

## مطالعه‌ی ضریب بدهی سرریز - دریچه‌ی استوانه‌ای و تعیین رابطه‌ی آن با ضریب بدهی

### دریچه‌ی و سرریز جداگانه

محسن مسعودیان<sup>1</sup>، ربابه فندرسکی<sup>2</sup>، محمد قره‌گزلو<sup>3\*</sup>

تاریخ دریافت: 1391/4/19 تاریخ پذیرش: 1391/11/4

### چکیده

سرریز و دریچه‌ی از پرکاربردترین سازه‌های اندازه‌گیری جریان و واپایش سطح آب در شبکه‌های انتقال آب به شمار می‌روند، که با ترکیب آنها به عنوان یک سازه، با توجه به عبور مواد شناور از روی سرریز و مواد قابل رسوب از زیر دریچه‌ی، مشکلات استفاده جداگانه هریک از سازه‌ها کاهش می‌یابد. در این تحقیق به بررسی آزمایشگاهی تغییرات ضریب بدهی سرریز-دریچه‌ی استوانه‌ای با فراسنجهای بی بعد  $H/D$  (نسبت عمق بالادست جریان به قطر سازه) و  $H/a$  (نسبت عمق بالادست جریان به بازشدگی دریچه‌ی) درنهری با طول، عرض و ارتفاع به ترتیب 10، 0/6 و 0/7 متر پرداخته شده است. همچنین، روند تغییرات ضریب بدهی سرریز و دریچه‌ی با اندازه‌گیری نیمرخ سرعت در زیر و روی سازه استخراج، و با نتایج ضریب بدهی در شبیه ترکیبی سرریز-دریچه‌ی استوانه‌ای مقایسه شده است. نتایج حاصله نشان دادند که با افزایش فراسنجهای بی‌بعد  $H/a$  و  $H/D$  ضریب بدهی سرریز-دریچه‌ی ابتدا کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد. روند ضریب بدهی دریچه‌ی در شبیه ترکیبی، کاهشی و برای سرریز ابتدا افزایشی و سپس به سمت ثابت شدن میل می‌نماید. همچنین، قطر سازه و بازشدگی دریچه‌ی برای ضریب بدهی هر سه سازه سرریز، دریچه‌ی و سرریز-دریچه‌ی در شبیه ترکیبی موثر می‌باشند، و ضریب بدهی سرریز-دریچه‌ی استوانه‌ای در محدوده‌ی آزمایشها از 0/75 - 1/05 متغیر است. در نهایت با تحلیل داده‌ها معادله‌ای جهت تخمین ضریب بدهی سرریز-دریچه‌ی ارائه گردید که دارای همبستگی بالایی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** سرریز، دریچه‌ی، ضریب بدهی، استوانه‌ای، نیمرخ سرعت

<sup>1</sup> - استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>2</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>3</sup> - دانشجوی دکتری سازه‌های آبی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

\* - نویسنده مسئول: [Garagezlu\\_mohammad@yahoo.com](mailto:Garagezlu_mohammad@yahoo.com)

## 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 دریچه‌ی و بالادست سرریز می‌گردد، که این امر خود می‌تواند موجب کاهش دقت اندازه‌گیری بدهی، ایجاد تغییر در شکل مجرای جریان، به خطر افتادن پایداری سازه (به دلیل کاهش حجم مفید نهر) و سرریز شدن آب از دوسوی نهر شود. با ترکیب سرریز و دریچه‌ی به عنوان یک سازه‌ی متمرکز مواد شناور از روی سرریز و مواد قابل رسوب از زیر دریچه‌ی عبور می‌کنند که منجر به کاهش مشکلات استفاده جداگانه هریک از سازه‌ها می‌شود. از جمله مطالعات انجام گرفته در مورد سرریز - دریچه‌ی می‌توان به تحقیقات نجم و همکاران (1994) اشاره نمود که اثر جریان و فراسنجهای هندسی را در مورد خصوصیات بدهی در حالت جریان آزاد از روی یک سرریز منقبض شده مستطیلی و زیر یک دریچه‌ی مثلثی معکوس V شکل با زاویه‌هایی در محدوده 45 - 110 درجه را مورد بررسی قرار داده و معادله‌ای را برای زاویه‌ی 90 درجه پیشنهاد نمودند. نجم و همکاران (1997) با مطالعه‌ی فراسنجهای آبی و هندسی مؤثر بر جریان عبوری همزمان از سرریز مثلثی و دریچه‌ی مستطیلی فشرده ثابت کردند استفاده از ضریب شدت جریان معمول برای این‌گونه سرریزها و دریچه‌ها در حالت ترکیبی می‌تواند خطای بزرگی را ایجاد نماید. فرو (2000) با استفاده از تحلیل ابعادی بر اساس انگاره‌ی پی باکینگهام و شبیه ISS یک رابطه‌ی بدهی - مقیاس را برای جریان همزمان از رو و زیر دریچه‌ی قائم لبه‌پهن به‌دست آورد. وی در معادله‌ی استخراج شده نشان داد که فراسنج بدون بعد  $K/a$  (K عمق بحرانی متناظر با مقدار مشخصی بدهی و a ارتفاع بازشدگی دریچه‌ی) با فراسنج بدون بعد  $Hw/a$  (Hw بار آبی روی سازه) رابطه‌ی مستقیم دارد. نجم و همکاران (2002) معادلاتی را برای جریان ترکیبی در حالت آزاد برای سرریز - دریچه‌ی مستطیلی با فشردگی برابر ارائه نموده و به این نتیجه رسیدند که ضریب بدهی

جریان با فراسنجهای  $H/a$  (بازشدگی دریچه‌ی و H عمق آب بالادست)  $Hw/b$  (بار آبی روی سازه و b عرض سرریز و دریچه‌ی) رابطه‌ی مستقیم دارد. اسماعیلی و فتحی مقدم (1385) ضریب بدهی شبیه ترکیبی سرریز - دریچه‌ی واقع در انتهای لوله‌ی فاضلاب را بررسی نموده و نشان دادند که ضریب بدهی به فراسنج بی بعد  $(H/d)$  نسبت عمق آب بالادست به قطر لوله‌ی وابسته است. فیض‌الله و همکاران (1385)، با تحقیق در مورد ضریب تخلیه‌ی جریان همزمان دریچه‌ی و سرریز جانبی در خم 180 درجه نشان دادند که بیشترین ضریب بدهی در موقعیت آبیگری 115 درجه مشاهده می‌شود، زیرا جریانهای ثانویه در این موقعیت بیشترین شدت را دارا می‌باشند. رضویان و حیدرپور (1386) خصوصیات جریان ترکیبی را از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریچه‌ی مستطیلی بدون فشردگی در حالت لبه تیز بررسی کرده و نتیجه گرفتند که با افزایش بدهی و ارتفاع آب در بالادست سرریز، ضریب بدهی افزایش می‌یابد؛ ایشان همچنین معادله‌ای را برای ضریب بدهی جریان برای محدوده‌ی تغییرات مورد آزمایش ارائه دادند. صفار و کاشفی‌پور (1387) با شبیه‌سازی اثرات هیدرولیکی جریان و هندسه‌ی مجرا بر اندازه‌ی شدت جریان در سامانه‌ی سرریز - دریچه نتیجه گرفتند که مؤثرترین فراسنج در تعیین بدهی عبوری از شبیه با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی، نسبت عمق بالادست به بازشدگی دریچه‌ی  $(H/a)$  می‌باشد. هایاوی و همکاران (2008) به مطالعه‌ی سازه ترکیبی سرریز مثلثی و دریچه‌ی مستطیلی پرداختند و نتیجه‌ی حاصل از مطالعات آنان نشان داد که با افزایش نسبت  $D/Hw$  (نسبت ارتفاع سرریز به بار آبی روی سرریز) ضریب بدهی کاهش می‌یابد. سامانی و مظاهری (2009) جریان ترکیبی بر روی سرریز - دریچه‌ی مستطیلی لبه‌تیز و بدون فشردگی جانبی را در دو حالت استغراق (سرریز آزاد و دریچه‌ی مستغرق و سرریز و دریچه‌ی مستغرق) شبیه‌سازی نمودند. در هر دو حالت مشاهده شد که عمق پایاب بر عمق بالادست جریان و در نتیجه بر بدهی جریان تاثیر می‌گذارد. مسعودیان و همکاران (1390) هیدرولیک جریان سرریز - دریچه‌ی نیم‌استوانه‌ای را در حالت مستغرق مطالعه نموده و نشان دادند در یک  $H/D$  (نسبت عمق

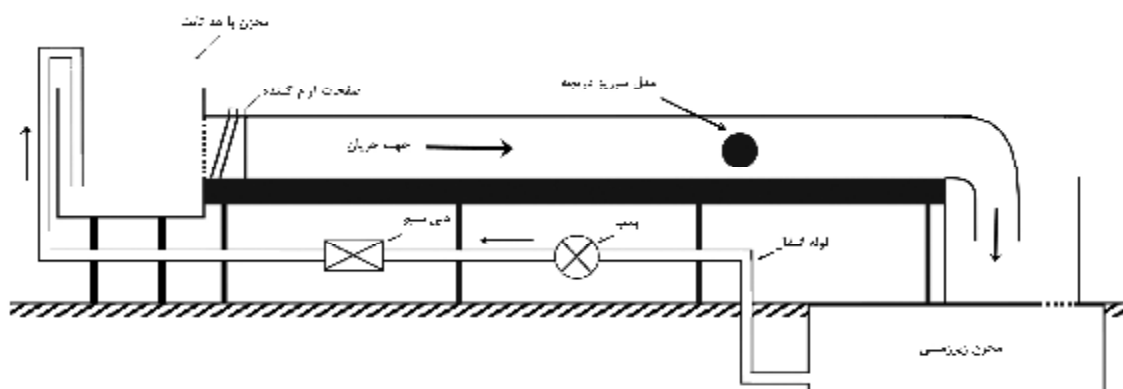
در این تحقیق ابتدا به بررسی تغییرات ضریب بدهی سرریز- دریاچه‌ی استوانه‌ای با فراسنجهای آبی و هندسی پرداخته شده است، سپس با جداسازی بدهی سرریز و دریاچه‌ی به‌وسیله برداشتن نیمرخ سرعت در زیر و روی سازه، اندازه‌ی ضریب بده محاسبه، روند تغییرات آن استخراج، و با روند تغییرات ضریب بدهی شبیه ترکیبی سرریز- دریاچه مقایسه گردیده است.

### مواد و روشها

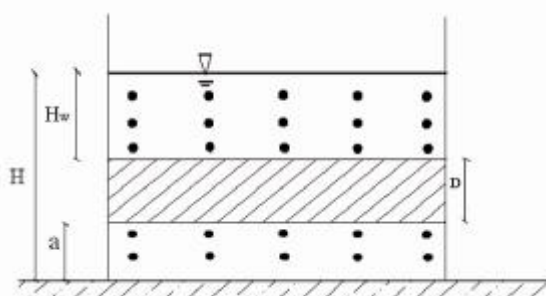
آزمایشهای این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک بخش عمران دانشگاه بوخوم آلمان در نهر پایه‌داری به طول 10 و عرض 0/6 متر در محدوده بدهی 30-200 لیتر بر ثانیه با استفاده از لوله‌های پی وی سی با قطرهایی در محدوده 110-250 میلی‌متر به عنوان شبیه سرریز- دریاچه انجام شد. شکل (1) دوره‌ی بسته جریان و سرریز- دریاچه‌ی استوانه‌ای را نشان می‌دهد.

ارتفاع آب روی سرریز و درون نهر پایه‌دار در بالادست شبیه سرریز- دریاچه با استفاده از عمق سنج با دقت 0/1 میلی‌متر تعیین گردید. همچنین، بدهی ورودی به نهر پایه‌دار با برداشت نیمرخ سرعت روی سرریز و زیر دریاچه‌ی به ترتیب با استفاده از سرعت سنج مغناطیسی با دقت 0/01 متر بر ثانیه، و لوله پیتوت با خطای 0/1 میلی‌متر اندازه‌گیری شد. گفتنی است که محدوده‌ی فراسنج بی‌بعد  $H/a$  از 3-16 متغیر می‌باشد. شکل (2) نقاط مختلف برداشت سرعت روی سرریز و زیر دریاچه‌ی در شبیه ترکیبی را به‌صورت طرح‌واره نشان می‌دهد.

بالادست جریان به قطر سازه) و  $H/a$  (نسبت عمق بالادست جریان به بازشدگی دریاچه) ثابت، ضریب بدهی سرریز - دریاچه نیم استوانه‌ای با انحنا رو به پایین دست بیشتر از ضریب بده سرریز- دریاچه‌ی نیم استوانه‌ای با انحنا به سمت بالادست است. اسماعیلی (1390) با جداسازی جریان سرریز از دریاچه‌ی در شبیه ترکیبی سرریز- دریاچه‌ی لبه تیز، و بررسی خصوصیات جریان در این شبیه نتیجه گرفت که با افزایش فراسنج بی بعد  $H/D$  ضریب بدهی دریاچه‌ی، سرریز و سرریز- دریاچه افزایش می‌یابد. قره‌گزلو و همکاران (1391) به بررسی آزمایشگاهی ضریب بدهی شبیه ترکیبی سرریز - دریاچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای در نهرهای کوچک پرداختند و نتیجه گرفتند در یک  $H/D$  ثابت، ضریب بدهی استوانه کامل تقریباً برابر با ضریب بدهی نیم‌استوانه با انحنا در بالادست و حدود 12 درصد بیشتر از ضریب بدهی نیم‌استوانه با انحنا در پایین دست است. مسعودیان و قره‌گزلو (2012)، با بررسی خصوصیات جریان روی سرریزهای استوانه‌ای ( سرریز بدون دریاچه) در نهرهای کوچک نتیجه گرفتند ضریب بده با افزایش فراسنج بی‌بعد  $Hw/R$  (بار آبی روی سرریز به شعاع سرریز) افزایش می‌یابد. همچنین، تحقیقات مسعودیان و همکاران (2012) در مورد تاثیر فراسنجهای آبی و هندسی برای ضریب بدهی دریاچه‌های استوانه‌ای در حالت استفاده جداگانه (دریاچه‌ی بدون سرریز) نشان دادند که با افزایش فراسنجهای بی‌بعد  $H/a$  و  $H/D$  ضریب بده ابتدا با شیب زیاد سپس با شیب ملایمتری افزایش یافته، و در نهایت به سمت ثابت شدن میل می‌نماید.



شکل (1) شکل و اجزای نهر پایه‌دار آزمایشگاهی مورد استفاده.



شکل (2) نمایش شبکه بندی مقطع عبور جریان روی سرریز و زیر دریچه.

$$Q = \iint_A V dA = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij} A_{ij} \quad (4)$$

که در رابطه‌ی فوق:

$V$ : اندازه‌ی سرعت جریان در بنپار  $dA$

$n$ : معرف تعداد نقاط برداشت سرعت روی سرریز یا

زیر دریچه‌ی در جهت عرض نهر پایه‌دار برابر با 12 نقطه

$m$ : معرف تعداد نقاط برداشت شده سرعت در راستای

ارتفاعی می‌باشد. برای سرریز بر اساس اندازه‌ی عمق آب

روی سرریز راستای ارتفاعی به فاصله‌های مساوی یک

سانتی‌متری و برای دریچه‌ی، زیر دریچه‌ی بر اساس

اندازه‌ی باز شدگی به فاصله‌های مساوی تقسیم شد.

### نتایج و بحث

در این بخش پس از پالایش داده‌ها، ضریب بدهی هر

سه حالت دریچه‌ی، سرریز و سرریز - دریچه‌ی به ترتیب از

روابط (1، 2 و 3) محاسبه شده و در برابر فرانسجهای بی

بعد  $H/a$  و  $H/D$  ترسیم، مقایسه و بحث گردید.

بررسی شکل‌های (3) تا (7) بیانگر آن است که با

افزایش فرانسجهای بی‌بعد  $H/a$  و  $H/D$  ضریب بدهی برای

قطر 110 میلی‌متر افزایش یافته، ولی زمانی که قطر سازه

بیشتر می‌گردد، روند تغییرات ضریب بدهی را می‌توان در دو

ناحیه‌ی متفاوت دسته‌بندی کرد: در ناحیه‌ی اول، که

مربوط به  $H/a$  و  $H/D$  های پایین بوده، برای قطر 160

میلی‌متر ضریب بدهی تقریباً ثابت، و برای دو قطر 200 و

250 میلی‌متر روند کاهشی دارد؛ ولی در ناحیه‌ی دوم،

برای سه قطر 160، 200 و 250 میلی‌متر همانند قطر 110

میلی‌متر با افزایش هر دو فرانسج بی‌بعد  $H/a$  و  $H/D$

ضریب بدهی روند افزایشی دارد. این در حالی است که نتایج

محققان پیشین، از جمله نجم و همکاران (2002) برای

### مبانی نظری

رابطه‌ی بدهی عبوری از دریچه‌ی به صورت زیر

می‌باشد (حسینی و ابریشمی، 1382):

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

که در آن رابطه‌ی  $Q_g$  بدهی عبوری از زیر دریچه‌ی،

$C_{dg}$  ضریب آگذری دریچه‌ی،  $a$  اندازه‌ی بازشدگی

دریچه‌ی،  $b$  عرض نهر،  $H$  عمق جریان در بالادست

دریچه‌ی و  $g$  شتاب ثقل است.

بوس (1976) رابطه‌ی بدهی را در سرریزهای استوانه‌ای

به صورت زیر پیشنهاد نمود:

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

که در آن  $Q_w$  بدهی عبوری از سرریز استوانه‌ای،  $H_w$

ارتفاع آب روی سرریز و  $C_{dw}$  ضریب آگذری سرریز است.

اندازه‌ی ضریب بدهی سازه ترکیبی سرریز - دریچه‌ی

به صورت زیر می‌باشد:

$$C_d = \frac{Q_s}{ab \sqrt{2gH} + \frac{2}{3} b \sqrt{\frac{2}{3}} g H_w^{1.5}} \quad (3)$$

که در آن  $Q_s$  و  $C_d$  به ترتیب بدهی عبوری از شبیه

ترکیبی و ضریب بدهی شبیه ترکیبی می‌باشند. که  $Q_s$

مجموع بدهی عبوری از روی سرریز و زیر دریچه‌ی است که

از رابطه‌ی زیر بر اساس نیمرخهای برداشت شده به دست

آمد:

شیب آن به تدریج کم می‌شود، که ناشی از کاهش رشد ضریب بدهی سرریز و دریچه‌ی می‌باشد. همچنین، مقایسه‌ی سه شکل نشان می‌دهد که در یک  $H/a$  ثابت، با افزایش بازشدگی دریچه اختلاف ضریب بدهی سرریز - دریچه با ضریب بدهی سرریز زیاد، و با ضریب بدهی دریچه کم می‌شود. دلیل این موضوع این گونه بیان می‌گردد که با افزایش بازشدگی در شبیه سرریز - دریچه، سهم بدهی عبوری از دریچه بیشتر از سهم بدهی عبوری از سرریز شده، و در نتیجه ضریب بدهی سرریز - دریچه به ضریب بدهی دریچه نزدیکتر می‌گردد.

بررسی شکل‌های (7)، (11) و (12) نشان می‌دهد که در یک  $H/a$  (نسبت عمق بالادست به بازشدگی دریچه) ثابت، با افزایش قطر سازه (ارتفاع سازه) ضریب بدهی دریچه‌ی در شبیه ترکیبی سرریز - دریچه افزایش، و در سرریز و سرریز - دریچه (قسمتی از نمودار که ضریب بدهی دارای روند افزایشی می‌باشد) در شبیه ترکیبی در یک  $H/a$  ثابت، با افزایش قطر ضریب بدهی کاهش می‌یابد. می‌توان این گونه تحلیل نمود که برای دریچه در یک  $H/a$  ثابت، با افزایش قطر سازه، شعاع انحنای خطوط جریان افزایش یافته، در نتیجه از اندازه‌ی افت ورودی کاسته شده، و ضریب بدهی افزایش می‌یابد؛ ولی در مورد سرریز و سرریز - دریچه در یک  $H/a$  ثابت، با افزایش قطر سازه (ارتفاع سازه) از میزان بار آبی روی سرریز کاسته شده، و در نتیجه (با توجه به این موضوع که ضریب بدهی سرریز استوانه‌ای در بارهای آبی پایین کم می‌باشد) ضریب بدهی سرریز و سرریز - دریچه کاهش می‌یابد.

شکل‌های (3) تا (6)، (13) و (14) تاثیر افزایش بازشدگی را بر میزان ضریب بدهی هر یک از سه سازه سرریز، دریچه و سرریز - دریچه در شبیه ترکیبی نشان می‌دهد. با توجه به این شکل‌ها، برای هر سه سازه دو ناحیه‌ی متفاوت را می‌توان در نظر گرفت (ناحیه‌ی اول مربوط به  $H/D$  های کم، و ناحیه‌ی دوم مربوط به  $H/D$  های زیاد). در ناحیه‌ی اول در یک  $H/D$  ثابت، با افزایش بازشدگی دریچه، ضریب بدهی دریچه و سرریز - دریچه افزایش یافته، ولی ضریب بدهی سرریز کاهش می‌یابد؛ از طرفی دیگر، در ناحیه‌ی دوم، در یک  $H/D$  ثابت، با افزایش

سایر سرریز - دریچه‌ها (مثلثی، مستطیلی، لبه تیز و...) نشان می‌دهد، با افزایش فراسنجهای بی بعد فوق، ضریب بدهی افزایشی می‌باشد. می‌توان این گونه تحلیل نمود که در شبیه سرریز - دریچه‌ی استوانه‌ای در  $H/a$  و  $H/D$  های پایین، تیغه جریان از روی سرریز به زیر استوانه کشیده می‌شود، که این خلاف جهت جریان عبوری از دریچه‌ی است. بنابراین، روی جریان دریچه‌ی یک فشار مثبت ایجاد می‌شود، که سبب کاهش ضریب بدهی می‌گردد، ولی با افزایش  $H/a$  و  $H/D$ ، اندازه‌ی عمق و سرعت آب روی سرریز بیشتر شده و تیغه‌ی جریان کمتر وارد زیر استوانه می‌گردد؛ در نتیجه، جهت جریان ریزشی از سرریز هنگام برخورد با جریان عبوری از دریچه‌ی همسو، و این سبب افزایش ضریب بدهی شبیه ترکیبی می‌شود. نکته‌ی دیگری که می‌توان به آن اشاره نمود این است که در ناحیه‌ی اول، افزایش قطر سبب تشدید کاهش ضریب بدهی گشته، که این ناشی از افزایش مسیر پیمایش جریان سرریز در خلاف جهت در زیر دریچه می‌باشد.

با توجه به شکل‌های (8) تا (10)، که تغییرات ضریب بدهی سه سازه سرریز، دریچه‌ی و سرریز - دریچه‌ی را در برابر فراسنج بی بعد  $H/a$  (نسبت عمق بالادست به بازشدگی دریچه‌ی) را در سه بازشدگی مختلف 22، 44 و 66 میلی‌متر را برای قطر 160 نشان می‌دهند، می‌توان گفت که در هر سه بازشدگی دریچه‌ی، ضریب بدهی دریچه در شبیه ترکیبی سرریز - دریچه (دریچه همراه با سرریز) با افزایش  $H/a$  کاهش می‌یابد. در صورتی که قره‌گزلو و همکاران (1390) در تحقیقات خود نشان دادند روند تغییرات ضریب بدهی دریچه‌های استوانه‌ای بدون سرریز با افزایش فراسنج  $H/a$ ، عکس این حالت بوده و روند افزایشی دارد. علت این موضوع را این گونه می‌توان تحلیل نمود که جریان عبوری از دریچه، به علت برخورد با جریان ریزشی از سرریز با یک مقاومت مواجه گشته، و از طرفی دیگر با افزایش عمق آب بالادست و در نتیجه افزایش بدهی عبوری از شبیه ترکیبی، عمق آب در پایین دست سازه افزایش یافته، و دریچه‌ی حالت مستغرق به خود گرفته، و از میزان ضریب بدهی کاسته می‌گردد. ضریب بدهی سرریز ابتدا روند صعودی داشته و نهایتاً ثابت می‌گردد. در شبیه ترکیبی سرریز - دریچه با افزایش  $H/a$ ، ضریب بدهی افزایش یافته، و

اولاً، ضریب بدهی سرریز - دریچه استوانه‌ای در نهرهای بزرگ بیشتر از نهرهای کوچک بوده؛ ثانیاً، محدوده‌ی تغییرات ضریب بدهی در نهرهای کوچک نسبت به نهرهای بزرگ بیشتر می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان در نیمرخ توزیع سرعت لایه‌ی مرزی جستجو کرد. در واقع، تأثیر لزجت، کشش سطحی و جداره‌های نهر بر جریان عبوری در نهرهای کوچک و بده‌های کم، زیاد شده و سبب کاهش زیادی در  $C_d$  جریان می‌شود. لذا نیاز است تا در بررسی‌های آینده این موضوع به تفصیل بررسی گردد.

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهند که ضریب بدهی با افزایش فراسنجهای بی‌بعد  $H/a$  و  $H/D$  در بده‌های کم، به علت ورود جریان سرریز به زیر دریچه، روند کاهشی داشته، سپس با افزایش بده، به علت همسو شدن جریان عبوری از روی سرریز با جریان دریچه، ضریب بدهی افزایش می‌یابد. همچنین، در شبیه‌سازی ترکیبی سرریز - دریچه روند تغییرات ضریب بدهی سرریز با افزایش فراسنجهای بی‌بعد  $H/a$  و  $H/D$  ابتدا افزایشی بوده، سپس به سمت ثابت شدن میل می‌نماید؛ در حالی که برای دریچه روند تغییرات به صورت کاهشی است، و در یک  $H/a$  ثابت، با افزایش قطر سازه، ضریب بدهی سرریز و سرریز - دریچه کاهشی، و ضریب بدهی دریچه‌ی افزایشی می‌باشد. برای بده‌های کم در یک  $H/D$  ثابت، با افزایش بازشدگی ضریب بدهی دریچه و سرریز - دریچه افزایش یافته، و ضریب بدهی سرریز کاهش می‌یابد؛ در حالی که در بده‌های زیاد، با افزایش بازشدگی، ضریب بدهی دریچه و سرریز - دریچه کاهش یافته، و ضریب بدهی سرریز تقریباً ثابت می‌گردد.

بازشدگی دریچه، ضریب بدهی دریچه‌ی و سرریز - دریچه کاهش یافته، و ضریب بدهی سرریز تقریباً ثابت می‌گردد. با استفاده از نرم افزار Solver Excel، رابطه‌ی جهت تعیین ضریب بدهی در سرریز - دریچه استوانه‌ای به صورت رابطه‌ی (5) ارائه شده است. این رابطه از طریق بهینه‌سازی و براساس وایازی غیرخطی به دست آمد. برای صحت‌سنجی از 20 درصد داده‌ها جهت تعیین ضریب بدهی صرف‌نظر گردید، و معادله بر اساس 80 درصد باقیمانده به دست آمد، سپس با 20 درصد صرف‌نظر شده صحت‌سنجی شد.

$$C_d = 0.554(H/a)^{0.156}(H/D)^{0.262} \quad (5)$$

$$R^2 = 0.82, \text{Error} = 2.6\%$$

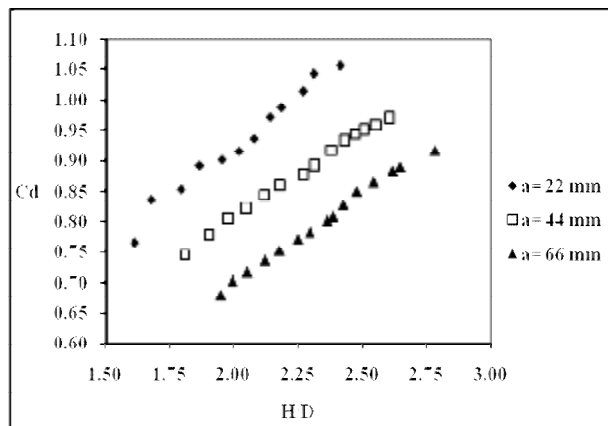
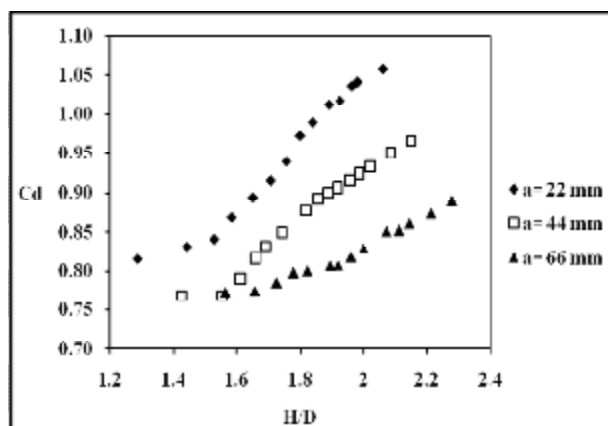
رابطه‌ی (5) نشان می‌دهند که ضریب بدهی به فراسنج بی‌بعد  $H/D$ ، حساسیت بیشتری نسبت به  $H/a$  داشته که علت آن بیشتر بودن  $H/D$  می‌باشد.

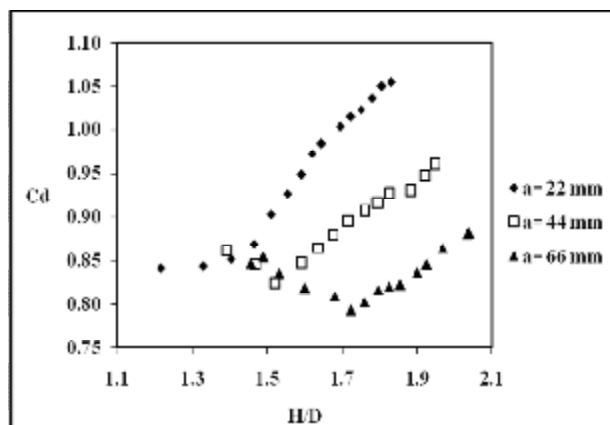
### مقایسه نتایج با دستاوردهای دیگر پژوهشگران

جدول (1) نشان می‌دهد که ضریب بدهی سرریز - دریچه استوانه‌ای بیشتر از ضریب بدهی سایر شبیه‌های ترکیبی سرریز - دریچه می‌باشد. می‌توان این گونه بیان نمود که در سازه‌های استوانه‌ای، به دلیل انحنای خطوط جریان، افت ورودی کمتر بوده، و همچنین، به علت چسبیدن جریان به بدنه‌ی سازه، مکش بیشتر شده، و ضریب بدهی افزایش می‌یابد. همچنین، مقایسه‌ی تحقیق حاضر با مطالعات قره‌گزلو و همکاران (1391)، که به بررسی ضریب بدهی سرریز - دریچه استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در نهرهای کوچک پرداختند، نشان می‌دهد که

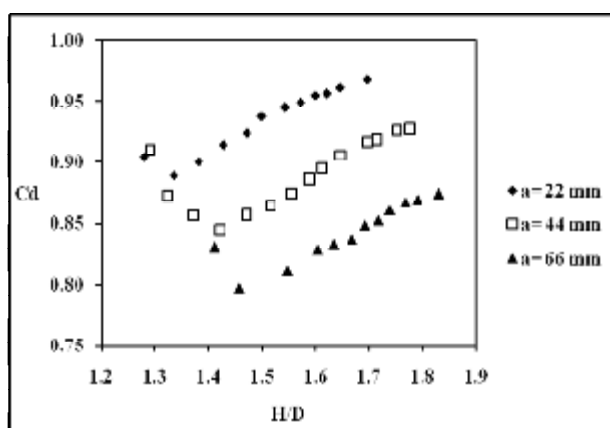
جدول (1) مقایسه‌ی محدوده‌ی ضریب بدهی به‌دست آمده در تحقیق حاضر با نتایج دیگر پژوهشگران

پژوهشگر	موضوع	محدوده آزمایش	نتیجه
رضویان و حیدرپور، 1386	بررسی جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریچه‌ی مستطیلی بدون فشردگی و لبه‌ی تیز	$3 < H/a < 7$ $2 < b/a < 4.5$ $1.5 < y/a < 2.67$	محدوده‌ی ضریب بدهی: $0.55 < C_d < 0.61$
نجم و همکاران، 2002	بررسی جریان ترکیبی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و دریچه‌ی مستطیلی با فشردگی جانبی	$2.5 < H/a < 7.6$ $0.647 < b/a < 5$ $0.473 < y/a < 4$	محدوده‌ی ضریب بدهی: $0.51 < C_d < 0.68$
قره‌گزلو و همکاران، 1391	بررسی ضریب بدهی جریان سرریز - دریچه استوانه‌ای و سرریز - دریچه‌ی نیم‌استوانه‌ای در نه‌رهای کوچک	$5.5 < H/a < 13$	محدوده‌ی ضریب بدهی: $0.38 < C_d < 0.96$
تحقیق حاضر	بررسی ضریب بدهی جریان سرریز - دریچه استوانه‌ای	$3 < H/a < 16$	محدوده‌ی ضریب بدهی: $0.75 < C_d < 1.05$

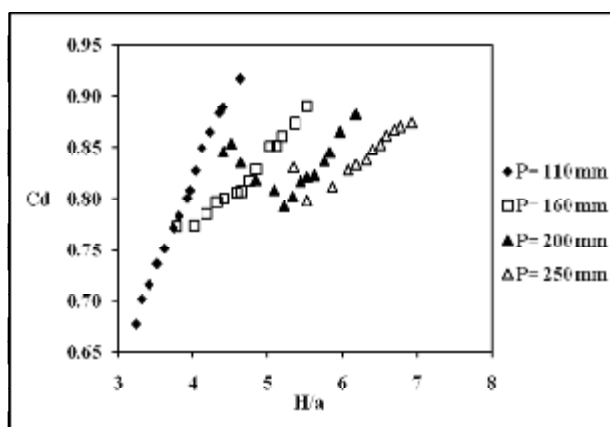
شکل (3) تغییرات ضریب بدهی در برابر فراسنج بی بعد  $H/D$  برای قطر 110 میلی‌متر.شکل (4) تغییرات ضریب بدهی در برابر فراسنج بی بعد  $H/D$  برای قطر 160 میلی‌متر.



شکل (5) تغییرات ضریب بدهی در برابر فراسنج بی بعد  $H/D$  برای قطر 200 میلی‌متر.

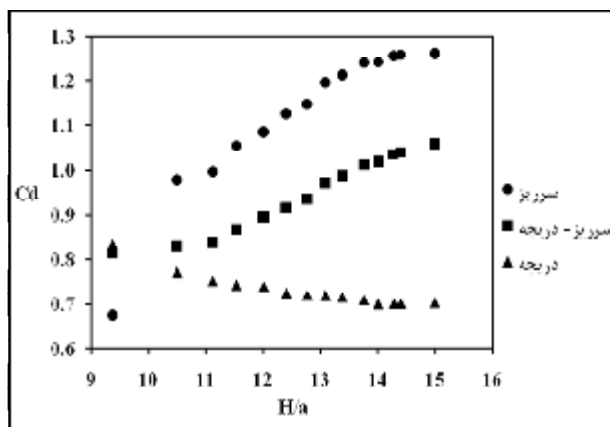


شکل (6) تغییرات ضریب بدهی در برابر فراسنج بی بعد  $H/D$  برای قطر 250 میلی‌متر.

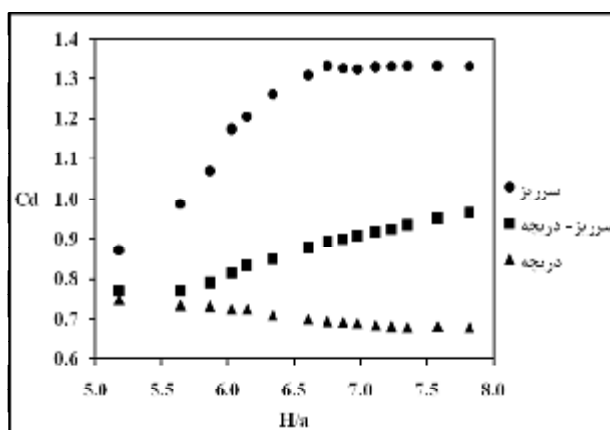


شکل (7) تغییرات ضریب بدهی در برابر فراسنج بی بعد  $H/a$  برای بازشدگی 66 میلی‌متر.

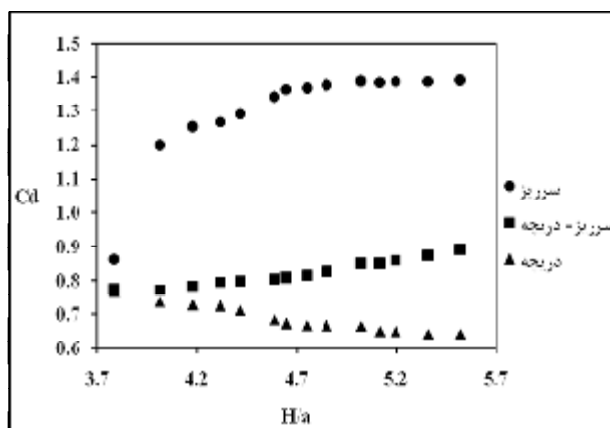




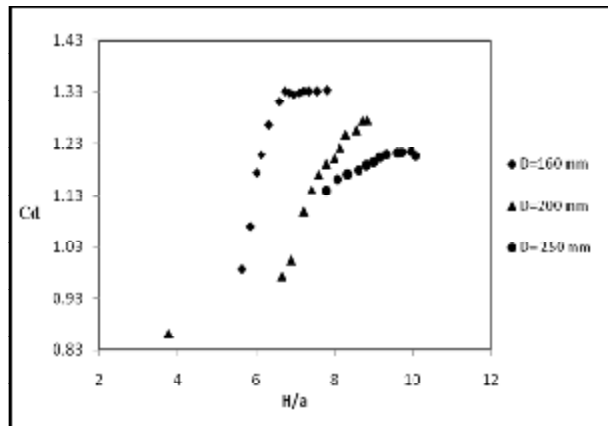
شکل (8) تغییرات ضریب بده در برابر فراسنج بی بعد  $H/a$  برای قطر 160 میلی‌متر در بازشدگی 22 میلی‌متر.



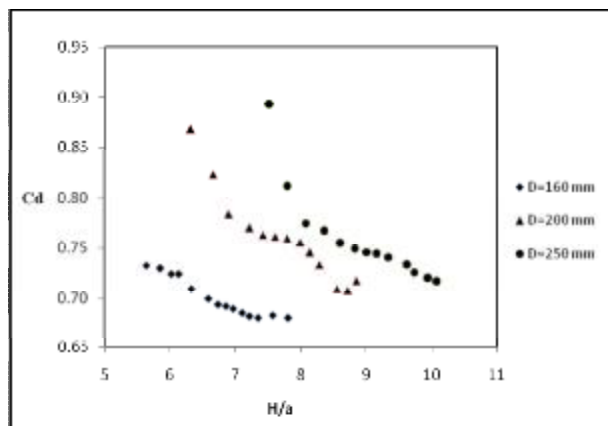
شکل (9) تغییرات ضریب بده در برابر فراسنج بی بعد  $H/a$  برای قطر 160 میلی‌متر در بازشدگی 44 میلی‌متر.



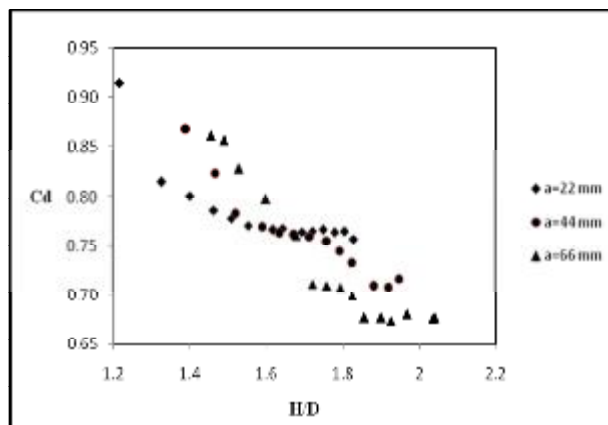
شکل (10) تغییرات ضریب بده در برابر فراسنج بی بعد  $H/a$  برای قطر 160 میلی‌متر در بازشدگی 66 میلی‌متر.



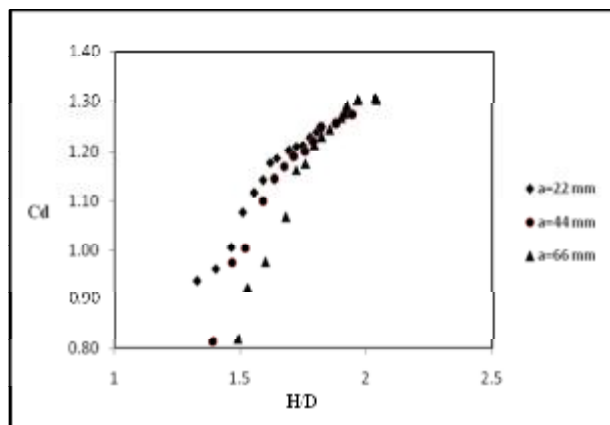
شکل (11) تغییرات ضریب بده سرریز در برابر فراسنج بی بعد  $H/a$ .



شکل (12) تغییرات ضریب بده دریچه در برابر فراسنج بی بعد  $H/a$ .



شکل (13) تغییرات ضریب بده دریچه در برابر فراسنج بی بعد  $H/D$ .



شکل (14) تغییرات ضریب بدهی سرریز در برابر فراسنج بی بعد  $H/D$ .

استوانه‌ای در نهرهای کوچک. مجله پژوهش‌های آب و خاک گرگان.

7. مسعودیان، م، م، قره‌گزلو، ف، نادری، و ن. فندرسکی. 1390. هیدرولیک جریان مستغرق در شبیه ترکیبی سرریز- دريچه‌ی نیم استوانه‌ای. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

8. Bos, M.G. 1976. Discharge measurement structures. International Institute for Land Reclamation and Implement. LIRI Wageningen. The Netherlands.4: 107- 126.
9. Ferro, V. 2000. Simultaneous flow over and under gate. J. Irrig. Drain. Div. 126:190-193.
10. Hayawi, H.A.M., A.A.G. Yahia, and G.A.M. Hayawi. 2008. Free combined flow over a triangular weir and under rectangular gate. Damascus University Journal. 24: 9-22.
11. Negm, A.M., A.A. El-Saiad, A.A. Alhamid, and D. Husain. 1994. Characteristics of simultaneous flow over weirs and below inverted V-notches gate. Civil Eng. Res. Magazine (CERM). Civil Eng. Dept. Faculty of Eng. Al-Azhar Univ. Cairo, Egypt. 16:786-799.
12. Negm, A.M., A.A. El-Saiad, and O.K. Saleh. 1997. Characteristics of combined flow over weirs and below submerged gates. Proc. of Al-Mansoura Eng. 2nd Int. Conf. (MEIC'97). Faculty of Eng. Al-Mansoura University. Al-Mansoura, Egypt. 3b: 259-272.
13. Negm, A.M., A.M. Al-Brahim, and A.A. Alhamid. 2002. Combined free flow over

### تقدیر تشکر

بدین وسیله از مساعدتهای مسؤولین آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه بوخوم آلمان به منظور فراهم کردن امکانات لازم جهت انجام آزمایشهای قدردانی و تشکر می‌گردد.

### منابع

1. اسماعیلی ک، 1390. مطالعه‌ی تغییرات هندسی مقطع اندازه‌گیری بر اصلاح الگوی جریان برای افزایش ضریب- تخلیه سامانه‌ی دو واپاشی جریان در مجاری روباز. مجله مهندسی آبیاری و آب. 2(3): 71-81.
2. حسینی س. م، ابریشمی ج، 1382. هیدرولیک نهرهای باز. انتشارات آستان قدس رضوی مشهد. ایران. 218-238.
3. رضویان س.ج، حیدریور م، 1386. بررسی ضریب بدهی در شبیه ترکیبی سرریز- دريچه لبه‌تیز. ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه شهرکرد، ایران.
4. صفار، س، م. کاشفی‌پور. 1387. تخمین بدهی در شبیه سرریز - دريچه‌ی با استفاده از شبیه شبکه‌های عصبی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز. ایران.
5. فیض‌الله، ف، م. قدسیان، و ا. دهقانی. 1385. بررسی آزمایشگاهی بر روی ضریب تخلیه جریان هم‌زمان دريچه و سرریز جانبی در خم 180 درجه. مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.
6. قره‌گزلو، م، م. مسعودیان، س.ع. صالحی نیشابوری، ف. نادری، و ا. سوری، 1391. بررسی آزمایشگاهی ضریب بدهی شبیه ترکیبی سرریز- دريچه استوانه‌ای و نیم-

- weirs and below gates. *J. Hydraul. Res.* 40: 359-365.
14. Masoudian, M., and M. Gharahgezlou. 2012. Flow characteristics of cylindrical weirs in a small laboratory canal. *J. sci. Data Report.*4:13-23.
  15. Masoudian, M., M. Gharahgezlou, and B. Haber. 2012. The impact of hydraulic and geometric parameters on the cylindrical gate discharge coefficient. *J. of Innova Scientia*, 4:32-39.
  16. Samani, J.M.V., and M. Mazaheri. 2009. Combined flow over weir and under gate. *J. Hydraul. Eng.* 135: 224-227.