

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

## بررسی آزمایشگاهی تأثیر تغییر عرض کانال بر ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی

محمود کریمی<sup>۱</sup>، محمد رضا جلیلی قاضی زاده<sup>۲</sup>، مجتبی صانعی<sup>۳</sup>، جلال عطاری<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری عمران-آب دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۲و۳- استادیار دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۴- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

Mah\_karimi@sbu.ac.ir

### خلاصه

سرریز جانبی از جمله سازه‌های هیدرولیکی کاربردی در سیستم‌های آبیاری و زهکشی و کانال‌های فاضلاب می‌باشد. تاکنون تحقیقات زیادی بر روی تعیین ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی انجام شده است. در مطالعات انجام شده تأثیر تغییر عرض کانال اصلی بر ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق، سه سرریز جانبی مستطیلی با ارتفاع متفاوت بر روی کانالی با عرض‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهند که کم شدن عرض کانال اصلی به دلیل کم کردن زاویه برخورد جریان خروجی و محدود کردن جریان ثانوی، تأثیر کاهشی بر ضریب دبی سرریز جانبی دارد. همچنین رابطه‌ای با در نظر گرفتن تأثیر عرض کانال اصلی برای محاسبه ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی ارائه شد.

کلمات کلیدی: سرریز جانبی، ضریب دبی، رابطه دی‌مارچی، خطوط جریان

### ۱. مقدمه

سرریز جانبی، سرریزی است که در دیواره جانبی کانال و موازی با محور اصلی کانال قرار گرفته و برای انتقال بخشی از دبی عبوری استفاده می‌شود. این نوع سرریز در سیستم‌های آبیاری و زهکشی، کانال‌های انتقال آب و سیستم‌های فاضلاب کاربرد بسیاری دارد [۱]. محاسبه ضریب دبی سرریز جانبی از موضوعات تحقیق مورد توجه در دهه‌های اخیر بوده است و افراد مختلف روش‌های متفاوتی برای محاسبه ضریب دبی سرریز جانبی استفاده کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به استفاده از رابطه سرریز مستقیم توسط باقری و همکاران [۲] و استفاده از روش دبی المانی توسط سوامی و همکاران [۳] اشاره کرد. دی مارچی بر اساس فرض انرژی مخصوص ثابت در طول سرریز جانبی، رابطه‌ای برای محاسبه ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی ارائه داد [۴]:

$$C_M = \frac{3}{2} \frac{B}{L} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad (1)$$

که در آن  $C_M$  ضریب دبی،  $B$  عرض کانال اصلی،  $L$  عرض سرریز جانبی و  $\Phi$  تابعی که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\Phi = \frac{yE - yW}{E - W} \sqrt{\frac{E - y}{y - W}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E - y}{y - W}} \quad (2)$$

که در آن  $E$  انرژی مخصوص،  $W$  عمق جریان و  $W$  ارتفاع سرریز می‌باشد. شماره ۱ و ۲ به ترتیب مربوط به بالادست و پایین دست سرریز جانبی است. تحقیقات زیادی بر روی تعیین ضریب دبی سرریز جانبی انجام شده است که می‌توان به تحقیقات سابرامانیا و آواستی [۵]، رانگا راجو و همکاران [۶]، سینگ و همکاران [۷]، برقی و همکاران [۸]، چیونگ [۹] و جلیلی و همکاران [۱۰] اشاره کرد. همچنین پاریس و همکاران [۱۱] به بررسی کاربرد رابطه دیمارچی در بستر متحرک پرداختند. اگرچه رابطه دیمارچی برای سرریز مستطیلی ساده توسعه داده شده است اما تحقیقاتی بر

روی سرریزهای کنگره‌ای جانبی نیز با استفاده از رابطه دیمارچی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات پروانه و همکاران [۱۲]، برقی و همکاران [۱۳] و امیر اوغلو و همکاران [۱۴] اشاره کرد.  
جدول ۱ برخی از روابط محققان مختلف را برای تعیین ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی نشان می‌دهد. روابط ارائه شده اختلاف زیادی با یکدیگر دارند که دلیل آن تفاوت در اندازه‌گیری و نحوه محاسبه ضریب دبی است [۱۵].

جدول ۱- برخی از روابط پیشنهاد شده برای محاسبه ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی

رابطه ارائه شده	محقق
$C_M = 0.1864 \frac{\sqrt{1 - Fr_1^2}}{\sqrt{2 + Fr_1^2}}$	سابرامانیا و آواستی [۵]
$C_M = 0.181 - 0.16 Fr_1$	رانگا راجو و همکاران [۶]
$C_M = 0.33 - 0.18 Fr_1 + 0.49 \left(\frac{W}{y_1}\right)$	سینگ و همکاران [۷]
$C_M = 0.17 + 0.48 Fr_1 - 0.13 \left(\frac{W}{y_1}\right) + 0.06 \left(\frac{L}{B}\right)$	برقی و همکاران [۸]
$C_M = 0.171 - 0.141 Fr_1 - 0.122 \left(\frac{W}{y_1}\right)$	جلیلی و همکاران [۱۰]

در روابط ارائه شده ضریب دبی سرریز جانبی، بیشتر به عامل عدد فرود بالادست ( $Fr_1$ ) کانال توجه شده است. تاثیر پارامتر بی بعد عمق  $(W/y_1)$  نیز در بعضی روابط مورد بررسی قرار گرفته است. پارامتر بدون بعد مربوط به نسبت عرض سرریز جانبی به عرض کانال اصلی ( $L/B$ ) در روابط کمتری مشاهده می‌شود و در آن روابط با ثابت بودن عرض کانال اصلی و تغییر عرض سرریز جانبی نسبت بی بعد تغییر می‌کند. تاثیر تغییر عرض کانال اصلی بر دبی سرریز جانبی در تحقیقات گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته است.  
در این تحقیق، سه سرریز جانبی مستطیلی با ارتفاع مختلف بر روی کانالی با عرض متغیر مورد آزمایش قرار گرفتند و تاثیر عرض کانال بر ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی مورد بررسی قرار گرفت و روابطی برای تعیین ضریب دبی ارائه شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. آنالیز ابعادی

پارامترهای موثر بر ضریب دبی سرریز جانبی شامل خصوصیات جریان از جمله سرعت بالادست سرریز ( $v_1$ )، سرعت پایین دست سرریز ( $v_2$ )، عمق آب بالادست ( $y_1$ )، عمق آب پایین دست ( $y_2$ ) و شتاب ثقل ( $g$ ) است. خصوصیات هندسی شامل طول سرریز ( $L$ )، ارتفاع سرریز ( $W$ )، عرض کانال اصلی ( $B$ ) و ضریب زبری مانینگ ( $n$ ) می‌باشد. خصوصیات مربوط به سیال هم شامل لزجت دینامیکی ( $\mu$ )، کشش سطحی ( $\sigma$ )، جرم حجمی سیال ( $\rho$ ) می‌باشد. پارامترهای ذکر شده به صورت زیر خلاصه می‌شوند:

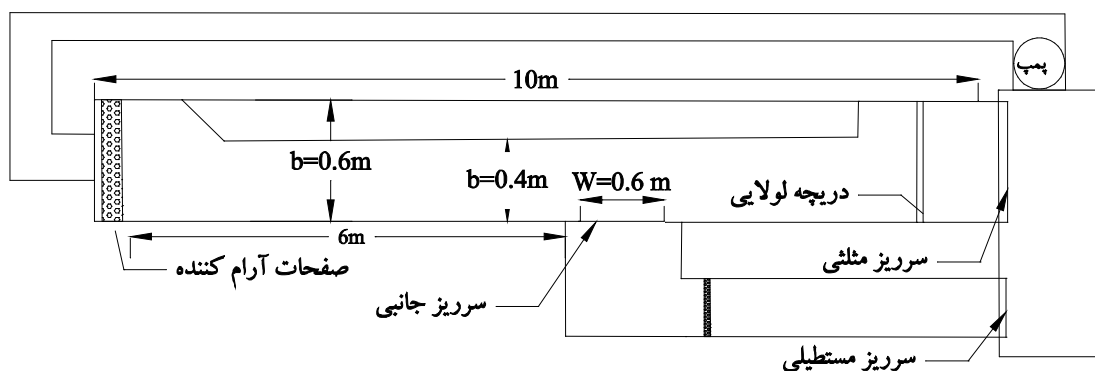
$$f = \left( v_1, v_2, y_1, y_2, g, L, W, B, n, \mu, \sigma, \rho, C_M \right) \quad (3)$$

در جریان آشفته تاثیر لزجت قابل صرف نظر کردن است. همچنین اگر ارتفاع آب روی سرریز از ۳ سانتی متر بیشتر باشد تاثیر کشش سطحی نیز ناچیز است. با صرف نظر کردن از سرعت و عمق پایین دست سرریز و ترکیب متغیرهای بدون بعد، پارامترهای موثر بر ضریب دبی سرریز جانبی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$C_M = f \left( Fr_1, \frac{L}{W}, \frac{L}{y_1}, \frac{L}{B}, \frac{y_1}{W}, \frac{W}{B}, \frac{B}{y_1} \right) \quad (4)$$

## ۲-۲. تجهیزات آزمایشگاهی

این آزمایش در یک کانال به طول ۱۰ متر و عرض و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر انجام شده است. عرض کانال برای نیمی از آزمایش‌ها با استفاده از یک دیواره فلزی به ۴۰ سانتی‌متر کاهش داده شد. در انتهای کانال اصلی یک دریچه لولایی برای تنظیم سطح آب استفاده شد. برای اندازه‌گیری دبی کانال اصلی از یک سرریز مثلثی کالیبره شده مورد استفاده قرار گرفت. سرریزهای جانبی با ارتفاع‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر از جنس شیشه با ضخامت ۴ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. دبی سرریز جانبی پس از انتقال به کانال جانبی به وسیله یک سرریز مستطیلی کالیبره شده اندازه‌گیری شده است. پروفیل سطح آب به وسیله یک عمق‌سنج دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و سرعت دو بعدی با استفاده از یک سرعت‌سنج مغناطیسی با دقت ۰/۰۰۱ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد. شکل ۱ تصویر شماتیک از فلوم آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نمای کلی از کانال آزمایشگاهی

در این تحقیق تعداد ۸۵ آزمایش برای اندازه‌گیری ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی با خصوصیات جریان متفاوت انجام شده است. جدول ۲ مشخصات پارامترهای هندسی و هیدرولیکی آزمایش‌ها را نشان می‌دهد.

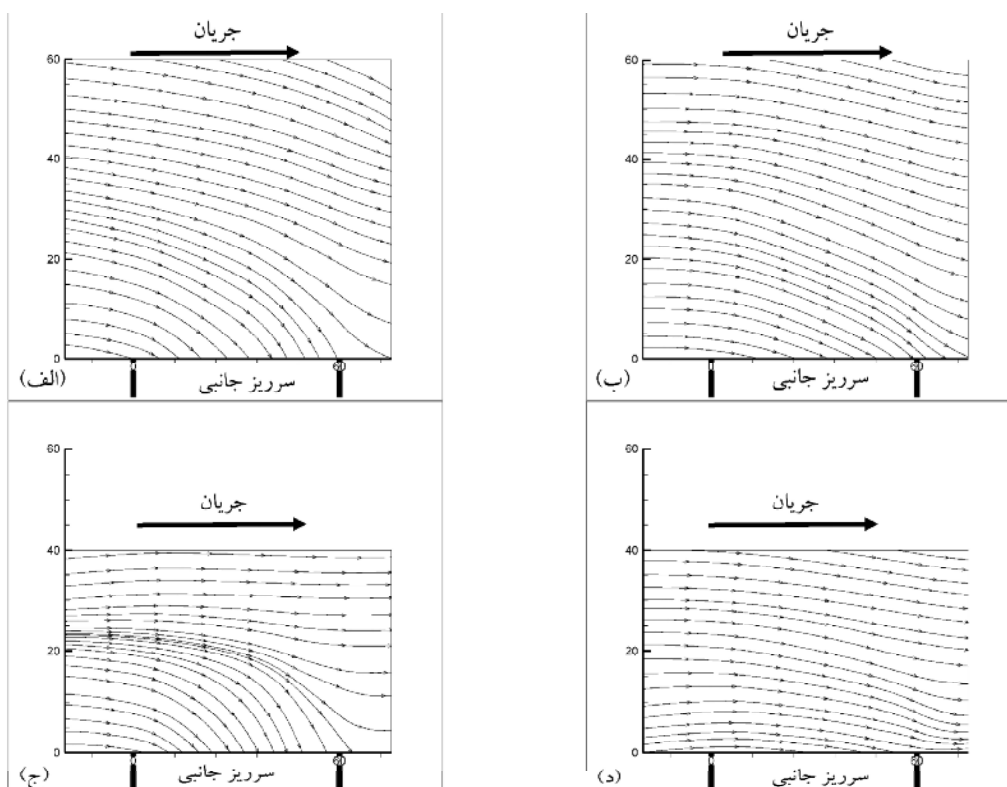
جدول ۲- محدوده تغییرات پارامترهای هندسی و هیدرولیکی آزمایش

$Fr_1$	$y_1/W$	$L(cm)$	$L(cm)$	$W(cm)$	$B(cm)$	نوع سرریز
۰/۱-۰/۷	۱/۲-۳/۸	۶۰	۶۰	۵، ۱۰، ۱۵	۴۰، ۶۰	مستطیلی

## ۳. نتایج و بحث

### ۳-۱. خطوط جریان

پس از اندازه‌گیری سرعت دو بعدی در جهت محور کانال اصلی و عمود بر تاج سرریز جانبی، خطوط جریان در عمق‌های مختلف ترسیم شدند. شکل ۲ خطوط جریان را در سطح آب و عمق  $(y_1/y_1 = 0/8)$  برای دو عرض کانال اصلی ۶۰ و ۴۰ سانتی‌متر نشان می‌دهد. دبی و عمق آب برای هر دو آزمایش یکسان و به ترتیب برابر ۳۰ لیتر بر ثانیه و ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد.



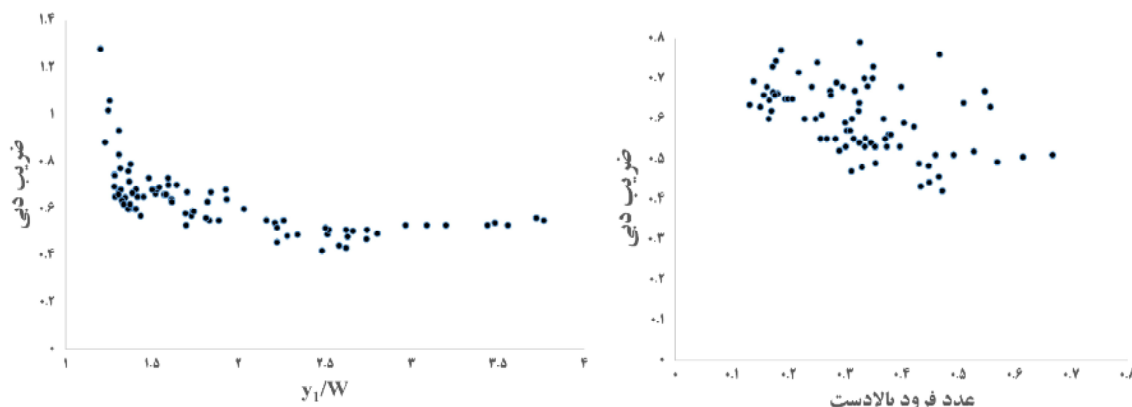
شکل ۲- خطوط جریان برای (الف) سطح آب در عرض کانال ۶۰ سانتی‌متر (ب) عمق  $(y_1/y_2 = 0.8)$  در عرض کانال ۶۰ سانتی‌متر (ج) سطح آب در عرض کانال ۴۰ سانتی‌متر (د) عمق  $(y_1/y_2 = 0.8)$  در عرض کانال ۴۰ سانتی‌متر

بر اساس شکل ۱ برای هر دو کانال با عرض ۶۰ و ۴۰ سانتی‌متر اگرچه خطوط جریان در نیمه مقابل سرریز جانبی تحت تاثیر سرریز جانبی قرار دارند، اما تمام خطوط جریانی که به لبه سرریز جانبی ختم می‌شوند از نیمه سمت سرریز جانبی هستند. به بیان دیگر تمام جریان ثانوی که از سرریز جانبی تخلیه می‌شود از نیمه سمت سرریز تامین می‌شود. در نیمه مقابل خطوط جریان تمایل به حرکت مستقیم در جهت کانال اصلی دارند. می‌توان نتیجه گرفت که در کانال با عرض کمتر جریان محدودتری می‌تواند از سرریز تخلیه شود و دبی سرریز جانبی را کاهش خواهد داد. زاویه جریان جانبی که زاویه بین جت خروجی و لبه سرریز جانبی است، در کانال با عرض کمتر مقدار کمتری به نسبت کانال عریض‌تر دارد که نشان دهنده تخلیه دبی کمتر است. برای یک دبی ثابت با عمق مشخص، جریان در کانال باریکتر سرعت و در نتیجه عدد فرود بیشتری دارد که خود از عوامل کم شدن ضریب دبی سرریز جانبی است.

### ۳-۲. محاسبه رابطه ضریب دبی

شکل ۳ تغییرات ضریب دبی سرریز جانبی را با عدد فرود بالادست نشان می‌دهد. با زیاد شدن عدد فرود ضریب دبی سرریز جانبی کاهش می‌یابد. با زیاد شدن سرعت و عدد فرود، انرژی جنبشی جریان در جهت کانال اصلی زیاد بوده و جریان ثانوی فرصت محدودتری برای شکل‌گیری و سرریز شدن از لبه سرریز جانبی را دارد. همانطور که در بخش قبلی گفته شد، در اعداد فرود بالا زاویه برخورد جریان جانبی با لبه سرریز کمتر است که باعث کمتر شدن دبی تخلیه شده از سرریز می‌شود.

افزایش عمق جریان و افزایش ضریب بی بعد عمق  $(y_1/W)$ ، باعث افزایش انقباض جریان در گوشه‌های سرریز، همچنین مستغرق شدن تاج سرریز و عدم هوادهی مناسب می‌شود که به کمتر شدن ضریب دبی سرریز منجر می‌شود. برای  $y_1/W < 2/5$  افزایش عمق تاثیر چندانی بر کاهش ضریب دبی سرریز ندارد.



شکل ۳- تغییرات ضریب دبی سرریز جانبی با عدد فرود بالادست و نسبت بی بعد عمق

برای بدست آوردن رابطه ضریب دبی سرریز جانبی بر اساس پارامترهای بی بعد، برای یک یا چند پارامتر رابطه ضریب دبی بر اساس رگرسیون غیر خطی محاسبه شد و میزان دقت هر رابطه بر اساس مقدار خطا تعیین گردید. پارامترهای مورد بررسی شامل عدد فرود بالادست ( $FR_1$ )، نسبت عمق به ارتفاع سرریز ( $y_1/W$ ) و نسبت عرض سرریز جانبی به عرض کانال اصلی ( $L/B$ ) هستند. روابط بدست آمده به صورت زیر می‌باشد:

$$C_M = 0.495(FR_1)^{-0.175} \quad (5)$$

$$C_M = 0.782 \left(\frac{y_1}{W}\right)^{-0.423} \quad (6)$$

$$C_M = 0.515(FR_1)^{0.094} + 0.537 \left(\frac{y_1}{W}\right)^{-2.259} \quad (7)$$

$$C_M = 0.628(FR_1)^{0.264} + 0.627 \left(\frac{y_1}{W}\right)^{-2.013} - 0.032 \left(\frac{L}{B}\right)^{3.013} \quad (8)$$

برای تعیین دقت روابط از معیارهای آماری زیر استفاده می‌شود:  
الف- جذر میانگین مربعات خطا که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Q_m - Q_c]^2} \quad (9)$$

ب- درصد میانگین مطلق خطا که به صورت زیر تعریف می‌شود:

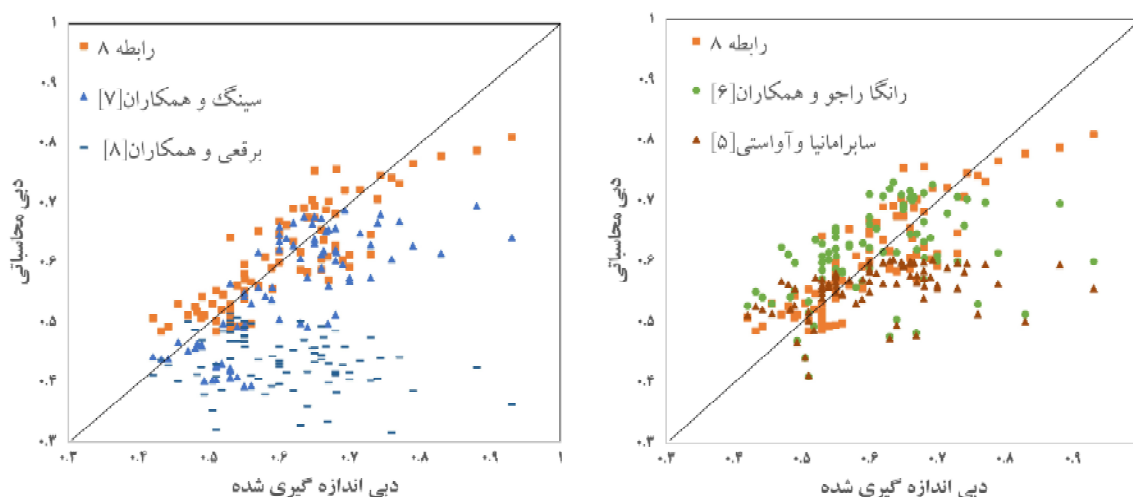
$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Q_m - Q_c}{Q_m} \right| \quad (10)$$

جدول ۳ روابط بدست آمده و میزان دقت هر یک را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۳ استفاده از پارامتر بدون بعد فرود بالادست ( $FR_1$ ) به عنوان تنها عامل موثر در تعیین ضریب دبی سرریز جانبی که در بعضی روابط تحقیقات پیشین دیده می‌شود دارای دقت لازم نیست. همچنین بر اساس جدول ۳، پارامتر بی بعد ( $L/B$ ) تاثیر قابل توجهی بر ضریب دبی سرریز جانبی دارد و رابطه (۸) تا حدود ۱۷ درصد میزان دقت بیشتری نسبت به رابطه (۷) بدون تاثیر پارامتر بدون بعد ( $L/B$ ) را دارا می‌باشد. ضریب منفی پارامتر ( $L/B$ ) نشانه دهنده تاثیر منفی کاهش عرض کانال اصلی بر ضریب دبی سرریز جانبی است.

جدول ۳- میزان خطای روابط بدست آمده

رابطه	پارامترهای موثر	پارامترهای حذف شده	R <sup>2</sup>	MAPE	RMSE
۵	Fr <sub>1</sub>	$\frac{y_1}{W}, L/B$	۰/۱۷	۱۱/۵	۰/۰۹۱
۶	$y_1/W$	Fr <sub>1</sub> , L/B	۰/۵۷	۸/۸	۰/۰۶۵
۷	Fr <sub>1</sub> , $y_1/W$	L/B	۰/۶۳	۸/۶	۰/۰۶۳
۸	$\frac{y_1}{W}, L/B$	-	۰/۷۲	۷/۱۵	۰/۰۵۲

برای مقایسه روابط ارایه شده در این تحقیق با روابط دیگر محققان، ضریب محاسبه شده از روابط در برابر ضریب اندازه گیری شده رسم شده است (شکل ۴). همچنین جدول ۴ نشان دهنده مقایسه بین مقدار خطای روابط دیگر محققان با رابطه (۸) است. رابطه سینگ و همکاران [۷] بهترین تطابق را با ضریب دبی بدست آمده از این آزمایش را دارا می‌باشد. رابطه برقی و همکاران [۸] اگرچه از پارامترهای بدون بعد بیشتری در محاسبه ضریب دبی استفاده کرده است اما مقدار خطای بیشتری نسبت به بقیه روابط دارد که ناشی از تفاوت شرایط آزمایش و بازه هندسی و هیدرولیکی آن و همچنین تفاوت در نحوه اندازه گیری و محاسبه ضریب دبی می‌باشد.



شکل ۴- مقایسه روابط ارایه شده در این تحقیق با روابط دیگر محققان

جدول ۴- مقایسه مقدار خطای روابط دیگر محققان با رابطه بدست آمده

رابطه استفاده شده	پارامترهای موثر	MAPE	RMSE
رابطه ۸	$Fr_1, \frac{y_1}{W}, L/B$	۷/۱۵	۰/۰۵۲
رانگا راجو و همکاران [۶]	Fr <sub>1</sub>	۱۲/۴۵	۰/۰۹۶
سابرامانیا و آواستی [۵]	Fr <sub>1</sub>	۱۱/۹	۰/۱۰
سینگ و همکاران [۷]	$Fr_1, \frac{W}{y_1}$	۱۱/۳	۰/۰۹۱
برقی و همکاران [۸]	$Fr_1, \frac{W}{y_1}, L/B$	۲۷/۲۵	۰/۲۱

#### ۴. نتیجه گیری

- در این تحقیق سه سرریز جانبی مستطیلی لبه تیز با ارتفاع ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر بر روی یک کانال با دو عرض ۶۰ و ۴۰ سانتی‌متر مورد آزمایش قرار گرفتند. سرعت دو بعدی در طول محور کانال اصلی و عمود بر لبه سرریز جانبی در عمق‌های مختلف اندازه‌گیری شد و ضریب دبی سرریز جانبی با استفاده از رابطه دی‌مارچی برای هر آزمایش محاسبه گردید. نتایج بدست آمده عبارتند از:
- در کانال با عرض کمتر جریان محدودتری می‌تواند از سرریز تخلیه شود و دبی سرریز جانبی را کاهش خواهد داد.
  - زاویه جریان جانبی که زاویه بین جت خروجی و لبه سرریز جانبی است، در کانال با عرض کمتر مقدار کمتری را به نسبت کانال عریض‌تر دارد که نشان دهنده تخلیه دبی کمتر است.
  - استفاده از پارامتر بدون بعد عدد فرود بالادست ( $Fr_1$ ) به عنوان تنها عامل موثر در تعیین ضریب دبی سرریز جانبی که در بعضی روابط تحقیقات پیشین دیده می‌شود دارای دقت لازم نیست.
  - پارامتر بی بعد ( $L/B$ ) تاثیر قابل توجهی بر ضریب دبی سرریز جانبی دارد و باید در روابط تعیین ضریب دبی لحاظ شود.
  - روابط بدست آمده توسط محققان مختلف برای تعیین ضریب دبی سرریز جانبی همخوانی کمی با یکدیگر دارند که ناشی از تفاوت شرایط آزمایش و بازه هندسی و هیدرولیکی آن و همچنین تفاوت در نحوه اندازه‌گیری و محاسبه ضریب دبی می‌باشد.

#### ۵. مراجع

1. Subramanya, K. (2008). Flow in open channels. *Tata McGraw-Hill publishing company*, New Delhi.
2. Bagheri, S., Kabiri-Samani, A.R. and Heidarpour, M. (2014). Discharge coefficient of rectangular sharp-crested side weirs, Part I: Traditional weir equation. *Flow Measurement and Instrumentation*, 35 (2014), 109–115.
3. Swamee P.K., Santosh K.P. and Masoud S.A. (1994). Side weir analysis using elementary discharge coefficient, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 120(4) (1994)742–755.
4. Chow, V. T. (1959). Open channel hydraulics, McGraw-Hill, New York.
5. Subramanya K. and Awasthy SC. (1972). Spatially varied flow over side weirs. *J Hydraulic Div. ASCE* 1972; 98(1):1–10.
6. Ranga Raju, K.G., Parasad, B., and Gupta, S.K. (1979). Side weir in rectangular channel. *J. Hydr. Eng.* 105(5). 547-554.
7. Singh, R., Manivannan, D., and Satyanarayana, T. (1994). Discharge coefficient of rectangular side weirs. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 120(4). 814-819.
8. Borghei, S.M., Jalili, M.R., and Ghodsian, M. (1999). Discharge coefficient for sharp crested side weirs in subcritical flow. *J. Hydr. Eng.* 125: 10. 1051-1056.
9. Cheong, H. (1991). Discharge coefficient of lateral diversion from trapezoidal channel. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 117(4). 461-475.
10. Jalili, M.R., and Borghei, S.M. (1996). Discussion of "Discharge coefficient of rectangular side weir", by Singh R., Manivannan, D. and Satyanarayana, T., *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 122(2). 132.
11. Paris E., Solari L. and Bechi G. (2012). Applicability of the De-Marchi hypothesis for side weir flow in the case of movable beds, *ASCEJ. Hydraul. Eng.*, 138, (2012) 653–656.
12. Parvaneh, A., Borghei, S. M. and Jalili Ghazizadeh, M.R. (2012). Hydraulic performance of asymmetric labyrinth side weirs located on a straight channel. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138(8), 766–772.





13. Borghei, S., Nekooie, M.A., Sadeghian, H. and Ghazizadeh M.R. (2013). Triangular labyrinth side weirs with one and two cycles. *Proc. ICE-Water Management*. 166 (2013), 27–42.
14. Emiroglu, M. E., Kaya, N. and Agaccioglu H. (2010). Discharge capacity of labyrinth side weir located on a straight channel. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 136(1), 37–46.
15. Swamee, P.K., Pathak, S.K., Mohan, M., Agrawal, S.K., and Ali, M.S. (1994). Subcritical flow over rectangular side weir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 120(1), 212-217.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله