

## مطالعه آزمایشگاهی ضریب دبی در سرریز - دریچه منشوری

قربان مهتابی<sup>۱</sup>، هادی ارونقی<sup>۲\*</sup>، پیمان لطفی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۰۶

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: arvanaghi.hadi@yahoo.com

### چکیده

سرریز و دریچه به علت داشتن روابط نسبتاً ساده و دقیق در اندازه‌گیری جریان و قابلیت آن‌ها در کنترل سطح آب، کاربرد فراوانی در سامانه‌های آبیاری دارند. همواره آب جاری در مسیر رودخانه و کانال دارای ذرات رسوبی معلق و مواد شناور می‌باشد. در این شرایط می‌توان این دو سازه را با هم ترکیب نمود و سامانه متمرکزی به نام سرریز-دریچه تشکیل داد که امکان انتقال مواد رسوبی از زیر دریچه و مواد شناور از روی سرریز فراهم شود. در این تحقیق ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز-دریچه منشوری تحت شرایط جریان آزاد با بازشدگی‌های مختلف دریچه و دبی‌های جریان مطالعه شد. تغییرات ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری در زاویه‌های مختلف سطوح منشور شامل  $60^\circ$  به  $60^\circ$  (منشوری متقارن)،  $45^\circ$  به  $75^\circ$  (منشوری بالا) و  $45^\circ$  به  $45^\circ$  (منشوری پایین) بررسی شد. نتایج نشان داد به ازای افزایش پارامترهای  $\frac{h}{y}$ ،  $\frac{h}{d}$  و  $\frac{H}{d}$ ، ضریب دبی روند افزایشی دارد. مقایسه نتایج سرریز-دریچه منشوری با زاویه‌های سطوح مختلف نشان داد ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری پایین نسبت به سایر مدل‌ها در شرایط هیدرولیکی مختلف، بیشتر می‌باشد. مقدار ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری متقارن بیشتر از ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری بالا به دست آمد. علت این امر می‌تواند ناشی از انقباض شدید جریان عبوری زیر دریچه و افزایش مقدار تلفات موضعی باشد. برای انواع سرریز-دریچه‌ها روابط خطی چندمتغیره ارائه شد که دارای دقت خوبی بودند. مقایسه نتایج این تحقیق با سایر محققان نشان داد ضریب دبی جریان سرریز-دریچه منشوری نسبت به انواع دیگر سرریز-دریچه‌ها در محدوده پارامترهای آزمایش بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بالادست، بازشدگی دریچه، زاویه، سطوح منشور، ضریب دبی

## Experimental Investigation of Discharge Coefficient in Prismatic Weir-Gate

Gh Mahtabi<sup>1</sup>, H Arvanaghi<sup>2\*</sup>, P Lotfi<sup>3</sup>

Received: 24 January 2012 Accepted: 10 July 2016

1-Assist. Prof., Dept., of Water Engineering, Faculty of Agric., Univ. of Zanjan, Zanjan, Iran

2-Assist. Prof., Dept., of Water Engineering, Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Tabriz, Iran

3-M.Sc. Student, Dept., of Water Engineering, Faculty of Agric., Univ. of Zanjan, Zanjan, Iran

\* Corresponding Author, Email: arvanaghi.hadi@yahoo.com

### Abstract

Weir and gate have many applications in irrigation networks because of their simple and accurate equations for flow measurement and their ability in water level controlling. Water flow in river and canal paths always contains suspended sediment particles and floating materials. In this condition, weir and gate can be combined together and create an integrated system entitled weir-gate that can convey sediment particles under the gate and floating materials over the weir. In this research, discharge coefficient of prismatic weir-gate was studied under free flow condition with different gate openings and flow discharges. Variation of discharge coefficient of prismatic weir-gate was investigated in different angles of prism surfaces including 60° vs. 60° (symmetrical prismatic), 45° vs. 47° (upper prismatic) and 75° vs. 45° (lower prismatic). Results showed that discharge coefficient increased by increasing  $\frac{H}{d}$ ,  $\frac{h}{d}$  and  $\frac{h}{y}$  parameters. Comparing the results of different angles of prisms showed that the lower prismatic weir-gate had the highest discharge coefficient among the models in different hydraulic conditions. Discharge coefficient of the symmetrical prismatic weir-gate was higher than the upper prismatic model. This could be resulted from the extreme contraction of flow passing under the gate and increasing the local losses. Linear equations were proposed with acceptable accuracy for the weir-gates. Comparison of the results with the reported results by other researchers showed that the discharge coefficient of prismatic weir-gate was higher than the other kinds of weir-gates within the tested condition.

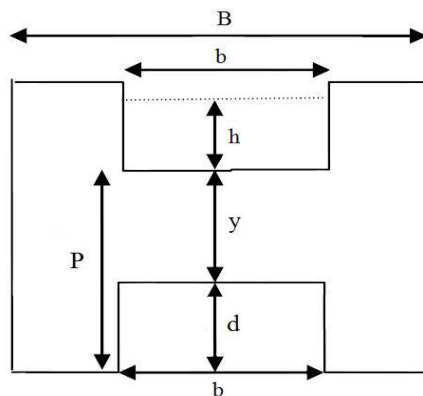
**Keywords:** Angle, Discharge coefficient, Gate opening, Prism surfaces, Upstream height

### مقدمه

متمرکزی به نام سرریز- دریچه تشکیل داد که امکان عبور مواد رسوبی از زیر دریچه و مواد شناور از روی سرریز فراهم شود. در شکل ۱ نمای جریان عبوری آب در مدل ترکیبی سرریز- دریچه در حالت جریان آزاد ارائه شده است (نگم و همکاران ۲۰۰۲). در این شکل  $h$  بار آبی روی سرریز،  $H$  بار آبی از کف کانال،  $d$  ارتفاع بازشدگی دریچه،  $y$  ارتفاع سازه سرریز،  $b$  طول بازشدگی سرریز- دریچه (عرض سازه)،  $B$  عرض

سرریز و دریچه از قدیمی‌ترین سازه‌های هیدرولیکی ساخته بشر هستند که در ابعاد، اشکال و کاربردهای متفاوت از قبیل اندازه‌گیری، کنترل دبی و تنظیم سطح آب در سامانه‌های آبیاری استفاده می‌شوند. همواره آب جاری در مسیر رودخانه و کانال دارای ذرات معلق رسوب و مواد شناور می‌باشد. در این شرایط می‌توان با ترکیب سرریز و دریچه، سامانه

جریان، کل مدل را به عنوان دریچه فرض نموده و به جای ضریب دبی دریچه، از ضریب دبی ترکیبی سرریز-دریچه استفاده نمودند. نگم و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی آزمایشگاهی جریان همزمان از سازه ترکیبی سرریز-دریچه مستطیلی با فشردگی در شرایط جریان آزاد پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد ضریب دبی با پارامترهای  $\frac{h}{b}$  و  $\frac{H}{d}$  رابطه مستقیم داشته و با پارامتر  $\frac{y}{d}$  رابطه عکس دارد. همچنین با افزایش  $\frac{b}{B}$ ، ضریب دبی افزایش یافت. پراکاش و شیواپور (۲۰۰۴) به بررسی دبی عبوری از روی سرریز مستطیلی و دریچه V شکل پرداختند. براساس نتایج، زمانی که از دریچه V شکل استفاده می‌شود، دبی با دقت بالاتری قابل تخمین است.



ب: دید از پایین دست جریان

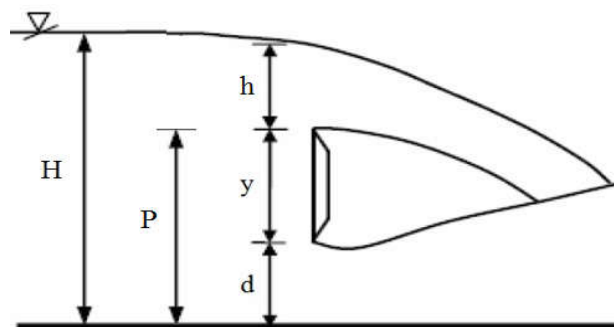
شکل ۱- جریان عبوری از مدل ترکیبی سرریز-دریچه در حالت جریان آزاد (نگم و همکاران ۲۰۰۲).

چنین یک رابطه خطی چندمتغیره برای محاسبه ضریب دبی ارایه نمودند. عبید و حمد (۲۰۱۴) با بررسی ضریب دبی در سازه ترکیبی سرریز زاویه دار و دریچه مستطیلی، نتیجه گرفتند زاویه سرریز تأثیر معنی‌داری روی دبی سازه ترکیبی دارد. آن‌ها یک رابطه غیرخطی چندمتغیره برای محاسبه دبی ارایه نمودند.

فغفور مغربی و رضایی‌نسب (۱۳۸۴) مدل ترکیبی سرریز-دریچه مستطیلی بدون فشردگی را در مجرای دایره‌ای در حالت نیمه‌پر مورد آزمایش قرار

کانال و P ارتفاع سازه ترکیبی سرریز-دریچه می‌باشد.

تا قبل از سال ۱۹۸۵ اطلاعات محدودی در مورد استفاده از سازه ترکیبی سرریز-دریچه برای اندازه‌گیری جریان وجود داشت، تا این‌که در این سال، اولین مطالعه در زمینه ترکیب سرریز-دریچه مستطیلی بدون فشردگی جانبی گزارش شد (احمد ۱۹۸۵). نگم و همکاران (۱۹۹۴) اثر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی بر روی جریان ترکیبی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و دریچه معکوس مثلثی با زاویه بین ۴۵ تا ۱۱۰ درجه را بررسی کرده و رابطه‌ای را برای زاویه ۹۰ درجه آن پیشنهاد نمودند. الحمید و همکاران (۱۹۹۶) جریان آزاد از روی مدل ترکیبی سرریز مثلثی و دریچه مستطیلی را مورد بررسی قرار دادند و برای تحلیل



الف: دید از کنار (جهت جریان از چپ به راست)

آلتین-ساکاریا و کوک پینار (۲۰۱۲) مطالعاتی را بر روی مدل ترکیبی سرریز-دریچه مستطیلی انجام دادند و با استفاده از روش بهینه‌سازی رابطه‌ای برای محاسبه دبی عبوری از سازه ترکیبی پیشنهاد نمودند. جلیل و سرهان (۲۰۱۳) به بررسی ضریب جریان در مدل ترکیبی سرریز-دریچه در حالت قرارگیری مورب در کانال پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند با کاهش زاویه قرارگیری، ضریب دبی کاهش می‌یابد، اما به علت افزایش طول سازه، مقدار دبی عبوری افزایش می‌یابد. آن‌ها هم-

دریچه، هدف عمدتاً افزایش آبگذری سازه یعنی افزایش ضریب دبی جریان می‌باشد. با توجه به این‌که سازه سرریز-دریچه به‌عنوان مانعی در مقابل جریان بوده و افت هیدرولیکی ایجاد شده هنگام عبور جریان از سازه، باعث کاهش جریان عبوری از آن می‌شود، لذا با اعمال تغییراتی در شکل سازه به‌نحوی‌که باعث هماهنگ‌تر شدن الگوی جریان عبوری و کاهش مقدار افت هیدرولیکی شود، می‌توان مقدار ضریب دبی جریان را افزایش داد. در این تحقیق، به‌منظور افزایش ضریب دبی سازه سرریز-دریچه، نوع جدید این سازه یعنی شکل منشوری آن معرفی شد و تغییرات ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری تحت شرایط هیدرولیکی و هندسی مختلف به‌صورت آزمایشگاهی بررسی شد.

#### مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه زنجان و در یک کانال مستطیلی به طول ۶ متر، عرض ۰/۲۱ متر و عمق ۰/۳ متر انجام شد. شیب کانال آزمایشگاهی قابل تغییر بوده و برای انجام آزمایش‌ها بر روی شیب صفر تنظیم شد. کف و دیواره‌های کانال از جنس پلاکسی گلاس شفاف است. آب در سیکل بسته از یک منبع اصلی روزمینی تعبیه شده در انتهای کانال با یک عدد پمپ سانتریفیوژ پمپاژ شده و بعد از عبور از شیر فلکه تنظیم کننده وارد دبی سنج شناوردار با دقت  $(0.1 \text{ L S}^{-1})$  شده و از آنجا به مخزن ورودی ابتدای کانال انتقال می‌یابد. سپس با عبور از صافی‌های آرام کننده و مشبک وارد کانال می‌شود. شکل ۲ تصویر کانال آزمایشگاه هیدرولیک را نشان می‌دهد.

دادند و به کمک رگرسیون خطی چندمتغیره، یک رابطه برای ضریب دبی جریان ارایه نمودند. رضویان و حیدرپور (۱۳۸۶) خصوصیات جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی و دریچه مستطیلی بدون فشردگی را بررسی کردند و یک رابطه خطی چندمتغیره برای ضریب دبی در محدوده تغییرات آزمایش ارایه نمودند. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی هیدرولیک جریان در مدل سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با زاویه‌های قرارگیری صفر تا ۱۸۰ درجه پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند برای زاویه‌های ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه، ضریب دبی بیشتر از زاویه‌های صفر تا ۹۰ درجه می‌باشد.

قره‌گوزلو و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی ضریب دبی سرریز-دریچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای، به این نتیجه رسیدند که مقدار ضریب دبی مدل استوانه کامل و نیم‌استوانه‌ای با انحنای به بالادست برابر بوده و در هر دو بیشتر از نیم‌استوانه‌ای با انحناء به پایین‌دست می‌باشد. آن‌ها همچنین روابطی برای ضریب دبی سرریز-دریچه مورد مطالعه با در نظر گرفتن پارامترهای  $\frac{H}{d}$  و  $\frac{H}{d}$  ارایه نمودند. حیدرپور و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعه ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای و دریچه کشویی در کانال دایره‌ای، یک معادله برای ضریب دبی در حالت ترکیبی ارایه کردند. همچنین حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳) خصوصیات جریان عبوری از ترکیب سرریز دوزنقه‌ای و دریچه کشویی مستطیلی را مطالعه کردند. حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳) اظهار داشتند با افزایش  $\frac{H}{d}$  و عرض سرریز، ضریب دبی افزایش یافته و با افزایش بازشدگی دریچه، ضریب دبی کاهش می‌یابد.

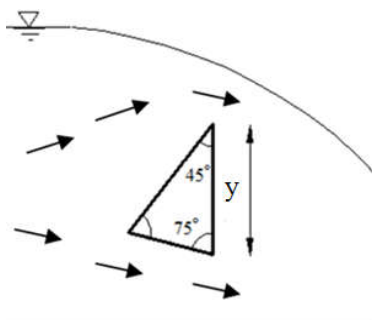
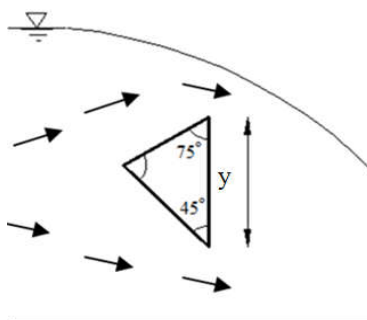
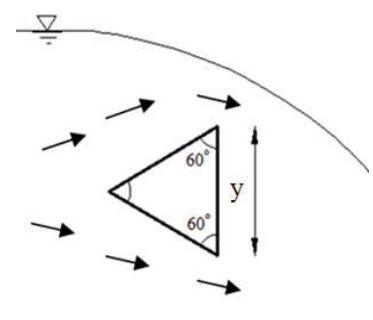
به‌طورکلی در مطالعات هیدرولیک سرریز-



شکل ۲- کانال مستطیلی آزمایشگاه هیدرولیک.

ترتیب  $60^\circ$  به  $60^\circ$  (شکل ۳-الف: منشوری متقارن)،  $45^\circ$  به  $75^\circ$  (شکل ۳-ب: منشوری بالا) و  $75^\circ$  به  $45^\circ$  (شکل ۳-ج: منشوری پایین) انتخاب شد. طول بازشدگی سرریز- دریچه (b) به صورت همگن در دو اندازه ۶ و ۸ سانتی‌متری انتخاب شد. همچنین ارتفاع بازشدگی دریچه (d) در دو اندازه ۲ و ۳ سانتی‌متر بررسی شد. در شکل ۴ نمونه‌ای از مدل فیزیکی سرریز- دریچه منشوری متقارن ( $60^\circ$  به  $60^\circ$ ) ارایه شده است.

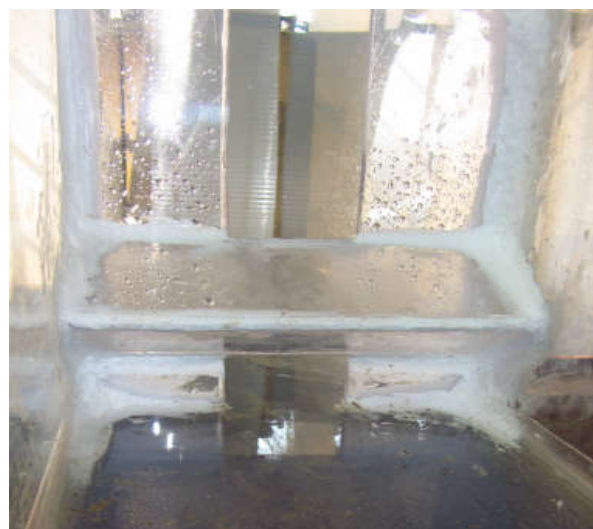
به منظور بررسی تغییرات ضریب دبی سرریز- دریچه منشوری، سه نوع مدل سرریز- دریچه منشوری و یک مدل سرریز- دریچه ساده با بازشدگی همگن ساخته شد. در شکل ۳ انواع مدل‌های منشوری مورد استفاده در این تحقیق ارایه شده است. مطابق این شکل، در هر سه مدل زاویه رأس منشورها یکسان بوده و برابر  $60^\circ$  می‌باشد. همچنین ارتفاع سرریز (y) یا همان ضلع قائم منشورها ثابت و برابر ۶ سانتی‌متر بود. دو زاویه کناری منشورها شامل زاویه پایینی و بالایی، به-

(ج) منشوری پایین ( $45^\circ$  به  $75^\circ$ )(ب) منشوری بالا ( $75^\circ$  به  $45^\circ$ )(الف) منشوری متقارن ( $60^\circ$  به  $60^\circ$ )

شکل ۳- مدل‌های سه گانه سرریز- دریچه منشوری.



ب: دید از کنار (جهت جریان از راست به چپ)



الف: دید از بالادست جریان

شکل ۴- مدل فیزیکی سرریز- دریچه منشوری متقارن (۶۰° به ۶۰°).

در این رابطه،  $Q$  دبی عبوری از مدل ترکیبی،  $Q_w$  دبی سرریز و  $Q_g$  دبی دریچه می‌باشد. دبی عبوری از سرریز ( $Q_w$ ) برای سرریزهای مستطیلی با بازشدگی همگن به صورت زیر محاسبه می‌شود (کیندزواتر و کارتر ۱۹۵۷):

$$Q_w = \frac{2}{3} C_{dw} \sqrt{2g} (b - 0.2h) h^{1.5} \quad [2]$$

در این رابطه،  $Q_w$  دبی سرریز،  $C_{dw}$  ضریب دبی سرریز،  $b$  طول بازشدگی (عرض سرریز) و  $h$  بار آبی روی سرریز می‌باشد. دبی عبوری از زیر دریچه با به کار بردن معادله سوامی (۱۹۹۲) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_g = C_{dg} b d \sqrt{2gH} \quad [3]$$

در این رابطه،  $Q_g$  دبی دریچه،  $C_{dg}$  ضریب دبی دریچه،  $b$  طول بازشدگی (عرض دریچه)،  $d$  ارتفاع

مدل‌های آزمایش از جنس ورق پلاکسی گلاس به ضخامت ۱۰ میلی‌متر ساخته شد. هر مدل در فاصله پنج متری از ابتدای کانال به صورت قائم نصب گردید. آزمایش‌ها به ازای دبی‌های مختلف تحت جریان آزاد انجام گرفت، بنابراین فقط عمق آب بالادست مدل اندازه‌گیری شد. محل اندازه‌گیری سطح آب در فاصله سه برابر بیشینه ارتفاع آب روی مدل انتخاب گردید. اندازه‌گیری تراز سطح آب نیز به وسیله یک عمق‌سنج با دقت ۰/۱ میلی‌متر انجام شد. مقادیر دبی‌های به کار رفته در محدوده ۷/۱ - ۱۸/۹ ( $L S^{-1} m^{-1}$ ) بود. همچنین در بالادست سازه، جریان زیربحرانی و اعداد فرود در محدوده ۰/۱۲ - ۰/۰۷ بود.

با توجه به ترکیب جریان عبوری از روی سرریز و زیر دریچه در مدل سرریز- دریچه و با فرض اینکه ضریب دبی ( $C_d$ )، ضریب تخلیه کل سامانه برای این مدل باشد، می‌توان رابطه زیر را ارایه کرد (نگم و همکاران ۲۰۰۲):

$$C_d = \frac{Q}{(Q_w + Q_g)} \quad [1]$$

در سازه ترکیبی سرریز-دریچه، جریان نزدیک‌شونده به دو جریان رویی و جریان زیرین تقسیم جریان رویی<sup>۱</sup> از روی سرریز و جریان زیرین<sup>۲</sup> از زیر دریچه عبور می‌کند. در سرریز-دریچه منشوری، جریان نزدیک‌شونده با کمک سطوح منشوری به دو جریان مذکور تقسیم شده و خطوط جریان منطبق با بدنه و در جهت موازی با شیب اضلاع منشور، از بالا و پایین سازه عبور می‌کند. به‌نظر می‌رسد به‌علت انحنای ملایم خطوط جریان آب در برخورد با سرریز-دریچه منشوری، مقادیر تلفات موضعی در حین عبور جریان کمتر شده و مقدار ضریب دبی افزایش یافته است. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه ضریب دبی در سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با زاویه‌های قرارگیری مختلف، اظهار داشتند در زاویه‌های بالا (۱۲۰° تا ۱۸۰°) ضریب دبی سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای افزایش می‌یابد که می‌تواند به‌علت سهولت عبور جریان از دریچه و کاهش افت جریان عبوری از سازه ترکیبی باشد. هم‌چنین همان‌طور که مشاهده می‌شود ضریب دبی سرریز-دریچه متقارن بیشتر از سرریز-دریچه منشوری بالا (۴۵° به ۷۵°) است. به‌نظر می‌رسد در حالتی که جهت منشور به طرف بالا است، به‌علت تمرکز بیشتر جریان به‌طرف دریچه و ایجاد انقباض زیاد در محل دریچه (افت بیشتر)، ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری بالا نسبت به سرریز-دریچه منشوری متقارن کاهش یافته است.

بازشدگی دریچه و  $H$  بار آبی از کف کانال می‌باشد (شکل ۱). با جای‌گذاری روابط ۲ و ۳ در رابطه ۱، خواهیم داشت:

$$C_d = \frac{Q}{bd\sqrt{2gH} + \frac{2}{3}\sqrt{2g}(b-0.2h)H^{1.5}} \quad [4]$$

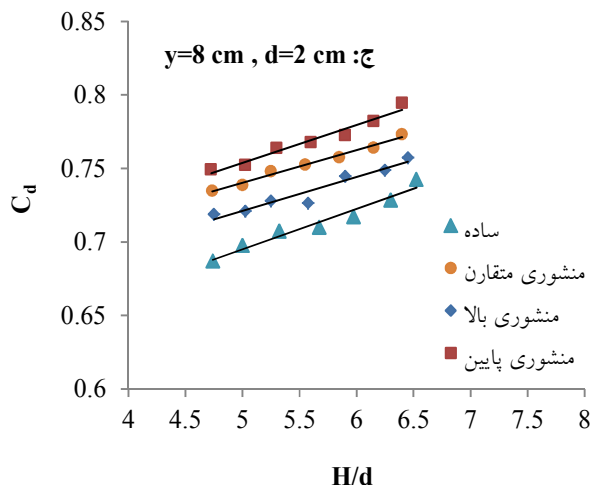
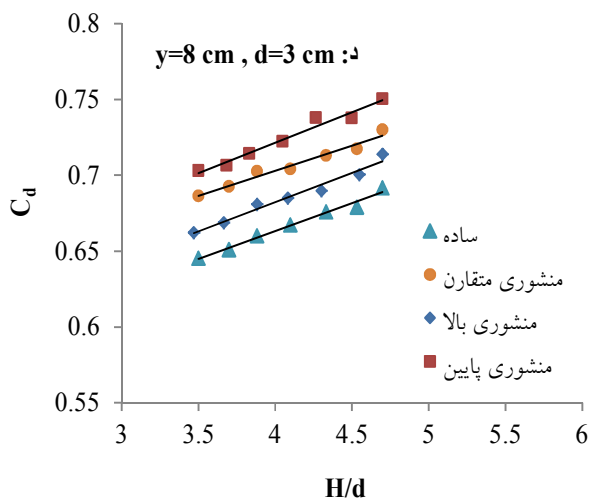
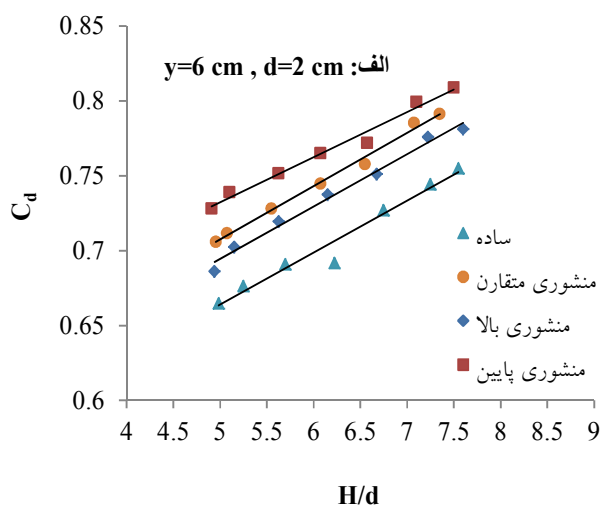
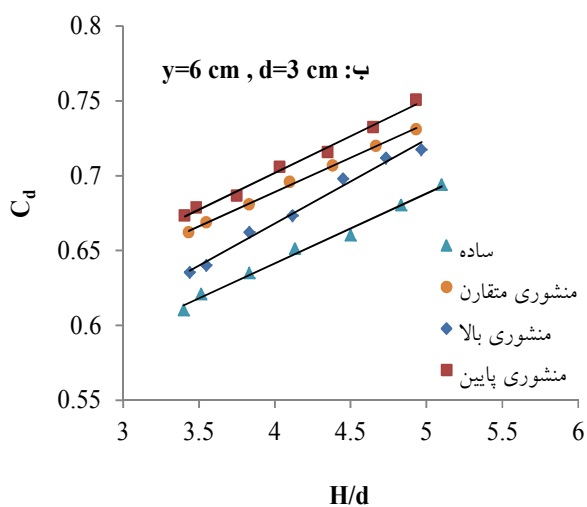
در این رابطه،  $Q$  دبی عبوری از مدل ترکیبی،  $C_d$  ضریب دبی سازه ترکیبی،  $b$  طول بازشدگی (عرض سازه)،  $d$  ارتفاع بازشدگی دریچه،  $h$  بار آبی روی سرریز و  $H$  بار آبی از کف کانال می‌باشد. در این تحقیق برای محاسبه ضریب دبی سازه ترکیبی از رابطه ۴ استفاده شد.

## نتایج و بحث

در شکل ۵ تغییرات ضریب دبی ( $C_d$ ) در برابر پارامتر  $\frac{H}{d}$  برای انواع مدل‌های سرریز-دریچه و شرایط مختلف آزمایش‌ها (شکل ۵-الف تا ۵-د) ارایه می‌شود. شده است. در تمام حالت‌ها با افزایش پارامتر  $\frac{H}{d}$ ، مقدار ضریب دبی افزایش می‌یابد و این افزایش تقریباً خطی است. محققان مختلفی از جمله نگم و همکاران (۲۰۰۲)، جلیل و سرهان (۲۰۱۳)، رضویان و حیدرپور (۱۳۸۶)، قره‌گوزلو و همکاران (۱۳۹۲) و حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳) نتایج مشابهی گزارش کردند. در شرایط مختلف آزمایش‌ها (شکل ۵-الف تا ۵-د)، سرریز-دریچه منشوری پایین (۷۵° به ۴۵°) دارای بیشترین ضریب دبی بوده و کمترین ضریب دبی مربوط به سرریز-دریچه ساده می‌باشد.

1- Upper flow

2- Under flow

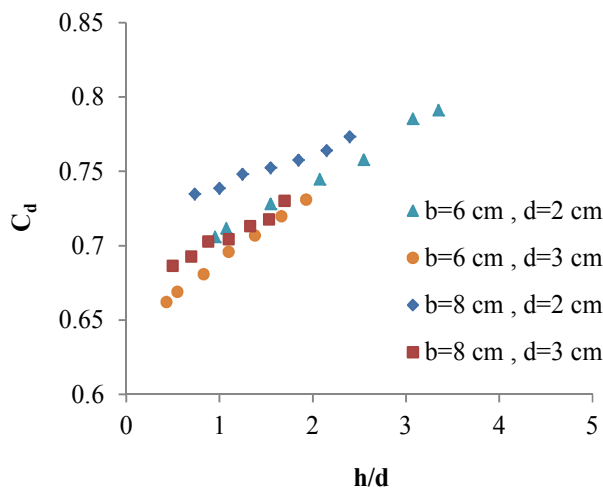


شکل ۵- تغییرات ضریب دبی ( $C_d$ ) در برابر پارامتر بی بعد  $\frac{H}{d}$ .

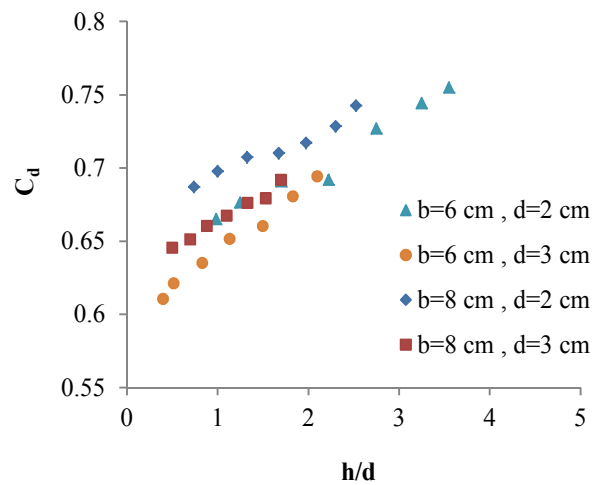
با افزایش مقدار  $\frac{h}{d}$ ، ضریب دبی به صورت خطی افزایش می‌یابد. نگم و همکارن (۲۰۰۲)، حیاوی و همکاران (۲۰۰۹) و جلیل و سرهان (۲۰۱۳) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند.

شکل‌های ۶-الف تا ۶-د تغییرات ضریب دبی در برابر پارامتر بی بعد  $\frac{h}{d}$  را برای مدل‌های سرریز-دریچه به‌ازای شرایط مختلف آزمایش ( $d$  ارتفاع بازشدگی دریچه و  $b$  عرض سازه) نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، در تمام مدل‌ها

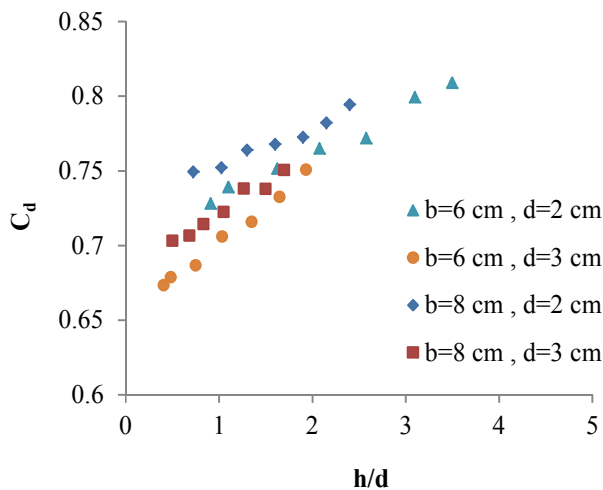




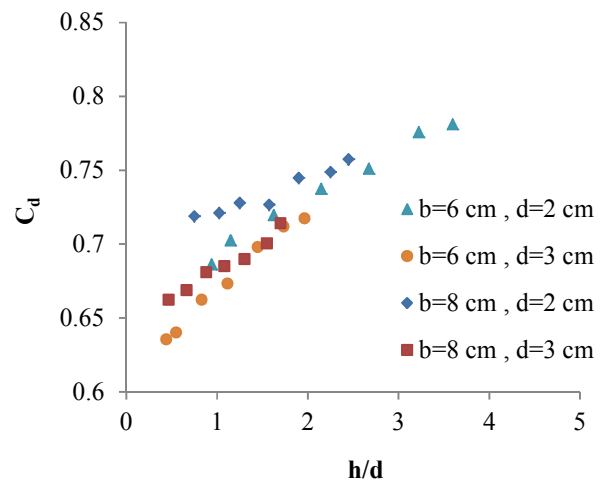
ب: سرریز- دریچه منشوری متقارن



الف: سرریز- دریچه ساده



د: سرریز- دریچه منشوری پایین

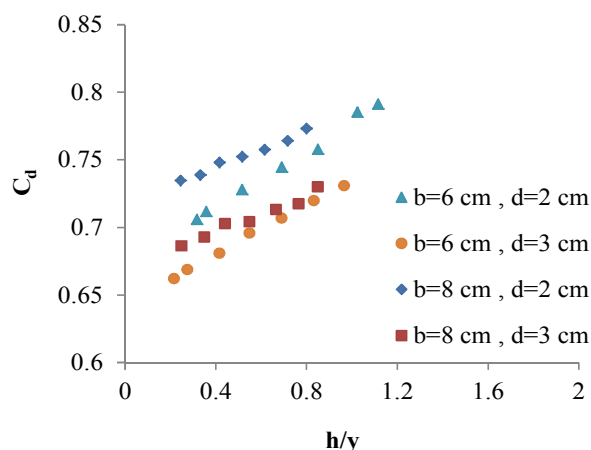


ج: سرریز- دریچه منشوری بالا

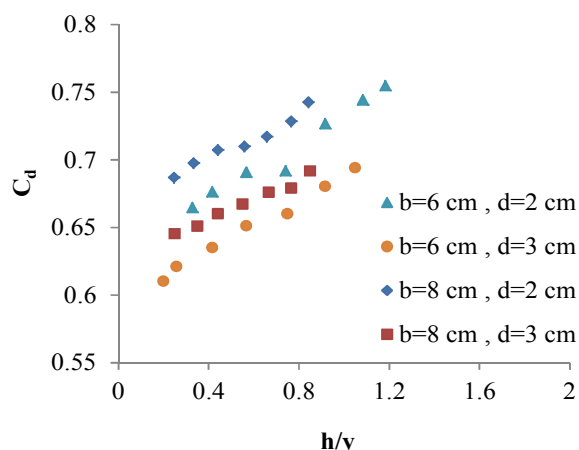
شکل ۶- تغییرات ضریب دبی ( $C_d$ ) در برابر نسبت بی بعد  $\frac{h}{d}$  برای مدل‌های سرریز- دریچه.

(۱۳۹۲) و حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز در مطالعه روی ضریب دبی سرریز- دریچه نتایج مشابهی ارائه کردند. دبی عبوری از سرریز نسبت به ارتفاع آب روی سرریز با توان  $1/5$  متناسب دارد، در حالی که در دریچه با توان  $0/5$  متناسب است. در سازه ترکیبی با افزایش بازشدگی دریچه، ارتفاع مؤثر روی سرریز کاهش می‌یابد. بنابراین با وجود افزایش دبی عبوری از زیر دریچه، اثر کاهش دبی عبوری از روی سرریز بر افزایش دبی عبوری از زیر دریچه بیشتر خواهد بود (حسینی و ابریشمی ۱۳۹۲).

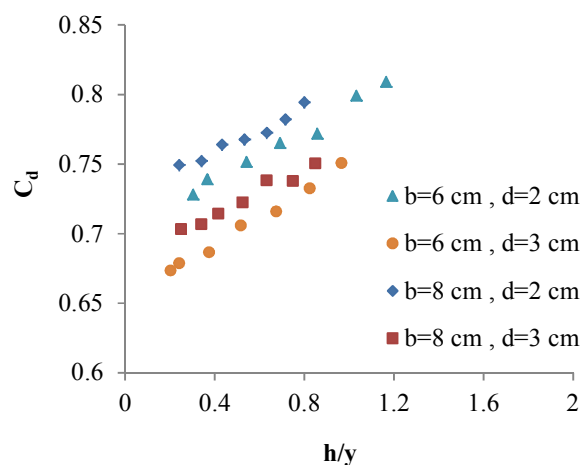
بررسی تغییرات ضریب دبی به ازای پارامتر بی بعد  $\frac{h}{y}$  روند مشابهی را نشان داد (شکل ۷- الف تا ۷- د)، یعنی با افزایش پارامتر  $\frac{h}{y}$ ، ضریب دبی افزایش یافت. در مدل‌های مختلف، به ازای یک  $\frac{h}{y}$  ثابت، با افزایش ارتفاع بازشدگی دریچه ( $d$ )، ضریب دبی کاهش یافت. همچنین با افزایش عرض سازه ( $b$ )، ضریب دبی افزایش یافت. نگم و همکاران (۲۰۰۲) و جلیل و سرهان (۲۰۱۳) کاهش ضریب دبی به ازای افزایش مقدار بازشدگی دریچه ( $d$ ) را گزارش کردند. حیدرپور و همکاران



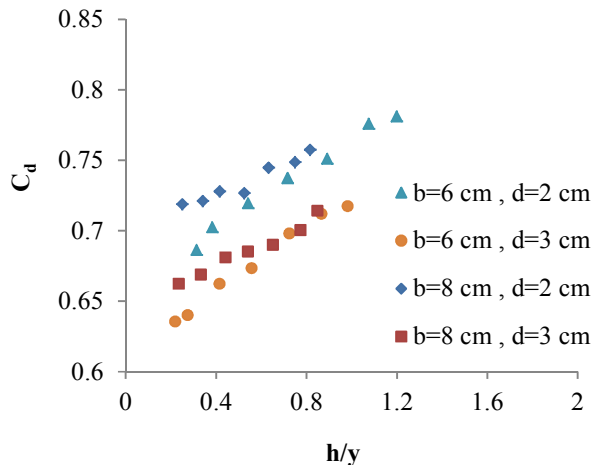
ب: سرریز- دریچه منشوری متقارن



الف: سرریز- دریچه ساده



د: سرریز- دریچه منشوری پایین



ج: سرریز- دریچه منشوری بالا

شکل ۷- تغییرات ضریب دبی ( $C_d$ ) در برابر نسبت بی بعد  $\frac{h}{d}$  برای مدل‌های سرریز- دریچه.

ضرایب پارامترهای سه‌گانه  $\frac{h}{d}$ ،  $\frac{b}{d}$  و  $\frac{h}{y}$  مشاهده می‌شود ضریب پارامتر  $\frac{h}{d}$  در سرریز- دریچه ساده کمترین مقدار و در منشوری پایین بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. در سرریز- دریچه منشوری پایین، زاویه استقرار سطوح منشور به‌گونه‌ای است که خطوط جریان در برخورد با سازه بیشتر به سمت سرریز هدایت شده که این امر بر دبی عبوری از مدل ترکیبی تأثیر بیشتری گذاشته و ضریب دبی افزایش یافته است.

در ادامه با تحلیل داده‌ها با استفاده از دستور Solver نرم افزار Excel، از طریق بهینه‌سازی، روابط رگرسیونی چندمتغیره مختلف جهت استخراج بهترین رابطه ضریب دبی سرریز- دریچه منشوری بررسی گردید. روابط خطی چندمتغیره ۵، ۶، ۷ و ۸ به ترتیب برای سرریز- دریچه ساده، منشوری متقارن، منشوری بالا و منشوری پایین ارایه شد. در این روابط، مقدار ثابت سرریز- دریچه منشوری پایین (۰/۶۰۹۹) نسبت به سایر مدل‌ها بیشترین مقدار را دارد. همچنین با مقایسه

$$C_d = 0.5445 + (0.0174 \times \frac{h}{d}) + (0.0495 \times \frac{h}{y}) + (0.0283 \times \frac{b}{d}) \quad (R^2=0.9819, RMSE=0.0048) \quad [5]$$

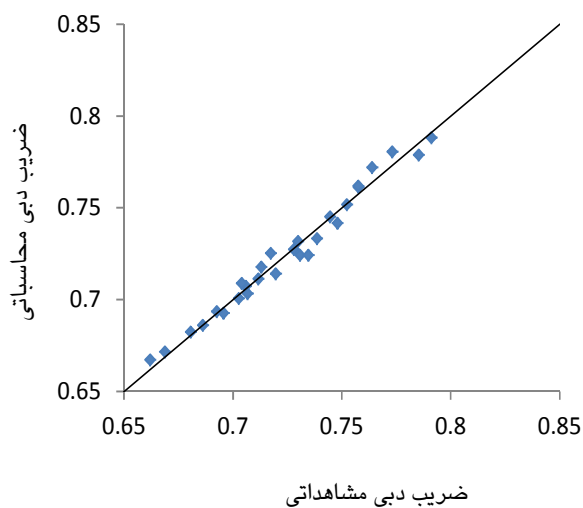
$$C_d = 0.6018 + (0.0251 \times \frac{h}{d}) + (0.0259 \times \frac{h}{y}) + (0.0243 \times \frac{b}{d}) \quad (R^2=0.9793, RMSE=0.0047) \quad [6]$$

$$C_d = 0.5770 + (0.0335 \times \frac{h}{d}) + (0.0259 \times \frac{h}{y}) + (0.0247 \times \frac{b}{d}) \quad (R^2=0.9625, RMSE=0.0071) \quad [7]$$

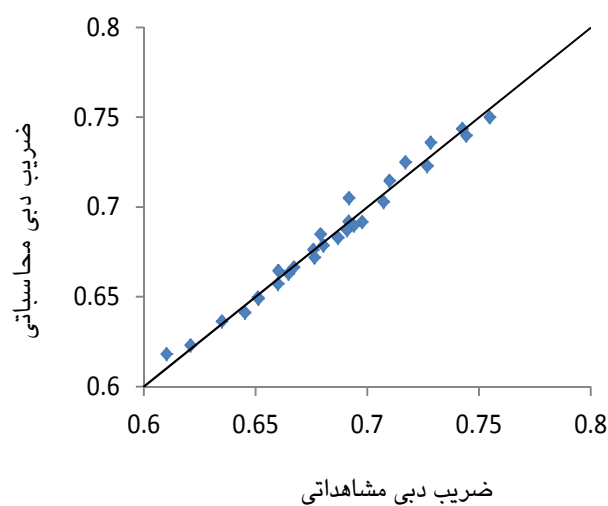
$$C_d = 0.6099 + (0.0414 \times \frac{h}{d}) + (0.0199 \times \frac{h}{y}) + (0.0267 \times \frac{b}{d}) \quad (R^2=0.9769, RMSE=0.0053) \quad [8]$$

منشوری بالا و منشوری پایین به ترتیب برابر ۰/۵۷، ۰/۵۳، ۰/۸۳ و ۰/۵۹ می باشد. جلیل و سرهان (۲۰۱۳)، حیدرپور و همکاران (۱۳۹۲) و حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز روابط خطی چندمتغیره برای ضریب دبی سرریز- دریچه ارائه دادند.

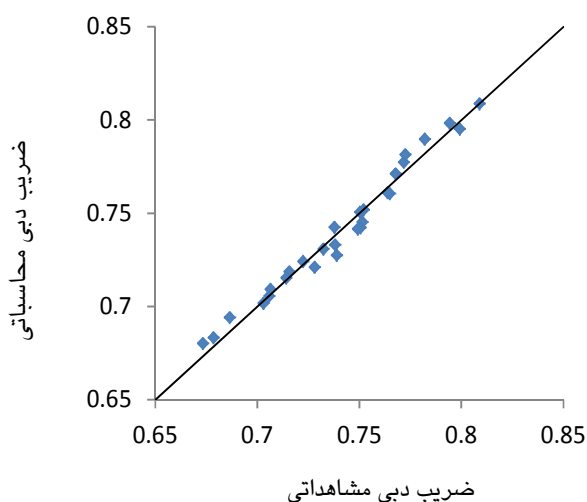
در شکل ۸ (الف تا د) نتایج مقایسه ضریب دبی محاسباتی در مقابل مقادیر مشاهداتی برای مدل- های سرریز- دریچه ارائه شده است. پراکندگی داده ها نسبت به خط  $y=x$  نشان دهنده توانایی خوب روابط پیشنهادی در محاسبه ضریب دبی سرریز- دریچه می باشد. همچنین میزان درصد خطای نسبی روابط پیشنهادی سرریز- دریچه ساده، منشوری متقارن،



ب: سرریز- دریچه منشوری متقارن

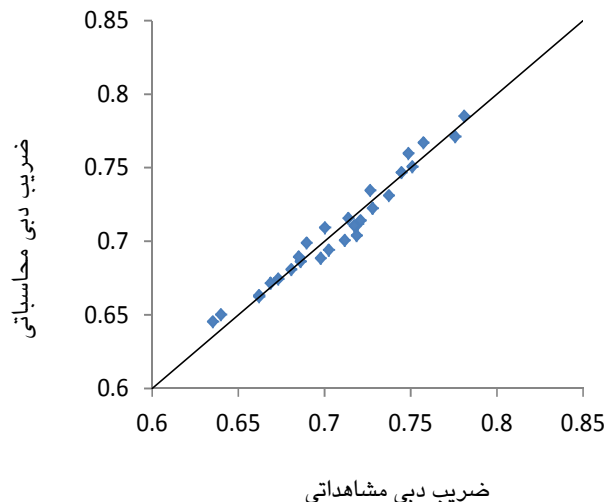


الف: سرریز- دریچه ساده



د: سرریز- دریچه منشوری پایین

شکل ۸- مقایسه ضریب دبی (Cd) محاسباتی در مقابل مشاهداتی برای مدل‌های سرریز- دریچه.



ج: سرریز- دریچه منشوری بالا

سازه تطابق دهد. به عبارت دیگر جریان نزدیک‌شونده بدون تشکیل منطقه سکون، به دو قسمت تقسیم شده و خطوط جریان منطبق با بدنه و در جهت موازی با شیب اضلاع منشور، از بالا و پایین سازه عبور می‌کند. در نتیجه، افت ورودی جریان کاهش می‌یابد که همین شرایط از مزایای این نوع سرریز- دریچه در عبور مؤثر جریان هم‌زمان از روی سرریز و زیر دریچه است.

#### نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر مدل جدیدی از سازه سرریز- دریچه یعنی شکل منشوری آن معرفی شد و با انجام یک سری آزمایش‌ها روی مدل فیزیکی، تغییرات ضریب دبی آن تحت شرایط جریان آزاد بررسی گردید. اثر پارامترهای بازشدگی دریچه، عرض سازه ترکیبی، ارتفاع آب روی سازه و زاویه سطوح منشور بر روی ضریب دبی سرریز- دریچه منشوری بررسی گردید.

در جدول ۱ نتایج ضریب دبی جریان سرریز- دریچه منشوری این تحقیق با نتایج سایر محققان برای انواع مدل‌ها مقایسه گردید. مطابق این جدول، دامنه پارامترهای مورد مطالعه در این تحقیق در محدوده پارامترهای مطالعاتی محققان مختلف می‌باشد و نتایج حاصل قابل مقایسه با نتایج سایر محققان است. بیشتر بودن مقادیر ضریب دبی در مطالعه قره‌گوزلو و همکاران (۱۳۹۲) می‌تواند به علت انتخاب بازشدگی کم دریچه،  $\frac{H}{d}$  خیلی بزرگ در آزمایش و یا سازه نیم- استوانه باشد. مقایسه نتایج (جدول ۱) بیانگر بیشتر بودن ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز- دریچه منشوری نسبت به عمده مدل‌های سرریز- دریچه در محدوده پارامترهای آزمایش‌ها است. علت این امر می‌تواند به دلیل هندسه سازه ترکیبی سرریز- دریچه منشوری باشد، به طوری که خطوط جریان آب بالادست در محل برخورد با سرریز- دریچه منشوری، انحناء ملایمی پیدا کرده و به خوبی توانسته خود را با بدنه

جدول ۱- مقایسه محدوده ضریب دبی به دست آمده در این پژوهش با نتایج سایر محققان.

| منبع                       | موضوع   | محدوده پارامترها  | محدوده ضریب دبی     |
|----------------------------|---|---|---------------------|
| نگم و همکاران (۲۰۰۲)       | بررسی جریان ترکیبی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و دریچه مستطیلی با فشردگی جانبی                  | $2/5 < H/d < 7/6$<br>$0/65 < b/d < 5$<br>$0/47 < y/d < 4$ | $0/51 < C_d < 0/68$ |
| جلیل و سرهان (۲۰۱۳)        | بررسی جریان ترکیبی سرریز-دریچه بدون فشردگی در حالت قرارگیری مورب                                  | $3/3 < H/d < 12$<br>$6 < b/d < 30$<br>$2/4 < y/d < 6$     | $0/4 < C_d < 0/62$  |
| رضویان و حیدرپور (۱۳۸۶)    | بررسی جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریچه مستطیلی بدون فشردگی و لبه تیز | $3 < H/d < 7$<br>$2 < b/d < 4/5$<br>$1/5 < y/d < 2/67$    | $0/55 < C_d < 0/61$ |
| قره گوزلو و همکاران (۱۳۹۲) | بررسی جریان ترکیبی سرریز-دریچه استوانه‌ای و سرریز-دریچه نیم استوانه‌ای                            | $5/5 < H/d < 13$<br>$b/d = 7/5$<br>$4 < y/d < 8/5$        | $0/38 < C_d < 0/96$ |
| حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳)   | بررسی جریان ترکیبی از روی سرریز نوزنقه‌ای و زیر دریچه مستطیلی لبه تیز                             | $3 < H/d < 13$<br>$1/25 < b/d < 4$<br>$1/25 < y/d < 4$    | $0/54 < C_d < 0/68$ |
| تحقیق حاضر                 | بررسی جریان ترکیبی در سرریز-دریچه منشوری  | $3/4 < H/d < 7/6$<br>$2 < b/d < 4$<br>$2 < y/d < 3$       | $0/61 < C_d < 0/81$ |

ملايم خطوط جریان و افت موضعی کمتر، ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری افزایش می‌یابد. در مجموع، ضریب دبی سرریز-دریچه منشوری پایین ( $75^\circ$ ) به  $45^\circ$ ) نسبت به بقیه مدل‌ها بیشتر بود. همچنین نتایج نشان داد با افزایش میزان بازشدگی دریچه، مقدار ضریب دبی کاهش و با افزایش عرض مجرای جریان (عرض سازه ترکیبی)، مقدار ضریب دبی افزایش می‌یابد. برای انواع مدل‌های سرریز-دریچه، روابط خطی چندمتغیره برای محاسبه ضریب دبی ارائه گردید که توانایی بالایی در برآورد مقدار ضریب دبی نشان داد.

با توجه به زاویه سطوح منشور، سه نوع سرریز-دریچه شامل منشوری متقارن ( $60^\circ$  به  $60^\circ$ )، منشوری پایین ( $75^\circ$  به  $45^\circ$ ) و بالا ( $45^\circ$  به  $75^\circ$ ) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار ارتفاع آب بالادست سازه، ضریب دبی در تمامی مدل‌ها و شرایط آزمایش روند افزایشی داشت و مقدار ضریب دبی سرریز-دریچه‌های منشوری نسبت به سرریز-دریچه ساده بیشتر بود. در سرریز-دریچه منشوری، جریان نزدیک‌شونده با کمک سطوح منشور به دو جریان رویی و پایینی تقسیم می‌شود که به علت انحنای

همچنین مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان نشان داد که در محدوده پارامترهای مورد مطالعه، ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز-دریچه منشوری بیشتر از عمده مدل‌های سرریز-دریچه است ( $C_d < 0.81$ )

$$C_d < 0.61$$

### منابع مورد استفاده

- حسینی م و ابریشمی ج، ۱۳۹۲. هیدرولیک کانال‌های باز. انتشارات دانشگاه امام رضا مشهد.
- رضویان ح و حیدرپور م، ۱۳۸۶. بررسی جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریچه مستطیلی بدون فشردگی جانبی در حالت لبه‌تیز. صفحه‌های ۲۲۵ تا ۲۳۳. مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. ۱۶-۱۸ بهمن ماه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.
- حیدرپور م، رضویان س ح و حسینی ی، ۱۳۹۲. تعیین ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای و دریچه کشویی در کانال دایره‌ای. مجله پژوهش آب ایران، جلد ۷، شماره ۱۳، صفحه‌های ۱۴۹ تا ۱۵۵.
- حیدرپور م، رضویان س ح و حسینی ی، ۱۳۹۳. مطالعه جریان همزمان از زیر یک دریچه کشویی و سرریز لبه‌تیز دوزنقه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۶۸، صفحه‌های ۱۴۷ تا ۱۵۶.
- فغفور مغربی م و رضایی‌نسب م س، ۱۳۸۴. برآورد دبی فاضلاب‌روهای مدور با استفاده از مدل ترکیبی سرریز-دریچه. فصل‌نامه علمی-پژوهشی آب و فاضلاب، شماره ۵۵، صفحه‌های ۶۰ تا ۶۸.
- قره گوزلو م، مسعودیان م، صالحی نیشابوری ا، نادری ف و سوری ا، ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز-دریچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای در کانال‌های کوچک. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۰، شماره ۱، صفحه‌های ۱۸۵ تا ۱۹۸.
- مسعودیان م، قره گوزلو م، سوری ا و ضیایی فر س، ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات جریان ترکیبی از سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با انحنا در بالادست در زوایای مختلف قرارگیری نسبت به افق. صفحه‌های ۸۷ تا ۹۵. مجموعه مقالات یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۸-۲۰ بهمن ماه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.
- Ahmed EH, 1985. Characteristics of the combined flow through sluice gate and over weirs. *Engineering and Technology* 3(2): 49-63.
- Alhamid AA, Husain D and Negm AM, 1996. Discharge equation for combined flow over rectangular weir and below inverted triangular gates. *Arab Gulf Journal for Scientific Research* 14(39): 595-607.
- Altin-Sakarya AB and Kokpinar MA, 2012. Computation of discharge for simultaneous flow over weirs and below gate (H-Weirs). *Flow Measurement and Instrumentation* 29(9): 32-38.
- Hayawi HAM, Hayawi GAM and Alniami AAG, 2009. Coefficient of discharge for a combined hydraulic measuring device. *Al-Rafidain Engineering* 17(6): 92-100.
- Jalil SH and Sarhan SA, 2013. Experimental study of combined oblique weir and gate structure. *Engineering and Applied Sciences* 8(4): 306-315.
- Kindsvater CE and Carter RW, 1957. Discharge characteristics of rectangular thin-plate weirs. *Journal of Hydraulics Division* 83(6): 1-36.
- Negm AM, El-Saiad AA, Alhamid AA and Husain D, 1994. Characteristics of simultaneous flow over weirs and below inverted V-Notches gate. *Civil Engineering Research* 16(19): 786-799.
- Negm AM, Al-Brahim AM and Al-Hamid AA, 2002. Combined free flow over weir and below gates. *Hydraulic Research* 40(2): 359-365.
- Obead IH and Hamad R, 2014. Experimental study of coupled flow through combined weir-gate structure. *Journal of Babylon University/Engineering Sciences* 22(1): 151-161.
- Prakash MN and Shivapur AV, 2004. Generalized head discharge equation for flow over sharp-crested inclined inverted V-Notch weir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 130(4): 325-330.
- Swamee PK, 1992. Sluice gate discharge equations. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 118(1): 57-60.