



دانشگاه گورگان و منابع طبیعی گورگان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد نوزدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۱

<http://jwsc.gau.ac.ir>

## بررسی ضریب آب‌گذری سرریز لبه تیز در آب‌گیر جانبی واقع در قوس ۱۸۰ درجه

\* زهرا صادقی<sup>۱</sup>، امیراحمد دهقانی<sup>۲</sup>، مسعود قدسیان<sup>۳</sup>، عبدالرضا ظهیری<sup>۴</sup> و حسین منتصری<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه مهندسی

آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه هیدرولیک، دانشگاه تربیت مدرس،

<sup>۴</sup> استادیار گروه فنی مهندسی، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۲۳

### چکیده

آب‌گیرهای جانبی از جمله سازه‌های هیدرولیکی هستند که برای برداشت آب از رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به این‌که رودخانه‌ها در بیش‌تر طول مسیر خود دارای انحناء هستند و همچنین به دلیل وجود جریان ثانویه و انتقال رسوبات به ساحل داخلی رودخانه، ساحل خارجی قوس رودخانه مکان مناسبی برای آب‌گیری محسوب می‌گردد. به منظور کنترل جریان و رسوب ورودی به آب‌گیر جانبی معمولاً در ابتدای کانال آب‌گیر آستانه (پله ورودی) نصب می‌شود. در این پژوهش به بررسی ضریب آب‌گذری سرریز جانبی در ورودی آب‌گیر و در موقعیت‌های مختلف قوس ۱۸۰ درجه به صورت آزمایشگاهی پرداخته شده است. همچنین رابطه‌هایی برای ضریب آب‌گذری سرریز در موقعیت‌های مختلف ارائه شده است. نتایج بیانگر آن است که با افزایش فرود جریان در بالادست و نسبت ارتفاع سرریز به عمق بالادست ( $\frac{P}{h_1}$ ) ضریب آب‌گذری کاهش می‌یابد. همچنین در موقعیت‌های ۹۰ و ۱۵۰ درجه حداکثر مقدار ضریب آب‌گذری و در موقعیت ۱۳۵ درجه حداقل مقدار ضریب آب‌گذری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: آب‌گیر، سرریز جانبی، دبی انحرافی، قوس ۱۸۰ درجه

\* مسئول مکاتبه: [zahrasadeghi84@gmail.com](mailto:zahrasadeghi84@gmail.com)

## مقدمه

برداشت آب از مسیر اصلی آن برای مقاصد مختلف از جمله برای کشاورزی، آب‌رسانی شهری، تولید برق و... به کمک آب‌گیرها صورت می‌گیرد. یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال ارزان‌ترین روش‌های برداشت آب از رودخانه‌ها برای مصارف گوناگون، ساخت آب‌گیرهای ثقلی می‌باشد. از نکات مهم در طراحی آب‌گیر واقع در رودخانه‌ها آن است که شرایطی انتخاب شود تا آب وارد شده به دهانه آب‌گیر، دارای حداکثر دبی جریان و حداقل دبی رسوب باشد. زیرا ورود رسوب به آب‌گیرها و در نتیجه شبکه‌های انتقال باعث می‌شود که رسوبات منحرف شده به دلیل سرعت کم‌تر جریان در محدوده این سازه‌ها و ایجاد جریان‌های گردابه‌ای به دست آمده از انحراف جریان به داخل آب‌گیر، در محدوده آن‌ها ترسیب گردد (صفرزاده ۲۰۰۵).

مشخصه اصلی جریان در قوس رودخانه‌ها وجود جریان حلزونی است که از اندرکنش جریان ثانویه و جریان اصلی به وجود می‌آید. جریان ثانویه نیز بر اثر اختلاف نیروهای گریز از مرکز بین لایه‌های بالایی و پایینی جریان ایجاد می‌شود. وجود جریان حلزونی در قوس رودخانه‌ها باعث می‌شود که تمایل بردارهای سرعت در سطح آب به طرف قوس خارجی و در کف به طرف قوس داخلی باشد و همین پدیده باعث انتقال بار بستر به طرف قوس داخلی می‌شود. از این رو، جداره خارجی قوس رودخانه‌ها، مکان مناسبی برای آب‌گیری خواهد بود. به این منظور آب‌گیر باید در مقطعی از قوس که جریان حلزونی در آن کاملاً توسعه یافته است، قرار گیرد (رضوان، ۱۹۸۹).

دهقانی (۲۰۰۶) در مطالعات آزمایشگاهی خود بر روی کنترل رسوب ورودی به آب‌گیر جانبی واقع در قوس ۱۸۰ درجه، به این نتیجه دست یافت که محدوده بین ۱۳۵-۱۱۵ درجه از قوس برای آب‌گیری مناسب است. وی همچنین زاویه آب‌گیری ۴۵ درجه را در محدوده آزمایش‌های خود توصیه نمود. همچنین محققان محدوده مناسبی برای ارتفاع آستانه ورودی آب‌گیر جانبی به منظور ازدیاد راندمان آب‌گیری معرفی نمود.

از آنجایی که به منظور کنترل جریان و رسوب ورودی به آب‌گیر جانبی از آستانه ورودی استفاده می‌شود، برآورد دبی عبوری از کانال آب‌گیر در شرایط مختلف هیدرولیکی و هندسی آستانه بیش‌تر مورد توجه مهندسين هیدرولیک می‌باشد.

اولین پژوهش بر روی دبی سرریزهای جانبی توسط دی‌مارچی (۱۹۳۴) صورت گرفت، از آن پس محققان مختلفی از جمله سویرامانیا و آواستی (۱۹۷۲)، ناداسمورثی و تامسون (۱۹۷۲)، رانگا راجو و

همکاران (۱۹۷۹)، چانگ (۱۹۹۱)، سینگ و همکاران (۱۹۹۴)، به ارایه رابطه‌ای برای ضریب آب‌گذری سرریزهای جانبی در مسیر مستقیم براساس رابطه دی‌مارچی پرداختند (آقاچوقلو و یوکسل، ۱۹۹۸). از کارهای اخیر در این زمینه می‌توان به رابطه برقی و همکاران (۱۹۹۹) برای ضریب آب‌گذری در کانال مستقیم اشاره نمود:

$$Cm = 0.7 - 0.48Fr_1 - 0.3 \frac{p}{h_1} + 0.6 \frac{L}{b} \quad (1)$$

که در آن،  $Fr_1$ : عدد فرود کانال اصلی در بالادست سرریز جانبی،  $p$ : ارتفاع آستانه ورودی سرریز،  $h_1$ : ارتفاع آب کانال اصلی در بالادست سرریز،  $L$ : طول سرریز و  $b$ : عرض کانال اصلی می‌باشد. آقاچوقلو و یوکسل (۱۹۹۸) به صورت آزمایشگاهی به مطالعه ضریب آب‌گذری سرریزهای جانبی لبه‌تیز در قوس با زاویه مرکزی  $180^\circ$  درجه پرداختند و رابطه تجربی زیر را برای ضریب آب‌گذری سرریز جانبی ارایه نمودند:

$$Cd = A + BFr_1 + CFr_1^2 \quad (2)$$

که در آن،  $A$ ،  $B$  و  $C$ : ضرایبی وابسته به  $\frac{L}{b}$  و  $\theta$  (محل قرارگیری سرریز لبه‌تیز) می‌باشند. ایشان نتیجه گرفت که تأثیر پارامتر بی‌بعد  $\frac{p}{h_1}$  بر روی ضریب آب‌گذری وقتی پارامتر بی‌بعد  $\frac{L}{b}$  کوچک‌تر از ۱ باشد، بیشتر می‌شود. همچنین به‌طور کلی ضریب آب‌گذری وقتی پارامتر بی‌بعد  $\frac{L}{b}$  بزرگ‌تر از ۱ باشد بیشتر خواهد شد، زیرا قدرت جریان ثانویه در اثر جریان‌های جانبی به طول سرریز وابسته است. فیض‌الله و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی عوامل مؤثر بر ضریب شدت جریان دریاچه کناری در قوس  $180^\circ$  درجه پرداختند. نتایج این پژوهش‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که برای یافتن دبی جریان دریاچه کناری در قوس  $180^\circ$  درجه می‌توان از رابطه عمومی دریاچه‌ها استفاده کرد.

ایشان همچنین نشان می‌دهد که ضریب شدت جریان دریاچه کناری در قوس  $180^\circ$  درجه در جریان زیر بحرانی، تابعی از عدد فرود بالادست، نسبت عمق جریان بالادست به بازشدگی دریاچه و موقعیت دریاچه در قوس  $180^\circ$  درجه است.

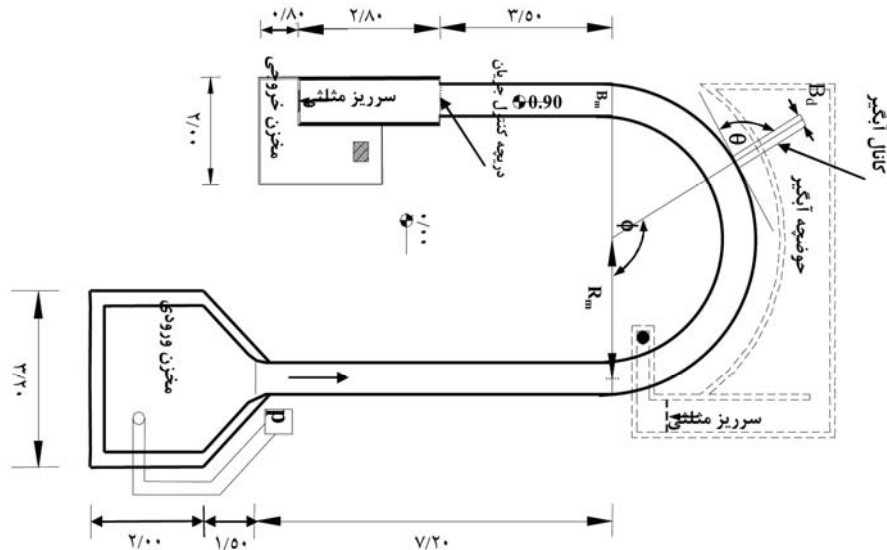
لازم به ذکر است که در پژوهش‌های آقاچوقلو و یاکسل (۱۹۹۸) و فیض‌الله و همکاران (۲۰۱۱)، سرریز جانبی به صورت بازشدگی در جداره کانال اصلی بوده و اثر دیواره کانال آب‌گیر بر ضریب آب‌گذری دیده نشده است.

نگاهی به پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که بیش تر محققان به بررسی ضریب آب‌گذری سرریزهای جانبی در مسیر مستقیم پرداخته‌اند و بر روی سرریزهای جانبی واقع در آب‌گیر کانال قوسی مطالعات کمی انجام شده است، بنابراین در این پژوهش با تغییر محل آب‌گیر و ارتفاع آستانه ورودی به بررسی ضریب آب‌گذری سرریز واقع در نیمه دوم قوس ۱۸۰ درجه پرداخته شده است.

### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در فلوم آزمایشگاه سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفته است. فلوم آزمایشگاهی موجود یک فلوم ۱۸۰ درجه (U Shape). با مقطع مستطیلی می‌باشد (شکل ۱). شعاع مرکزی قوس ۲/۶ متر و عرض و ارتفاع کانال ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین از کانالی با مقطع مستطیلی به عرض ۰/۲۵ متر و ارتفاع ۰/۳ متر با طول ۱/۶۰ متر به‌عنوان کانال آب‌گیر استفاده گردیده است. کانال‌های آب‌گیر در ۴ موقعیت ۹۰، ۱۱۵، ۱۳۵ و ۱۵۰ درجه نصب و زاویه آب‌گیری ۴۵ درجه براساس توصیه دهقانی (۲۰۰۶) در نظر گرفته شد.

به‌منظور بررسی ارتفاع آستانه ورودی بر روی مقدار دبی انحرافی از سرریزهایی با ارتفاع‌های ۳، ۴/۵ و ۶ سانتی‌متر استفاده شده است که بیانگر  $0/23 < p/h_1 < 0/32$ ،  $0/15 \leq p/h_1 < 0/23$  و  $0/23 \leq p/h_1 < 0/44$  می‌باشند. نحوه انجام آزمایش‌ها به این صورت بود که با تنظیم عمق‌های مختلف جریان در بالادست، که در محدوده بین ۰/۱۲-۰/۲ متر بود، میزان دبی وارد شده به کانال آب‌گیر به‌ازای هر ارتفاع آستانه اندازه‌گیری شد. دبی جریان ورودی توسط یک فلومتر آلتراسونیک که بر روی لوله‌های ورودی آب نصب شده بود، اندازه‌گیری و با سرریز مثلثی استاندارد که در انتهای کانال اصلی وجود داشت، کنترل گردید. عمق جریان در ورودی کانال اصلی تنظیم و با استفاده از یک عمق‌سنج دیجیتال که با دقت ۰/۱۰ میلی‌متر در ورودی کانال قرار داده شده بود، اندازه‌گیری می‌گردید. دبی انحرافی نیز با استفاده از سرریز مثلثی که در انتهای حوضچه تخلیه آب‌گیر جانبی قرار دارد، تعیین می‌شد. شیب کانال اصلی و کانال آب‌گیر برابر ۰/۰۰۱ و در انتهای کانال آب‌گیر، کنترلی وجود نداشته است.



شکل ۱- مشخصات مدل هیدرولیکی قوس ۱۸۰ درجه و سیستم آب‌گیر جانبی فلوم (ابعاد بر حسب متر).

به‌منظور برآورد ضریب آب‌گذری با در دست داشتن اطلاعات کانال اصلی و آب‌گیر جانبی و از معادله دی‌مارچی (رابطه ۳) استفاده شد (رانگ راجو، ۱۹۷۹):

$$b_r = \frac{3}{2} \frac{b_1}{C_d} (\phi_r - \phi) \quad (3)$$

که در آن،  $b_1$ : عرض کانال اصلی،  $b_r$ : عرض کانال آب‌گیر و  $C_d$ : ضریب آب‌گذری سرریز جانبی می‌باشد و  $\phi$  و  $\phi_r$  نیز از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:

$$\phi = \frac{\sqrt{E_1 - 3p}}{E_1 - p} \sqrt{\frac{E_1 - h_1}{h_1 - p}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E_1 - h_1}{E_1 - p}} \quad (4)$$

$$\phi_r = \frac{\sqrt{E_r - 3p}}{E_r - p} \sqrt{\frac{E_r - h_r}{h_r - p}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E_r - h_r}{E_r - p}} \quad (5)$$

که در آن،  $E$ : انرژی مخصوص و نمایه ۱ و ۲ مربوط به بالادست و پایین‌دست سرریز می‌باشد.

سپس به منظور یافتن رابطه بین عوامل مؤثر بر ضریب آب‌گذری سرریز جانبی، آنالیز ابعادی روی پارامترهای مؤثر انجام شد و پارامترهای بی‌بعد مؤثر بر ضریب آب‌گذری سرریز جانبی به صورت رابطه ۶ به دست آمد:

$$C_d = f\left(\frac{P}{h}, Fr, \frac{L}{b}, \frac{L}{r}, \theta, \phi\right) \quad (6)$$

که در آن،  $x$ : شعاع قوس،  $\theta$ : محل آب‌گیر و  $\phi$ : زاویه آب‌گیری می‌باشد. همان‌طور که در مقدمه ذکر شد، زاویه ۴۵ درجه برای آب‌گیری ( $\phi$ ) توصیه شده است (دهقانی، ۲۰۰۶)، در نتیجه پارامتر  $\phi$  ثابت بوده و از جمع متغیرهای اثرگذار کنار گذاشته شد.

با توجه به این که شعاع قوس، عرض کانال اصلی و کانال آب‌گیر ثابت بوده متغیرهای  $\frac{L}{b}$  و  $\frac{L}{r}$  نیز کنار گذاشته شدند ( $\frac{L}{r} = ۰/۰۹۶$  و  $\frac{L}{b} = ۰/۴۱۷$ ). بنابراین رابطه نهایی به صورت زیر به دست آمد:

$$C_d = f\left(Fr, \frac{P}{h}, \theta\right) \quad (7)$$

در این مطالعه در هر موقعیت قرارگیری آب‌گیر (۹۰، ۱۱۵، ۱۳۵ و ۱۵۰ درجه) رابطه‌ای برای ضریب آب‌گذری ارائه شده است، به منظور مقایسه نتایج با نتایج آقاچوقلو و یاکسل (۱۹۹۸)، شکل رابطه در هر ۴ موقعیت مطابق رابطه ۸ در نظر گرفته شد:

$$C_d = A + BFr + C\frac{P}{h} + \left(\frac{P}{h}\right)^D \quad (8)$$

که در آن،  $A$ ،  $B$  و  $C$ : ضرایب وابسته به  $\frac{L}{r}$ ،  $\frac{L}{b}$  و  $\theta$  می‌باشند.

با استفاده از روش جستجوی ژنتیکی ضرایب بهینه رابطه ۸ ( $A$ ،  $B$ ،  $C$  و  $D$ ) به دست آمد. سپس با داشتن مقدار  $C_d$  از رابطه ۸ و با استفاده از شرایط مرزی بالادست (عمق و دبی)،  $\phi$  از رابطه ۳ محاسبه می‌شود. با داشتن  $\phi$  و با توجه به ناچیز بودن افت انرژی،  $h_2$  از رابطه ۵ با سعی و خطا محاسبه و سپس  $Q_2$  و در نهایت دبی انحرافی ( $Q_{diversion} = Q_1 - Q_2$ ) محاسبه می‌شود.

جستجوی ژنتیک (GA) از جمله مهم‌ترین روش‌های بهینه‌سازی فراذهنی است که در رده الگوریتم‌های تکامل‌گرا قرار دارد. این روش بر اساس مکانیزم انتخاب طبیعی و ژنتیک کار می‌کند. جستجوی ژنتیک علاوه بر این که قادر به تولید پاسخ‌های بهینه است مجموعه‌ای از پاسخ‌ها یا جامعه‌ای

از نسل‌ها را ایجاد می‌کند که آن‌ها در هر مرحله نیکویی برازش را افزایش می‌دهند (شریف و واردلاو، ۲۰۰۰). در این روش پاسخ‌های ممکن مسأله در غالب کروموزوم‌ها به زنجیره‌هایی از اعداد تبدیل شده و با استفاده از عملگرهای انتخاب، ترکیب و جهش بهترین جواب براساس حداکثر یا حداقل کردن تابع هدف انتخاب می‌شود.

تابع هدف در این پژوهش اختلاف مقادیر محاسبه شده دبی جریان از رابطه پیشنهادی و مقادیر واقعی می‌باشد، که با حداقل رساندن این اختلاف، ضرایب روابط پیشنهادی با توجه به محدودیت‌های تعریف شده محاسبه شدند.

همچنین به منظور ارزیابی عملکرد رابطه‌ها، داده‌ها به دو بخش تقسیم شدند: ۶۰ درصد از این داده‌ها را برای محاسبه ضرایب بهینه و ۴۰ درصد باقی‌مانده برای آزمون رابطه استفاده شد. به منظور ارزیابی رابطه‌ها نیز از آمارهای زیر استفاده گردید:

$$CORR = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - \bar{Q}_o)(Q_{si} - \bar{Q}_s)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \sum_{i=1}^n (Q_{si} - \bar{Q}_s)^2}} \quad (9)$$

$$C_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - Q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \quad (10)$$

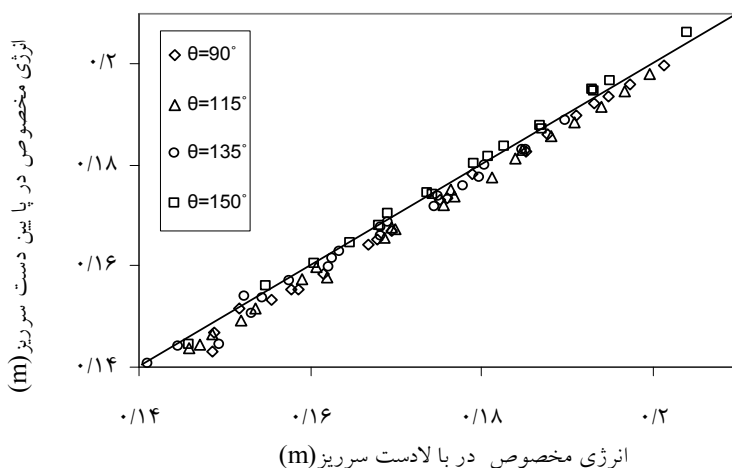
$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{si})^2\right)} \quad (11)$$

که در آن‌ها،  $n$ : تعداد داده‌ها،  $Q_{oi}$ : دبی مشاهداتی،  $Q_{si}$ : دبی شبیه‌سازی شده،  $CORR$ : ضریب همبستگی،  $C_{NS}$ : معیار ناش-ساتکلیف و  $RMSE$ : ریشه دوم میانگین مربعات خطا می‌باشد.

### نتایج و بحث

با توجه به این‌که در جریان متغیر مکانی با کاهش دبی از افت انرژی صرف‌نظر می‌شود و این به آن معناست که انرژی مخصوص در کانال اصلی و در بالادست دهانه آب‌گیر و پایین‌دست آن با هم برابر است، بنابراین ابتدا به بررسی مقادیر انرژی مخصوص پرداخته می‌شود:

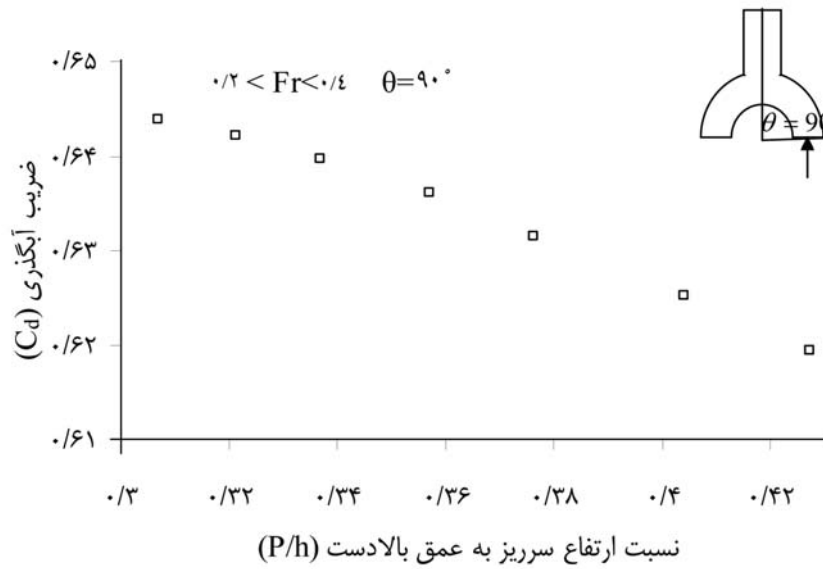
بررسی افت انرژی: به منظور اطمینان از برقراری فرض برابری انرژی مخصوص در بالادست و پایین دست آب‌گیر، برای موقعیت‌های ۹۰، ۱۱۵، ۱۳۵ و ۱۵۰ درجه تغییرات  $E_2$  نسبت به  $E_1$  در شکل ۲ ارایه شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است داده‌ها با دقت مناسبی حول خط ۴۵ درجه پراکنده شده‌اند که این نشان‌دهنده ناچیز بودن افت انرژی می‌باشد.



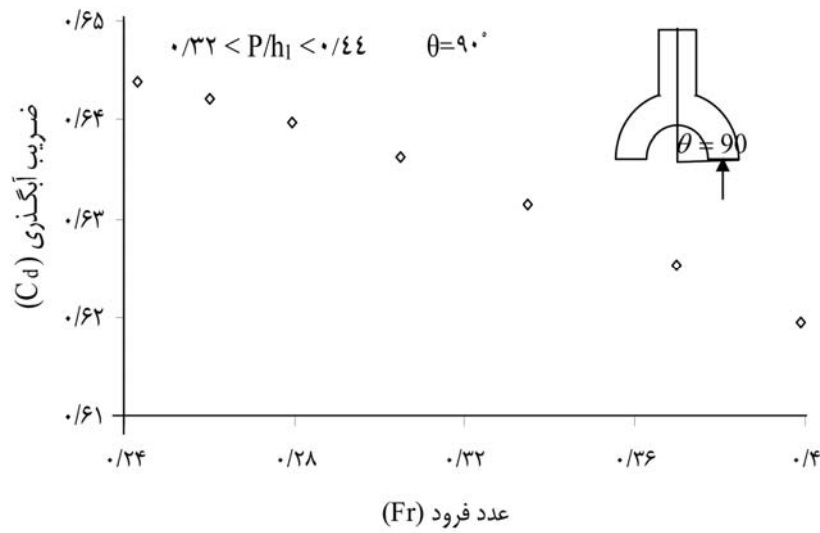
شکل ۲- تغییرات انرژی مخصوص در بالادست و پایین دست آب‌گیر.

بررسی تأثیر پارامترهای  $\frac{P}{h}$  و عدد فرود بر روی ضریب آب‌گذری سرریز جانبی: شکل‌های ۳ تا ۱۰ تغییرات ضریب آب‌گذری بر حسب عدد فرود و ارتفاع سرریز به عمق بالادست ( $P/h$ ) برای آب‌گیر با موقعیت‌های ۹۰، ۱۱۵، ۱۳۵ و ۱۵۰ درجه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل‌ها مشخص است، با افزایش فرود و  $\frac{P}{h_1}$ ، ضریب آب‌گذری کاهش می‌یابد. دلیل این امر آن است که با افزایش فرود در کانال اصلی سرعت افزایش یافته و در نتیجه مومتم در راستای طولی غالب شده و دبی کم‌تری وارد آب‌گیر جانبی می‌شود. همچنین با افزایش  $\frac{P}{h_1}$ ، هد آب بالای سرریز کاهش یافته و در نتیجه، ضریب آب‌گذری کاهش می‌یابد. همان‌گونه مشخص می‌باشد ضریب آب‌گذری با عدد ( $Fr$ ) و نسبت ارتفاع آستانه به عمق آب بالادست ( $p/h_1$ )، رابطه عکس دارد، که با نتایج آچاقیولو و یاکسل (۱۹۹۸) هم‌خوانی دارد.

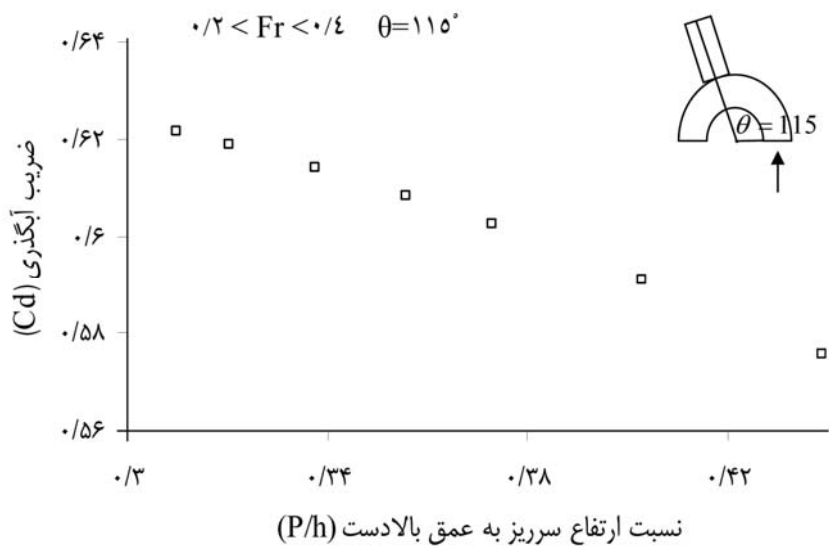




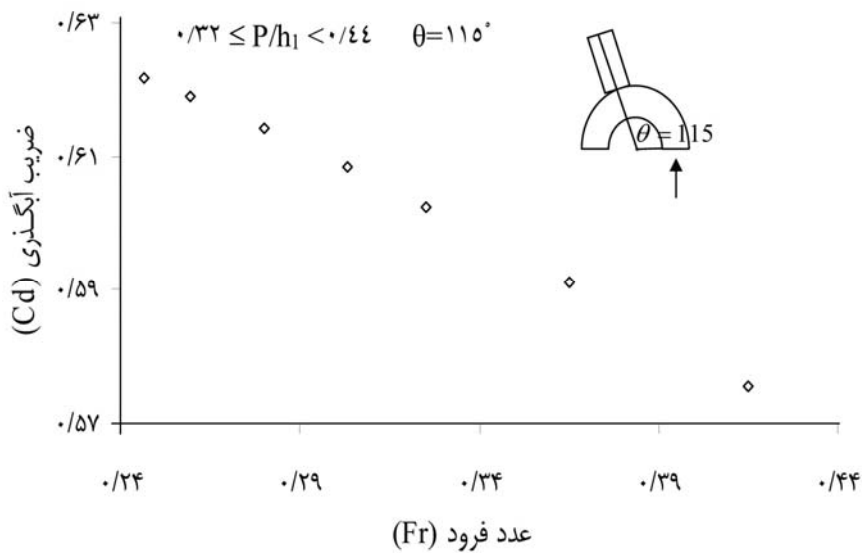
شکل ۳- تغییرات ضریب آبگذری براساس  $\frac{P}{h}$  ( $\theta=90^\circ$  درجه).



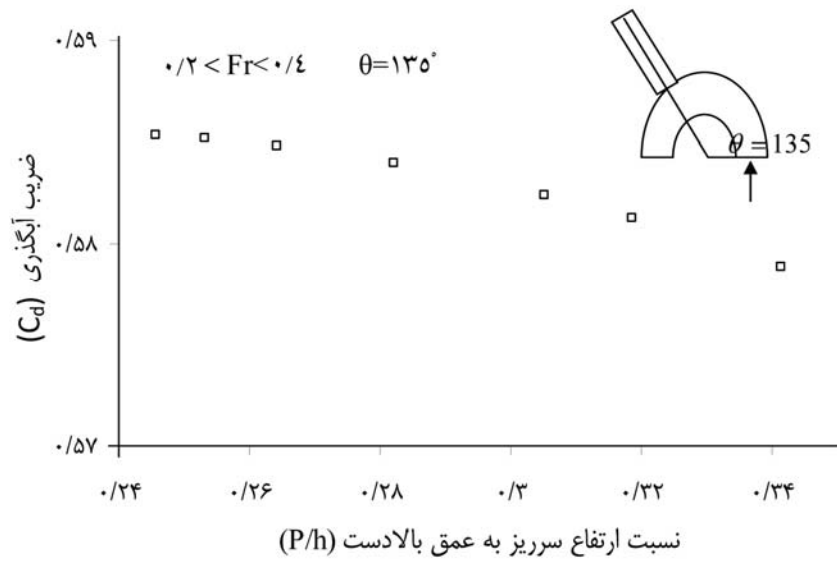
شکل ۴- تغییرات ضریب آبگذری براساس عدد فرود ( $\theta=90^\circ$  درجه).



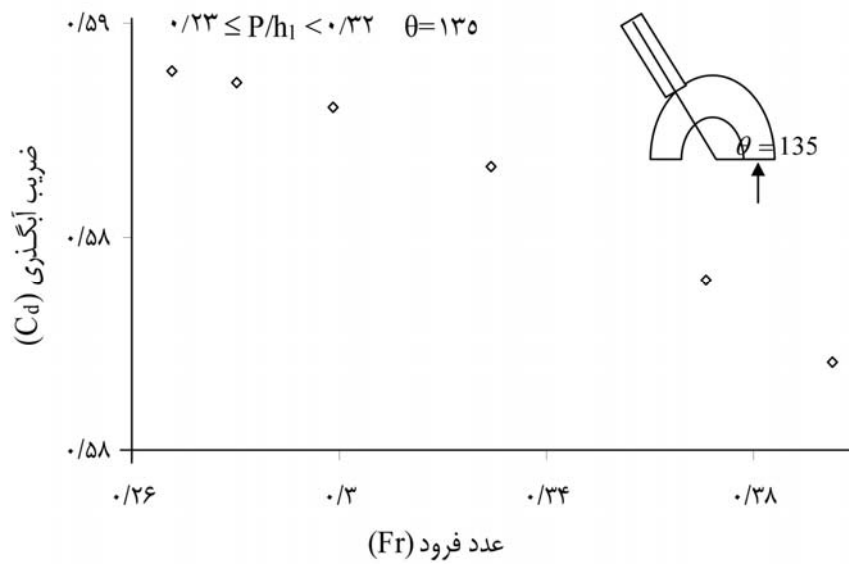
شکل ۵- تغییرات ضریب آب‌گذری براساس  $\frac{P}{h}$  ( $\theta = 115^\circ$  درجه).



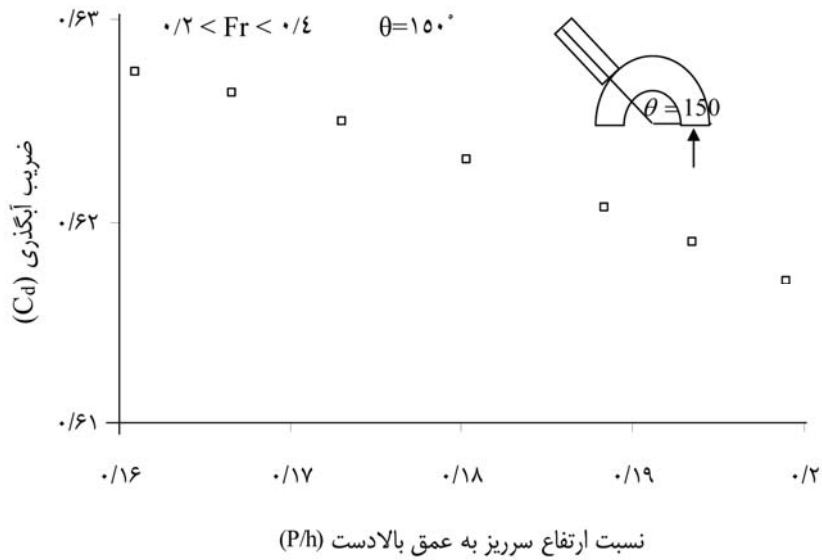
شکل ۶- تغییرات ضریب آب‌گذری براساس عدد فرود ( $\theta = 115^\circ$  درجه).



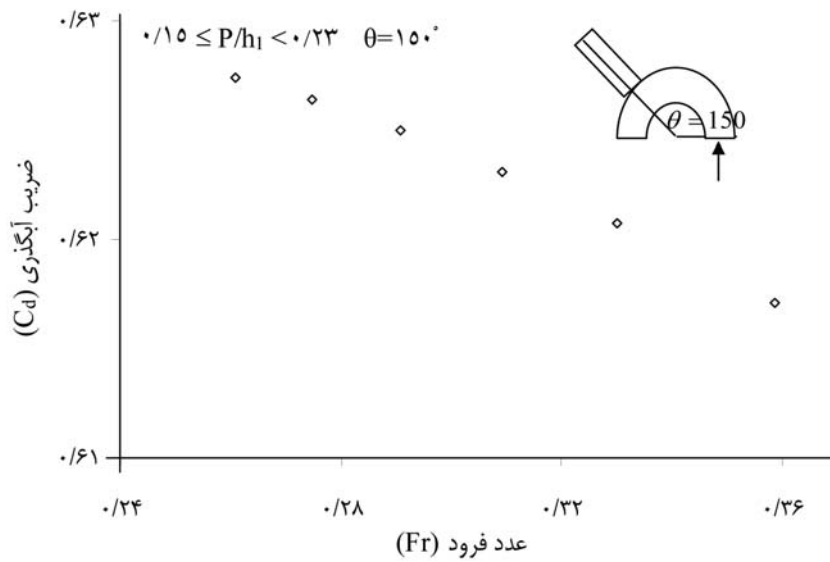
شکل ۷- تغییرات ضریب آب گذری براساس  $\frac{P}{h}$  ( $\theta=135^\circ$  درجه).



شکل ۸- تغییرات ضریب آب گذری براساس عدد فرود ( $\theta=135^\circ$  درجه).



شکل ۹- تغییرات ضریب آب‌گذری براساس  $\frac{P}{h}$  ( $\theta = 150^\circ$  درجه).

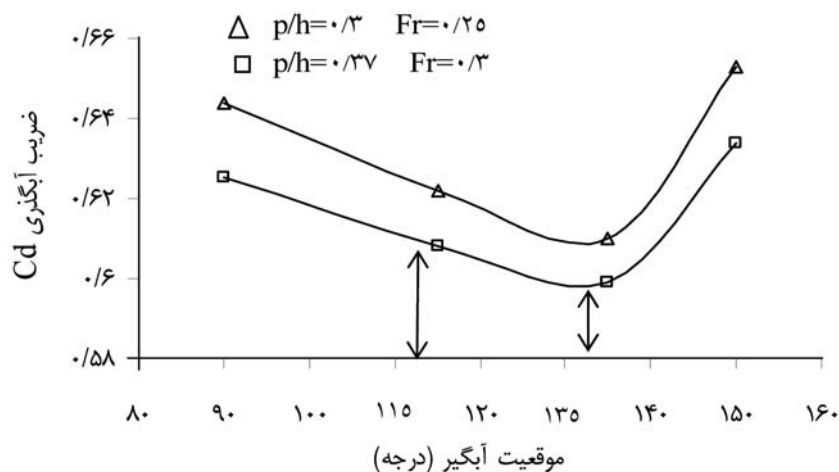


شکل ۱۰- تغییرات ضریب آب‌گذری براساس عدد فرود ( $\theta = 150^\circ$  درجه).

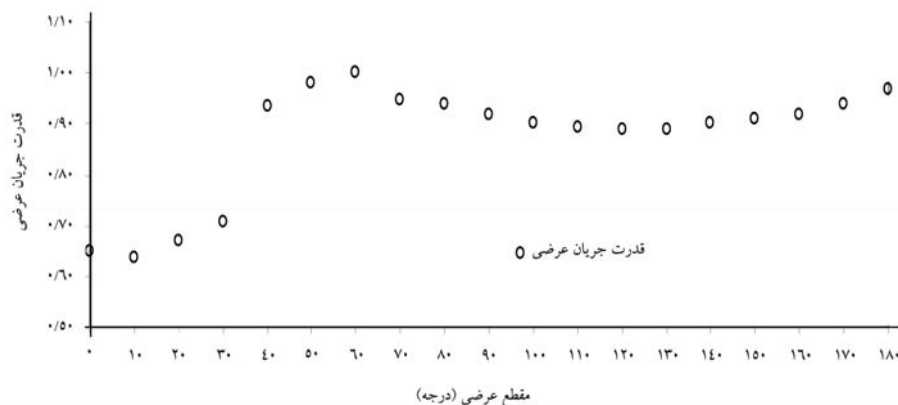
بررسی تأثیر موقعیت قرارگیری آب‌گیر جانبی بر ضریب آب‌گذری سرریز جانبی: در شکل ۱۱ تغییرات ضریب آب‌گذری بر حسب موقعیت قرارگیری آب‌گیر ( $\theta$ ) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، در موقعیت‌های ۹۰ و ۱۵۰ درجه، حداکثر مقدار ضریب آب‌گذری و در موقعیت ۱۳۵ درجه، حداقل مقدار ضریب آب‌گذری وجود دارد. همچنین مشاهده می‌شود همانند شکل‌های ۳ تا ۱۰ با افزایش عدد فرود و نسبت ارتفاع سرریز به عمق بالادست ( $P/h$ )، ضریب آب‌گذری کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۱۱ می‌توان دریافت که با تغییر موقعیت آب‌گیر از زاویه ۹۰ به ۱۵۰ درجه، ضریب آب‌گذری به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد، که با نتایج پژوهش‌های عددی صف‌زاده (۲۰۰۵) روی میدان جریان در قوس ۱۸۰ درجه نیز هم‌خوانی دارد (شکل ۱۲). ایشان در مطالعات خود به این نتیجه دست یافت که قدرت جریان ثانویه با ورود جریان به قوس افزایش می‌یابد و در مقطع ۶۰ درجه قوس حداکثر مقدار را دارا است. از مقطع یاد شده به بعد قدرت جریان ثانویه به تدریج کاهش یافته و از مقطع عرضی  $\theta=110-130$  درجه دارای مقدار به نسبت ثابتی می‌باشد و سپس دوباره شروع به افزایش می‌نماید (شکل ۱۲). لازم به ذکر است که در پژوهش‌های ایشان قدرت جریان ثانویه از رابطه ۱۲ به دست آمده است.

$$\vec{\omega}_z = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (12)$$

که در آن،  $v$ : مؤلفه سرعت در راستای  $x$ ،  $u$ : مؤلفه سرعت در راستای  $y$  و  $\omega_z$ : قدرت جریان ثانویه می‌باشد.



شکل ۱۱- تغییرات ضریب آب‌گذری براساس موقعیت آب‌گیر.



شکل ۱۲- تغییرات قدرت جریان ثانویه در طول کانال (صفرزاده، ۲۰۰۶).

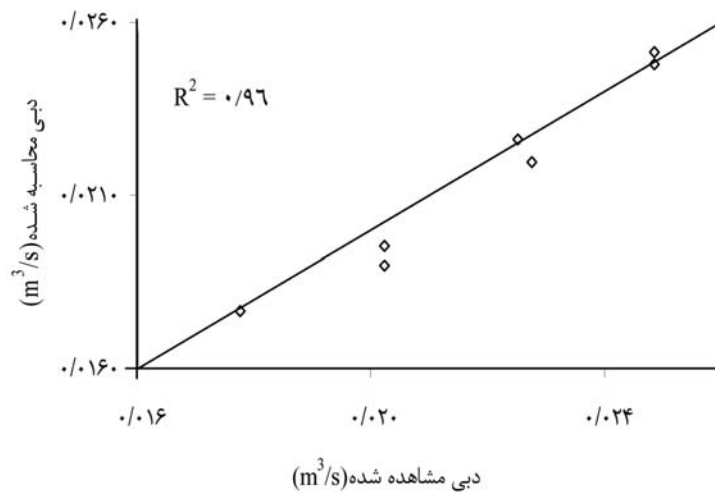
ارایه رابطه ضریب آب‌گذری و برآورد دبی انحرافی: همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها بیان شد ضرایب رابطه ۸ با استفاده از روش بهینه‌سازی جستجوی ژنتیکی محاسبه می‌شود. از برتری‌های روش بهینه‌سازی جستجوی ژنتیکی می‌توان به فضای جستجوی گسترده اشاره نمود که سعی می‌کند از نواحی مختلف به جواب نزدیک شود و به همین علت کم‌تر در نقاط حداقل محلی گرفتار می‌شود. به این منظور و با اجرای متعدد کد کامپیوتری و استفاده از پارامترهای بهینه تعداد جمعیت (۱۰۰۰)، احتمال ترکیب (۲۵) و جهش (۰/۰۱)، ضرایب مطابق جدول ۱ به دست آمدند:

جدول ۱- ضرایب بهینه محاسبه شده توسط روش جستجوی ژنتیکی در رابطه ۸

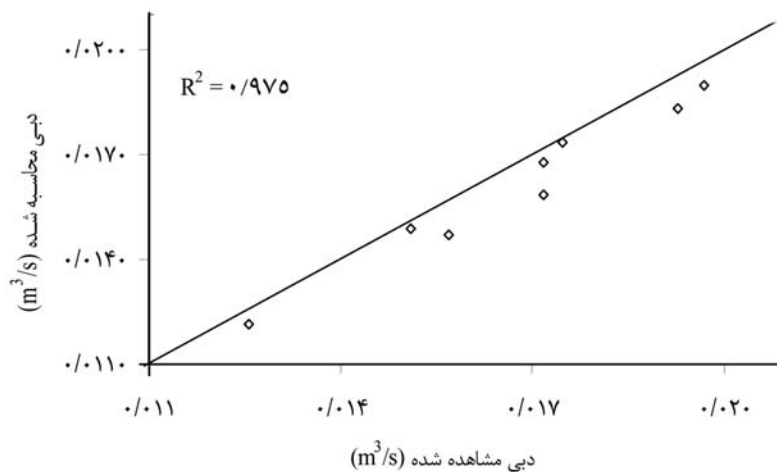
	$L/r=0/096$ و $L/B=0/417$			
$\Theta$	۹۰ درجه	۱۱۵ درجه	۱۳۵ درجه	۱۵۰ درجه
A	۰/۲۶	۰/۲۲۵	۰/۴۷۸	۰/۲۱۶
B	-۰/۲۱۹	-۰/۲۵۷	-۰/۱۰۵	-۰/۰۴۷
C	-۰/۷۴۲	-۰/۶۷۸	-۰/۸۷۲	-۰/۷۸۲
D	۰/۳۴۹	۰/۳۴۲	۰/۷۵۵	۰/۳۶۳

پس از به دست آوردن ضرایب A، B، C و D از جدول ۱ و با داشتن مقدار  $C_h$  از رابطه ۸ و با استفاده از شرایط مرزی بالادست (عمق و دبی)،  $\phi_p$  از رابطه ۳ محاسبه می‌شود. با داشتن  $\phi_p$  و با توجه به ناچیز بودن افت انرژی،  $\gamma_2$  از رابطه ۵ با سعی و خطا محاسبه و سپس  $Q_2$  و در نهایت دبی انحرافی محاسبه می‌شود.

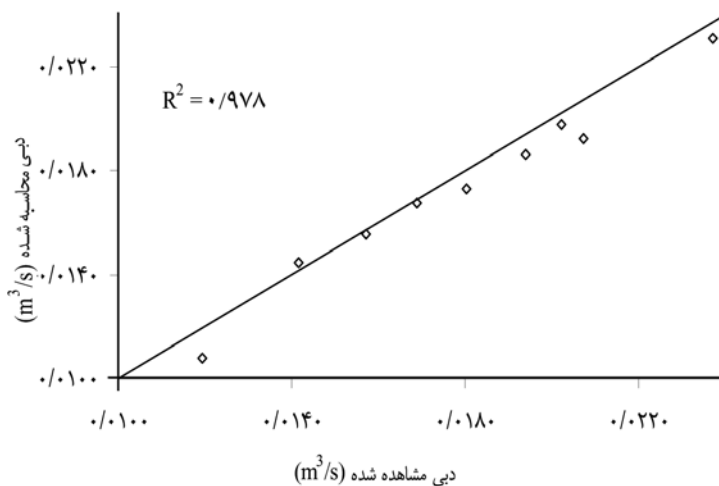
شکل‌های ۱۳ تا ۱۶ به ترتیب تغییرات دبی محاسبه شده با توجه به رابطه ۸ را نسبت به دبی مشاهده شده برای داده‌های آزمون و برای موقعیت‌های مختلف قرارگیری آب‌گیر نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است داده‌ها به خوبی حول خط ۴۵ درجه پراکنده شده‌اند که این نشان‌دهنده دقت بالای رابطه پیشنهادی می‌باشد.



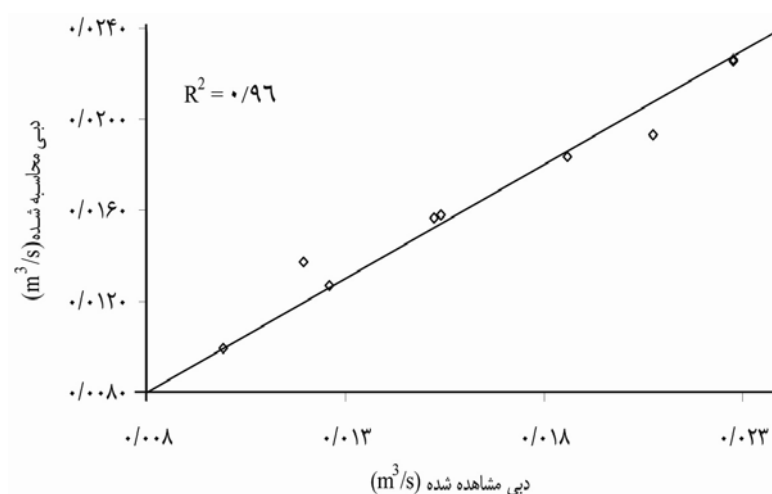
شکل ۱۳- تغییرات دبی محاسبه شده بر حسب دبی مشاهداتی ( $\theta=90$  درجه).



شکل ۱۴- تغییرات دبی محاسبه شده بر حسب دبی مشاهداتی ( $\theta=115$  درجه).



شکل ۱۵- تغییرات دبی محاسبه شده بر حسب دبی مشاهداتی ( $\theta=135$  درجه).



شکل ۱۶- تغییرات دبی محاسبه شده بر حسب دبی مشاهداتی ( $\theta=150$  درجه).

جدول ۲ نیز مقادیر آمارها و معیارهای خطای روابط پیشنهادی در موقعیت‌های مختلف برای دو دسته داده‌های آموزش و آزمون را نشان می‌دهد. نگاهی به مقادیر آماره‌های ارزیابی نشان می‌دهد که روابط پیشنهادی از دقت بالایی برای برآورد نسبت دبی انحرافی به داخل آب‌گیر جانبی برخوردار هستند.



جدول ۲- مقادیر معیارهای آماری رابطه پیشنهادی.

انحراف معیار	میانگین نسبت خطاها	RMSE	C <sub>NS</sub>	R <sup>۲</sup>	θ	
۰/۰۰۵۸	۰/۹۸۷	۰/۰۰۴۹	۰/۹۹۰	۰/۹۹۶	۹۰	داده‌های آموزش
۰/۰۰۴۱۷	۰/۹۶۰	۰/۰۰۰۸۱	۰/۹۵۸	۰/۹۹۸	درجه	داده‌های آزمون
۰/۰۰۵۷۸	۰/۹۶۴	۰/۰۰۰۷۴	۰/۹۸۰	۰/۹۹	۱۱۵	داده‌های آموزش
۰/۰۰۴۸۳	۰/۹۵۱	۰/۰۰۰۹۱	۰/۹۵۴	۰/۹۸۹	درجه	داده‌های آزمون
۰/۰۰۴۵۱	۰/۹۸۲	۰/۰۰۰۴۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹۳	۱۳۵	داده‌های آموزش
۰/۰۰۳۳۴	۰/۹۷۹	۰/۰۰۰۴۵	۰/۹۸۰	۰/۹۹	درجه	داده‌های آزمون
۰/۰۰۵۸۱	۱/۰۰۰۲۸۶۳	۰/۰۰۰۳۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۸	۱۵۰	داده‌های آموزش
۰/۰۰۵۳۱	۰/۹۹۷	۰/۰۰۰۲۹	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	درجه	داده‌های آزمون

### نتیجه‌گیری

از انجام این پژوهش نتایج زیر به دست می‌آید:

۱- به منظور یافتن ضریب آب‌گذری سرریز جانبی در آب‌گیر واقع در قوس ۱۸۰ درجه می‌توان از رابطه دی‌مارچی و فرض برابری انرژی مخصوص در بالادست و پایین‌دست در بالادست و پایین‌دست کانال آب‌گیر استفاده نمود.

۲- با افزایش عدد فرود در کانال اصلی و با توجه به این‌که موتمنم جریان در راستای اصلی غالب می‌شود، ضریب آب‌گذری کاهش می‌یابد.

۳- با افزایش  $\frac{P}{h}$ ، هد آب بالای سرریز کاهش یافته و در نتیجه ضریب آب‌گذری کاهش می‌یابد.

۴- در موقعیت‌های مختلف به دلیل تغییر قدرت جریان ثانویه ضریب آب‌گذری افزایش و یا کاهش می‌یابد. در موقعیت‌های ۹۰ و ۱۵۰ درجه حداکثر مقدار ضریب آب‌گذری و در موقعیت ۱۳۵ درجه حداقل مقدار ضریب آب‌گذری وجود دارد.

### منابع

1. Agaccioglu, H., and Yüksel, Y. 1998. Side-weir flow in curved channel. J. Irrig. and Drain. Engine. 124: 3. 163-175.
2. Borghei, S.M., Jalili, M.R., and Ghodsian, M. 1999. Discharge efficient for sharp-crested side weirs in subcritical flow. J. Hydr. Engin. 125: 10. 1051-1056.
3. Chong, H. 1991. Discharge coefficient of lateral diversion from trapezoidal channel, J. Irrig. and Drain. Engin. 117: 4. 461-475.

4. De Marchi, G. 1934. Saggio di teoria di funzionamento degli stramazzi laterali. L' Energia Elettrica, Milano, Italy, 11: 11. 849-860. (In Italian)
5. Dehghani, A.A. 2006. Experimental study on flow field and scouring at lateral intake in 180 degree channel bend. Ph.D. Thesis, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, 177p. (In Persian)
6. Faizollah, F., Ghodsian, M., and Dehghani, A.A. 1390. Discharge coefficient of side sluice at the 180 degree of bend. Tehran, J. Tarbiat Modares University, 11: 2. 111-121. (In Persian)
7. Nadesamoorthy, T., and Thamson, A. 1972. Discussion of Spatially varied flow over side weirs by K. Subramanaya and S.C. Awasthy. J. Hydr. Engin. 98: 12. 2234-2235.
8. Ranga Raju, K.G., Prasad, B., and Gupta, S.K. 1979. Side weir in rectangular channel J. Hydr. Div. 105: 5. 547-554.
9. Razvan, E. 1989. River Intake and Diversion Dams. Elsevier Science Publishing Company Inc. New York, NY. 10010, USA, 508p.
10. Safarzadeh, A. 2005. Numerical Simulation of Flow Field at Lateral Intake in 180 degree Channel Bend, M.Sc. Thesis, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, 166p. (In Persian)
11. Singh, R., Manivannan, D., and Satyanarayana, T. 1994. Discharge coefficient of rectangular side weirs. J. Irrig. and Drain. Engin. 120: 4. 814-819.
12. Subramanya, K., and Awasthy, S.C. 1972. Spatially varied flow over side weirs. J. Hydr. Div. 98: 1. 1-10.
13. Sharif, M., and Wardlaw, R. 2000. Multireservoir systems optimization using genetic algorithms: Case study. J. Com. Civil. Engin. 14: 4. 255-263.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(4), 2013*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Investigation of sharp-crested weir discharge coefficient in the lateral intake located at curve channel**

**\*Z. Sadeghi<sup>1</sup>, A.A. Dehghani<sup>2</sup>, M. Ghodsian<sup>3</sup>,  
A.R. Zahiri<sup>2</sup> and H. Montaseri<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Professor, Dept. of Hydraulic, Tarbiat Modares University, <sup>4</sup>Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Yasouj University  
Received: 11/14/2011; Accepted: 10/14/2012

### **Abstract**

Lateral intakes are hydraulic structures, which are used for flow diversion from river. Due to the fact that most of rivers are curved on their path and due to existence of secondary flow, the outer bank of the bend is suitable places for positioning the lateral intake. The sill structure at the entrance of lateral intake is often used for controlling the flow and sediment entry to intake. The present experimental study focuses on the investigation of side-weir discharge coefficient in the entrance of lateral intake at different positions of a 180 degree channel bend. Also the relations were presented for estimation of discharge coefficient in various positions of lateral intake. The result showed that by increasing the froude number and proportion of sill height to upstream flow depth, the discharge coefficient decreases. Also positioning of side weir on 90° and 150° lead to maximum value of discharge coefficient and positioning of side weir on 135° lead to minimum value of discharge coefficient.

**Keywords:** Lateral intake, Side-weir, Diversion discharge, 180 degree channel bend

---

\* Corresponding Author; Email: zahrasadeghi84@gmail.com

