $0.7 < Cd < 0.9$  و بیشترین ضریب دبی مربوط به زاویه ۶۰ درجه و در محدوده  $0.4 < Cd < 1.3$  می‌باشد. شکل ۱۵ تغییرات پارامتر بی‌بعد عدد  $F_r$  را در مقابل ضریب دبی برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلیمتر را برای زاویه ۳۰ درجه نسبت به افق نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود با افزایش پارامتر بی‌بعد عدد فرود، ضریب دبی در هر دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست روند خطی و افزایشی داشته، که این روند در تمامی قطرهای مورد مطالعه دیده می‌شود.



شکل ۱۸- تغییرات  $\frac{H_f}{H}$  در مقابل ضریب دبی، برای قطرهای مختلف و زاویه ۳۰ درجه

Fig 18.  $\frac{H_f}{H}$  against  $C_d$ , for different diameters and angle of 30 degree.

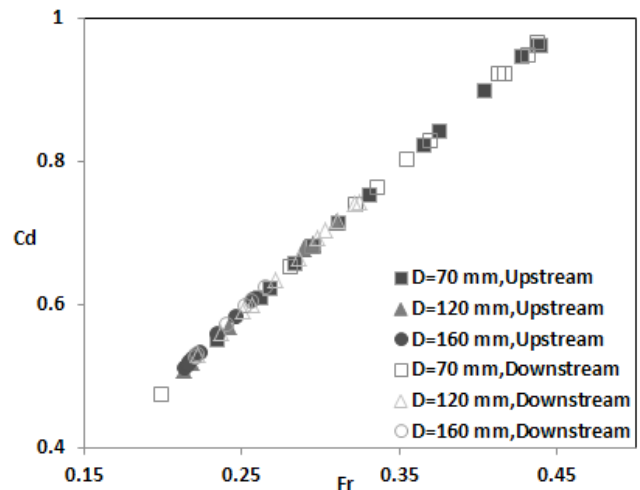
قطرهای مورد مطالعه دیده می‌شود. همچنین در یک ضریب دبی ثابت، با افزایش قطر پارامتر بی بعد  $\frac{H_f}{H}$  ثابت می‌باشد.

#### مقایسه نتایج با دستاوردهای دیگر پژوهشگران

جدول ۱ نشان می‌دهد که ضریب دبی سرریز- دریاچه نیم‌استوانه‌ای بیشتر از ضریب دبی سایر سازه‌های ترکیبی سرریز- دریاچه می‌باشد. می‌توان این گونه بیان نمود که در سازه‌های نیم‌استوانه‌ای، به دلیل انحنا خطوط جریان، افت ورودی کمتر بوده، و همچنین، به علت چسبیدن جریان به بدنه‌ی سازه، مکش بیشتر شده، و ضریب دبی افزایش می‌یابد. مقایسه‌ی تحقیق حاضر با مطالعات قره‌گزلو و همکاران [۳] که به بررسی ضریب دبی سرریز- دریاچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای در کانال‌های کوچک پرداختند، نشان می‌دهد که اولاً، ضریب دبی سرریز- دریاچه نیم‌استوانه‌ای در کانال‌های بزرگ بیشتر از کانال‌های کوچک بوده؛ ثانیاً، محدوده‌ی تغییرات ضریب دبی در کانال‌های کوچک نسبت به کانال‌های بزرگ بیشتر می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان در نیمرخ توزیع سرعت لایه‌ی مرزی جستجو کرد. همچنین، مقایسه‌ی تحقیق حاضر با مطالعات مسعودیان و همکاران [۶] که به مطالعه‌ی ضریب دبی سرریز- دریاچه‌ی استوانه‌ای و تعیین رابطه‌ی آن با ضریب دبی دریاچه‌ی و سرریز جداگانه پرداختند، نشان می‌دهد ضریب دبی سرریز- دریاچه نیم‌استوانه‌ای بیشتر از ضریب دبی سرریز- دریاچه استوانه‌ای می‌باشد.

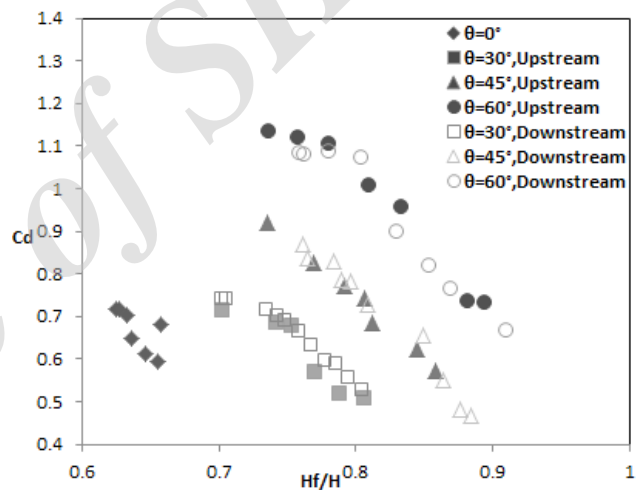
#### نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که در سازه ترکیبی سرریز- دریاچه نیم‌استوانه‌ای پارامترهای بی بعد  $\frac{H_f}{H}$ ،  $\frac{H_w}{H}$ ،  $F_r$  و  $\frac{H_f}{H}$  و زاویه



شکل ۱۶- عدد  $F_r$  در مقابل  $C_d$ ، برای قطرهای مختلف و زاویه ۳۰ درجه

Fig :16 Froude number against  $C_d$ , for different diameters and angle of 30 degree.



شکل ۱۷- مقدار  $\frac{H_f}{H}$  در مقابل ضریب دبی، برای زوایای مختلف و قطر ۱۲۰ میلی‌متر

Fig 17.  $\frac{H_f}{H}$  against  $C_d$  for different angles and diameter of 120 mm.

که اثر هدایت خطوط جریان در بالادست سرریز- دریاچه بر ضریب دبی بیشتر است یعنی انحنا نیم‌استوانه‌ای سبب هدایت تدریجی خطوط جریان بسمت سرریز و دریاچه و کاهش شیب خطوط در مقطع ورودی و در نتیجه کاهش مقاومت در برابر جریان و افت ورودی می‌گردد.

شکل ۱۸ پارامتر بی بعد  $\frac{H_f}{H}$  در مقابل ضریب دبی برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر را در زاویه ۳۰ درجه نسبت به افق در حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست نشان می‌دهد. با افزایش ضریب دبی برای تمام قطرها در هر دو حالت انحنا پارامتر بی بعد  $\frac{H_f}{H}$  روند کاهشی و خطی داشته، که این روند در تمامی

جدول ۱- مقایسه‌ی محدوده ضریب دبی پژوهش حاضر با نتایج پژوهشهای دیگر پژوهشگران  
 Table 1. Comparison of discharge coefficient of this study and the results of other researchers

نتیجه results	محدوده آزمایش Test range	موضوع subject	محقق researcher
$0.51 < C_d < 0.68$	$2.5 < H/a < 7.6$ $0.647 < b/a < 5$ $0.473 < y/a < 4$	بررسی جریان ترکیبی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و دریچه مستطیلی با فشردگی جانبی Combined free flow over weirs and below gates	نجم و همکاران، ۲۰۰۲ Najm et al, 2002.
$0.55 < C_d < 0.61$	$3 < H/a < 7$ $2 < b/a < 4.5$ $1.5 < y/a < 2.67$	بررسی جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریچه مستطیلی بدون فشردگی و لبه تیز Investigating the characteristics of the combinational flow through a compressed rectangular Weir and under the rectangular Gate without compression in the Sharpe -Edge Model	رضویان و حیدرپور، ۱۳۸۶ Razavian and Heydarpour, 2007.
$0.38 < C_d < 0.69$	$5.5 < H/a < 0.13$	بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز-دریچه استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در کانال کوچک Laboratory investigation of Combination of cylindrical and semi cylindrical weir- gate model in a small channel	قره‌گزلو و همکاران، ۱۳۹۲ Gharaqezlo et al, 2013
$0.75 < C_d < 1.05$	$3 < H/a < 16$	بررسی ضریب دبی جریان سرریز-دریچه نیم استوانه‌ای و تعیین رابطه‌ی آن با ضریب دبی دریچه‌ی و سرریز جداگانه The Coefficient Discharge semi cylindrical weir-gate and set its relation Coefficient Discharge gate and wire	مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۲ Masoudian et al. 2013.
$0.42 < C_d < 1.3$	$5 < H/D < 2.7$ $0.1 < F_r < 0.58$ $105 < H_w/H < 0.75$	بررسی چگونگی تأثیرپذیری ضریب دبی از برخی پارامترهای بی بعد در مدل سرریز دریچه نیم استوانه‌ای Investigated condition unaffected coefficient discharge of some dimensionless parameters the model semi cylindrical weir- gate	تحقیق حاضر This researcher

مقاومت در برابر جریان و افت ورودی می‌گردد. از دیگر نتایج می‌توان به تأثیر قطر سازه، موقعیت انحنای سازه، زاویه قرارگیری وجه تخت سازه نسبت به افق بر ضریب دبی اشاره نمود که با افزایش مقدار بازشدگی دریچه مقدار ضریب دبی کاهش می‌یابد.

#### منابع

- 1- Bos, M.G. 1976. Discharge Measurement Structures. International Institute for Land Reclamation and Implovment / LIRI Wageningen. the Netherlands. Pp: 107- 126.
- 2- Chanson, H. and Montes, J. S. 1998. Over flow characteristics of circular weirs: effects of inflow condition. Journal of Irrigation and Drainage Eengineering. Vol. 32. p: 152-161.
- 3- Gharahgezlou, M., Masoudian, M., Salehi

وجه تخت سازه نسبت به افق بر میزان ضریب دبی عبوری موثر و مشاهده شده است در محدوده زوایای مورد بررسی با افزایش پارامترهای بی بعد  $\frac{H_f}{H}$ ،  $F_r$ ،  $\frac{H}{D}$ ،  $\frac{H_w}{H}$  بیشترین و کمترین ضریب دبی به ترتیب در زوایای ۶۰ و ۳۰ درجه رخ داده است. همچنین در یک مقدار ثابت  $\frac{H}{D}$  و  $\frac{H_w}{H}$  ضریب دبی در حالت انحنای به سمت بالادست در محدوده  $0.5 < Cd < 1/3$  و در حالت انحنای به سمت پایین دست در محدوده  $0.4 < Cd < 1/2$  قرار دارد. در حالی که در یک مقدار ثابت  $\frac{H_f}{H}$  ضریب دبی در حالت انحنای به سمت پایین دست بیشتر از حالتی است که انحنای سازه به سمت بالادست می‌باشد که می‌توان اینگونه استنتاج کرد که اثر هدایت خطوط جریان در بالادست سرریز-دریچه بر ضریب دبی بیشتر است یعنی انحنای نیم استوانه‌ای سبب هدایت تدریجی خطوط جریان بسمت سرریز و دریچه و کاهش شیب خطوط در مقطع ورودی و در نتیجه کاهش



- 8- Ramamurthy, A. S. and Vo, N. D. 1993. Characteristics of Circular– Crested Weir Flow. Journal of Appl. Mech. ASCE. Vol. 114, No. 1. Pp: 61- 73.
- 9- Razavian, H., and Heydarpour, M. 2007. Investigating the characteristics of the combinational flow through a compressed rectangular Weir and under the rectangular Gate without compression in the Sharpe -Edge Model. 9th National Seminar on Irrigation and Evapotranspiration. Shahid Bahonar University. Kerman. Iran. 8p. (in Persian)
- 10- Samani, J. M. V. and Mazaheri, M. 2009. Combined flow over weir and under gate. J. Hydraul. Eng. 135: 224-227.
- 11- Saffar, S., and Kashefipour, M., 2008. Estimating the discharge in Weir–Gate using the model of nerve system. Second National Conference of Managing Irrigation and Drainage. Shahid Chamran University. Ahvaz. Iran. 7p. (in Persian)
- Neyshabouri, S.A.A., Naderi, F., and Severi, A.2013. Laboratory investigation of Combination of cylindrical and semi cylindrical weir- gate model in a small channel .J. of water and Soil Conservation, Vol. 20(1), 2013.Pp: 185-198. (in Persian).
- 4- Hayawi, H.A., Yahia, A.A. and Hayawi, G.A. 2008. Free Combined Flow Over a Triangular Weir. Damascus Univ. Journal Vol. (24)-No. (1).
- 5- Masoudian. M., Gharahgezlou, M., Severi, A., and Ziaefar, S.2011. Characterization of Combination of semi cylindrical wire -gate curvature Upstream positioned at different degree to the horizon. Eleventh Conference on Irrigation and evaporation Reduction. (in Persian)
- 6- Masoudian. M., Fenderski, R., and Gharahgezlou, M.2013.The Coefficient Discharge semi cylindrical weir-gate and set its relation Coefficient Discharge gate and wire. Journal of Water Resources. Sixth year: 51-62. (in Persian)
- 7- Negm, A.M., A.M. Al-Brahim, and A.A. Alhamid. 2002. Combined free flow over weirs and below gates. J. Hydraul. Res. 40: 359-365

*Abstract*

## Investigation on the affection of some dimensionless parameters on the coefficient of discharge in the semi cylindrical weir- gate model

F. Alizadeh Sanami<sup>1</sup>, M. Masoudian<sup>2</sup> and M. Saneie<sup>3</sup>

Received:2014.07.17 Accepted:2015.05.3

The combined weir-gate is one of the structures, which can be substituted in channels instead of weirs and gates. Curvature of the semi cylindrical of the weir- gate structures lead to hold the water snap to the structures body which increases the amount of coefficient discharge the weir- gate structures in comparison with the sharp crested weirs. In this research, the affection of some dimensionless parameters on discharge coefficient in the semi cylindrical weir- gate model was investigated. The experiments were conducted in a horizontal channel with a length of 8 m and width of 0.282 m through using PVC pipes with diameters of 70, 120 and 160 mm as wire and wire-gates. The research findings show that the coefficient of discharge increases by increasing the dimensionless parameters including  $H/P$ ,  $H_w/H$ ,  $Fr$  and  $H_f/H$  for both upstream and downstream curvatures in all alignments of the structure. Hence, the maximum and minimum discharge coefficients occur in the 60 degree and 30 degree angle, respectively. Also, at a constant  $H/D$  and  $H_w/H$ , the coefficient of discharges is larger for upstream curvatures than the downstream ones. The results show that not only the angle of the semi cylindrical curvature from the horizontal line but also the structure diameter affect on the discharge coefficient.

**Keywords:** *Semi-cylindrical structures, Weir-gate, Coefficient of discharge, Dimensionless parameters, Curved structures.*

1- M.Sc. student water structure, Sari of Agricultural Sciences and Natural Resources University. Corresponding Author  
Email:forough.alizadeh@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Sari of Agricultural Sciences and Natural Resources University.

3- Associate Professor, Department of Rivers and coastlines Engineering, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute