

## ارزیابی نیمرخ سطح آب در سرریز جانبی نیمه بیضوی

مهسا جهادی<sup>1\*</sup>، روح الله فتاحی<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1391/4/23 تاریخ پذیرش: 1391/12/12

### چکیده

سرریز کناری سازه‌ای است با جریان آزاد، که در کناره‌ی نهر و به موازات آن تعبیه شده، و هنگامی که ارتفاع آب بالاتر از تاج سرریز است، اجازه می‌دهد بخشی از آب از روی آن بگذرد. این سازه بر عمق و سرعت جریان تأثیر می‌گذارد. با آگاهی از این آثار، می‌توان تدابیر لازم را در طراحی هیدرولیکی آن و نهرهای مربوطه در نظر گرفت. لذا، در این پژوهش مطالعات آزمایشگاهی در مورد 36 سرریز جانبی نیمه بیضوی با مشخصات هندسی متفاوت طی 298 آزمایش در شرایط جریان زیر بحرانی در نهر اصلی در محدوده‌ی بدهی 10 تا 70 لیتر بر ثانیه انجام گردید. همچنین، به بررسی و تفسیر نیمرخ سطح آب در سرریز جانبی ساده و کنگره‌ای نیمه بیضوی با استفاده از نیمرخ سرعت پرداخته شد، و اثر افزایش بدهی در نهر اصلی، ارتفاع، طول و انحناى سرریز بر نیمرخ سطح آب بررسی گردید. نهایتاً، نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیمرخ سطح آب در سرریزهای ساده و کنگره‌ای نیمه بیضوی با نیمرخ سطح آب محاسبه شده با کاربرد روش رانج کوتای مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که با افزایش ارتفاع و طول سرریز، و کاهش بدهی، دقت این روش بیشتر می‌گردد. **واژه‌های کلیدی:** نیمرخ سطح آب، سرریز جانبی، کنگره‌ای نیمه بیضوی، رانج کوتای.

<sup>1</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد سازه هاس آبی، دانشگاه شهر کرد

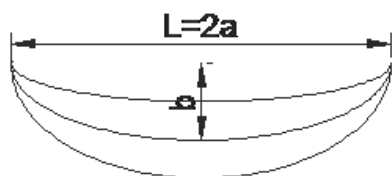
<sup>2</sup> - استادیار گروه آب، دانشگاه شهر کرد

\* - نویسنده مسئول: [mahsajahadi@yahoo.com](mailto:mahsajahadi@yahoo.com)

## مقدمه

در این مقاله، نیمرخ سطح آب در مجاورت سرریز، و تغییرات سرعت در کنار سرریز به ازای بده‌های مختلف نهر (Q)، در 4 گروه A، B، C و D در 4 انحنای (نسبت شعاع کوچک به شعاع بزرگ سرریز نیم بیضی) مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد، که مشخصات هر گروه در جدول (1) نشان داده شده‌اند. همچنین، اثر افزایش بده در نهر اصلی (Q)، ارتفاع (P)، طول (L) و انحنای سرریز (b/a) برای تراز سطح آب در این 4 گروه سرریز بررسی می‌گردد. b شعاع کوچک و a شعاع بزرگ سرریز بیضی شکل می‌باشند (شکل 1).

با توجه به این که معادله دیفرانسیلی تراز سطح آب در جریان متغیر مکانی دارای حل تحلیلی نیست، لذا می‌توان با استفاده از روشهای محاسباتی عددی به حل این معادله پرداخت، و تغییرات عمق را در طول مسیر جریان به دست آورد. با استفاده از این محاسبه‌ها، تأثیر این سازه‌ی هیدرولیکی بر عمق و سرعت جریان تعیین می‌شود. یکی از راههای حل عددی، روش رانج کوتای است که در آن برای هر گام محاسباتی از نقطه‌ی میانی استفاده می‌شود. روشهای رانج کوتای با درجات مختلف ارائه شده‌اند. از آن جا که مرتبه‌ی چهارم روش مزبور دارای دقت بالایی می‌باشد، در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعه حاضر معادلات (1) و (2) با کاربرد روش رانج کوتای مرتبه‌ی چهارم حل می‌گردند. سپس با نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری نیمرخ سطح آب سرریز جانبی کنگره‌ای نیمه بیضی مورد مقایسه قرار می‌گیرند. به منظور حل عددی معادلات از نرم افزار MATLAB استفاده شده است.



شکل 1- طرحواره‌ای از سرریز به شکل نیمه بیضی.

سرریزهای جانبی یکی از اجزای اصلی در نهرهای توزیع آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشند که با انحراف آب افزون بر نیاز سطح آب را واپایش می‌کنند. سرریزهای نیم بیضی یکی از انواع سرریزهای جانبی می‌باشند که محور تاج آنها به صورت غیر خطی بوده، و طول تاج آنها بیشتر از سرریزهای خطی است. شکل (1) طرحواره‌ای را از این نوع سرریز نشان می‌دهد. از آن جا که این سازه با انحراف آب افزون بر نیاز سطح آب را واپایش می‌کند، لذا تراز سطح آب تشکیل شده بر روی این سازه از مشخصه‌های مهم در طراحی آنها می‌باشد. با مطالعه تراز سطح آب تشکیل شده بر روی این سازه، تأثیر آن بر عمق و سرعت جریان و بالعکس قابل ارزیابی خواهد بود. دی مارچ (1934) برای اولین بار، برای نهرهای مستطیلی، و با فرض ثابت بودن کارمایه در طول سرریز، و ناچیز بودن اصطکاک، معادله‌های را برای سرریزهای کناری به شکل زیر ارائه کرد:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{Q}{gB^2y^2}(-\frac{dQ}{dx})}{1 - \frac{Q^2}{gy^3B^2}} = \frac{Qy(-\frac{dQ}{dx})}{gB^2y^3 - Q^2} \quad (1)$$

از طرفی بده‌ی روی سرریز در واحد طول از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید (ابریشمی و حسینی، 1386):

$$-\frac{dQ}{dx} = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} (y - P)^{3/2} \quad (2)$$

که در آن  $C_M$  ضریب شدت جریان بوده و به ضریب دی-مارچ موسوم است؛ B عرض نهر اصلی، P ارتفاع سرریز، y عمق آب و Q: بده‌ی عبوری از روی سرریز می‌باشند.

سابرامانیا و آواستی (1972)، مطالعاتی را در مورد سرریزهای جانبی لبه تیز انجام داده و با اندازه‌گیری نیمرخ سرعت نشان دادند که سرریز جانبی مستطیلی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر توزیع سرعت در مجاورت آن خواهد داشت. ایزدی‌نیا و همکاران (1387)، با استفاده از اندازه‌گیری ناحیه‌ی جدایی جریان، نیمرخ سطح آب و نیمرخ سرعت را در شبیه سرریز جانبی تاج دایره‌ای، ویژگیهای جریان این سازه‌ها بررسی نمودند. امیراوقلو و همکاران (2011)، نیمرخ سطح آب را برای سرریز جانبی ساده مطالعه کردند.

به آبگیر بالادست، صورت می‌گیرد. آب در مدار بسته از منبع اصلی به آبگیر کوچک ابتدای نهر پایه‌دار فرستاده شده، در آن‌جا با عبور از یک آرام کننده وارد نهر پایه‌دار می‌شود. اندازه‌گیری بدهی آب ورودی به نهر به‌وسیله‌ی آب‌شمار حجمی تعبیه شده در مسیر لوله ورودی در زمان مشخص انجام می‌گردد.

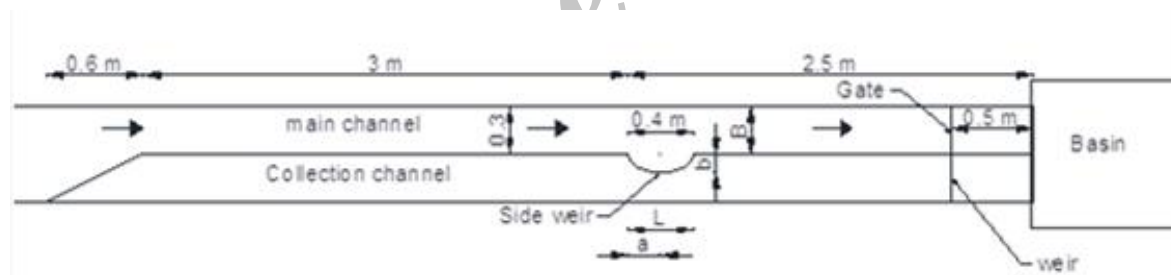
به منظور نصب سرریز جانبی و ایجاد نهر فرعی، با قرار دادن یک صفحه از جنس گالوانیزه (همان طور که در شکل (2) مشاهده می‌شود) نهر پایه‌دار به دو بخش نهر اصلی و فرعی به موازات یکدیگر تقسیم شده است. نهر اصلی و فرعی هر دو دارای عرض 30 سانتی‌متر و ارتفاع 60 سانتی‌متر می‌باشند. نهر فرعی آب تخلیه شده به‌وسیله‌ی سرریز جانبی را به حوضچه‌ی انتهایی منتقل می‌کند، و از یک سرریز مستطیلی از قبل واسنجی شده برای تعیین بدهی نهر فرعی (بده سرریز جانبی)، استفاده می‌گردد. در انتهای نهر اصلی یک دریچه‌ی متحرک جهت واپایش سطح پایاب شبیه سرریز قرار دارد.

### جدول 1- مشخصات سرریزهای گروههای A، B، C و D

گروه	طول سرریز (متر)	ارتفاع سرریز (متر)
A	0/2	0/2
B	0/2	0/4
C	0/4	0/2
D	0/4	0/4

### مواد و روشها

کلیه‌ی عملیات آزمایشگاهی در نهر پایه‌دار شیب‌پذیر آزمایشگاه مکانیک سیالات و هیدرولیک دانشگاه شهرکرد انجام پذیرفت. این نهر پایه‌دار مستطیلی شکل دارای دیواره‌های شفاف (از جنس پلاکسی گلاس) و کف گالوانیزه، به ابعاد  $60 \times 60$  سانتی‌متر و طول 20 متر می‌باشد. نهر پایه‌دار با کاربرد تلمبه‌ای با حداکثر بدهی 70 لیتر بر ثانیه تغذیه می‌شود. تنظیم بدهی خروجی از تلمبه به‌وسیله‌ی شیر تنظیم تعبیه شده پیش از دهانه‌ی ورودی



شکل 2- طرحی از نهر آزمایشگاهی مورد استفاده.

بیضی،  $Fr_1$  عدد فرود در بالادست سرریز جانبی در نهر اصلی و  $b/a$  نسبت شعاع کوچک به شعاع بزرگ سرریز نیم بیضی (میزان انحنای سرریز نیم بیضی) می‌باشند. هر یک از این سرریزها بطور جداگانه بر روی شبیه نصب و طی 298 آزمایش، مشخصه‌های هیدرولیکی جریان روی سرریز و در نهر اصلی مطابق جدول (2) به شرح ذیل مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

در این تحقیق، 36 سرریز با سه اندازه‌ی مختلف ارتفاع تاج سرریز (P)، 3 عرض تاج (L) و چهار انحنای مختلف (b/a) مورد آزمایش قرار گرفتند. مشخصات کلیه سرریزها در جدول (2) نشان داده شده اند. مشخصه‌های به کار رفته در جدول (2) عبارتند از: ارتفاع سرریز،  $y_1$  عمق آب بالادست سرریز در نهر اصلی، L طول سرریز، B عرض نهر اصلی، l طول ناحیه سرریز شونده، a شعاع بزرگ بیضی، b شعاع کوچک

## جدول 2- محدوده‌ی مقادیر مختلف متغیرهای استفاده شده در آزمایش.

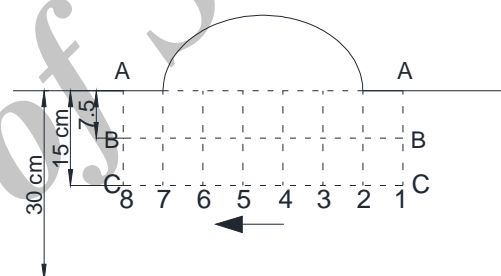
L(m)	a	b	b/a	L/l	P(m)	L/B	P/y1	Fr1	Q(lit/s)
0/4	0/2	0-0/12	0-0/6	1-0/78	0/4 .0/3 .0/2	1/33	0/7-0/98	0/09-0/7	10-70
0/3	0/15	0-0/09	0-0/6	1-0/78	0/4 .0/3 .0/2	1	0/7-0/98	0/09-0/7	10-70
0/2	0/1	0-0/06	0-0/6	1-0/78	0/4 .0/3 .0/2	0/67	0/7-0/98	0/09-0/7	10-70

جریان، باعث می‌گردد که سرعت جریان صفر شود. در این نقطه فشار به حداکثر خود می‌رسد. با حرکت سیال سرعت افزایش و فشار سیال کاهش می‌یابد. به بیان دیگر شیب فشار منفی است و جریان در لایه مرزی تند می‌شود (پازوش، 1385). در واقع، بیشتر شدن نرخ افزایش سرعت مبین تاثیر بیشتر جریانهای ثانویه ناشی از جدایی جریان منحرف شده می‌باشد. لذا، در ادامه، میانگین نرخ افزایش سرعت، که با  $\frac{dV}{dx}$  نشان داده شده است، معرف تأثیر جریانهای ثانویه می‌باشد.  $\frac{dV}{dx}$  برابر نسبت اختلاف بیشترین و کمترین مقدار سرعت بر فاصله این بازه به هنگام صعودی بودن روند سرعت است.

مطابق شکل (4) با بیشتر شدن نرخ افزایش سرعت، که مبین تاثیر جریانهای ثانویه ناشی از جریانهای انحراف یافته به وسیله سرریز است، نرخ افزایش تراز سطح آب بیشتر می‌گردد. این روند در تمامی سرریزها مشاهده می‌شود. در این تحقیق به بررسی اثر جریانهای ثانویه بر نیمرخ سطح آب در محدوده‌ی 7/5 سانتی‌متری از سرریز، می‌پردازیم.

علاوه بر آن، بررسی شکل (4) نشان می‌دهد که با افزایش بده در نهر اصلی، نیمرخ سطح آب غیریکنواخت‌تر شده است. نیمرخ سطح آب در ابتدا دارای کاهش شدید، سپس افزایشی با شیب تند می‌باشد، که علت آن به ترتیب وجود ناحیه‌ی ورودی جریان در مجاورت سرریز، و جریانهای ثانویه ناشی از جریانهای منحرف شده به وسیله سرریز است. با افزایش بده، تاثیر جریانهای ثانویه بیشتر شده و در نتیجه، نرخ افزایش سرعت نیز فزونی می‌یابد و جریان در لایه مرزی تندتر می‌شود؛ لذا، نرخ افزایش رقوم سطح آب بیشتر می‌گردد. در این تحقیق، حداکثر اختلاف عمق آب روی سرریز جانبی تقسیم بر عمق آب روی

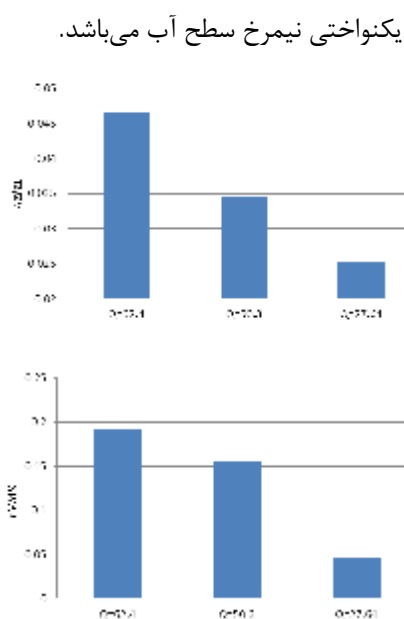
1- عمق آب: مطابق شکل (3) در در مجاورت سرریز جانبی در راستای نهر (محور AA) به وسیله‌ی عمق سنج با دقت 0/02-2 سرعت آب: مطابق شکل (3) بر روی محور BB در عمق 0/6 به وسیله‌ی دستگاه سرعت سنج Vectrino ساخت شرکت Nortek. 3- شدت جریان تخلیه شده از سرریز جانبی: به وسیله‌ی سرریز واسنجی شده در انتهای نهر فرعی.



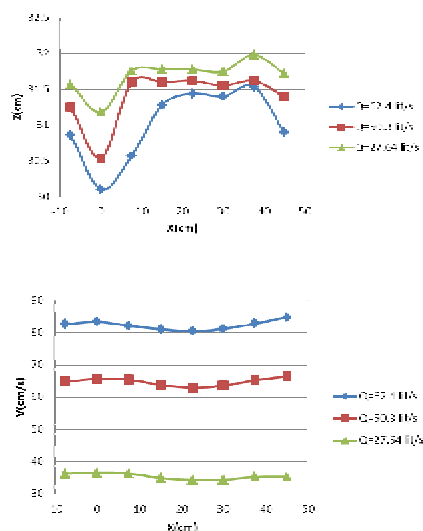
شکل 3- شبکه بندی در نظر گرفته شده در مجاورت سرریز

## نتایج و بحث

در شکل (4)، روند افزایشی رقوم سطح آب در جهت محور AA، در یک سرریز ساده به ارتفاع 30 و طول 40 سانتی‌متر مشخص می‌باشد. تراز سطح آب در مجاورت سرریز جانبی ابتدا کاهش یافته و به کمترین مقدار خود می‌رسد، که علت آن تاثیر ورودی سرریز بر جریان بالادست است. سپس عمق آب افزایش می‌یابد. چنین روندی که در سرریزهای دیگر نیز مشاهده می‌شود به علت تأثیر جریانهای ثانویه ناشی از جدایی جریان منحرف شده به وسیله سرریز می‌باشد (امیرقلو و همکاران، 2011). هرچه جریانهای ثانویه بیشتر باشد، این افزایش نیز افزایش می‌یابد. چنین روندی در تمامی سرریزها مشاهده می‌شود. طبق قانون اول نیوتن، جریان تمایل به حفظ حالت اولیه‌ی خود را دارد؛ از طرفی، سرریز با انحراف بخشی از



سرریز  $\left(\frac{\Delta Z}{Z_1}\right)$  بیانگر نرخ افزایش رقوم سطح آب یا



شکل 4- تراز سطح آب و نیمرخ سرعت در یک نمونه سرریز.

که جریانهای عرضی منجر به ایجاد ناحیه جدایی در انتهای سرریز می‌گردند و در پی آن کارمایه‌ی توانی کاهش یافته و به کارمایه‌ی جنبشی تبدیل می‌گردد. این محققین، همچنین، با ترسیم خطوط جریان مطابق شکل (7) تأثیر ناحیه جدایی را در انتهای سرریز نشان دادند. از مقایسه‌ی مطالعه حاضر با دو نظریه‌ی فوق می‌توان بیان نمود که نتایج با هم همخوانی داشته و صحیح می‌باشند.

جدول (3) تأثیر افزایش بده را در نهر اصلی بر یکنواختی نیمرخ سطح آب و نیمرخ سرعت در سرریز گروههای A, B, C و D نشان می‌دهد. در این جدول، برای هر یک از سرریزهای چهارگانه فوق، در محدوده‌ی بده‌ی مشخص شده، از  $\left(\frac{\Delta Z}{Z_1}\right)$  و  $\left(\frac{dV}{dx}\right)$  (به دست آمده از هر چهار حالت انحنای (b/a) برابر با صفر، 0/2، 0/4 و 0/6 میانگین گرفته شد. همان طور که بیان گردید، بیشترین اختلاف عمق آب روی سرریز جانبی تقسیم بر عمق آب روی سرریز  $\left(\frac{\Delta Z}{Z_1}\right)$  معرف یکنواختی نیمرخ سطح آب و نرخ افزایش سرعت،  $\left(\frac{dV}{dx}\right)$  معرف تأثیر جریانهای ثانویه می‌باشد.

با توجه به جدول (3)، با افزایش بده در سرریز گروههای A, B, C و D، نرخ افزایش سرعت بیشتر می‌گردد، که بیانگر تبدیل کارمایه‌ی توانی به کارمایه‌ی

ایزدی نیا و همکاران (1387) مطابق شکل (5) به بررسی رقوم سطح آب را در امتداد چهار محور در راستای طولی نهر، بر روی سرریز جانبی تاج دایره‌ای پرداختند. نتایج آنها نشان دادند که نیمرخ سطح آب در امتداد هر چهار محور افزایش می‌یابد و تغییرات سطح آب در امتداد محور aa (مجاور سرریز) نسبت به نیمرخ سطح آب در سه محور دیگر شدیدتر بوده، که به علت وجود ناحیه جدایی جریان و جریانهای ثانویه در مجاورت سرریز جانبی است. امیراوقلو و همکاران (2011) نیمرخ سطح آب را در امتداد نهر در مجاورت سرریز جانبی ساده اندازه‌گیری کرده و بیان نمودند که در تمامی مشاهده‌ها مطابق شکل (6)، عمق آب در بالادست سرریز جانبی کمتر از عمق آب در پایین دست سرریز جانبی می‌باشد. همچنین، تراز سطح آب در مجاورت سرریز جانبی افت کمی در قسمت ابتدایی سرریز دارد، که الخشاب (1975) و امیراوقلو و همکاران (2010) علت این پدیده را تأثیر ورودی سرریز بر جریان بالادست می‌دانستند. امیراوقلو و همکاران (2011)، همچنین، بیان نمودند که پس از این ناحیه، رقوم سطح آب به سرعت به سمت انتهای سرریز افزایش می‌یابد، و از اواسط سرریز نرخ افزایش کاستی پذیرد. آنها دلیل این رفتار آب را تأثیر جریانهای ثانویه ناشی از جریانهای عرضی دانستند. پدیده‌ی مزبور به این صورت توجیه شد

نقطه‌ی سکون می‌گردد. با حرکت جریان از روی این ناحیه، سرعت افزایش یافته و فشار سیال کاهش می‌یابد، که منجر به غیر یکنواخت‌تر شدن رقوم سطح آب می‌گردد.

جنبشی در انتهای سرریز می‌باشد. لذا، رقوم سطح آب غیر یکنواخت‌تر می‌گردد. بنابراین، می‌توان گفت با افزایش بده در نهر اصلی، مقدار لختی ذرات آب در راستای طولی نهر بیشتر شده، و از طرفی، سرریز با انحراف بخشی از جریان باعث ایجاد ناحیه‌ی جدایی و تمایل بیشتر جریان به

جدول 3 - میانگین بیشترین اختلاف عمق آب بر عمق آب در ابتدای سرریزها، و میانگین نرخ افزایش سرعت در گروه‌های A, B, C و D.

Q > 37 Lit/s			Q < 37 Lit/s			مشخصات سرریزها
$\frac{dV}{dx}$	$\frac{\Delta Z}{Z_1}$	Q <sub>2</sub> (Lit/s)	$\frac{dV}{dx}$	$\frac{\Delta Z}{Z_1}$	Q <sub>1</sub> (Lit/s)	
0/228	0/127	47/85	0/055	0/064	26/69	A
0/098	0/039	64/55	0/095	0/026	36/09	B
0/125	0/055	38/19	0/028	0/05	22/42	C
0/103	0/019	58/47	0/03	0/015	30/41	D

با توجه به شکل (8)، و مقایسه‌ی سرریزهای گروه A با C و سرریزهای گروه B با D، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش طول سرریز، در سرریزهای ساده و کنگره‌ای به شکل نیم بیضی، باعث یکنواخت‌تر شدن نیمرخ سطح آب می‌گردد. همچنین، مشاهده می‌شود که نرخ فزونی سرعت، با افزایش طول سرریز، کاهش می‌یابد که بیانگر کاهش جریانهای ثانویه در سرریز می‌باشد. بنابراین، با افزایش طول سرریز در کلیه‌ی سرریزها، جریانهای ثانویه کاهش می‌یابند، که منجر به یکنواختی نیمرخ سطح آب می‌گردد.

همچنین، با افزایش انحنای سرریزهای کنگره‌ای نیمه بیضوی، یا همان نسبت شعاع کوچک به شعاع بزرگ سرریز نیم بیضی (b/a)، میانگین بیشترین اختلاف عمق آب بر روی عمق آب در ابتدای سرریز، و میانگین نرخ افزایش سرعت کاهش می‌یابد، که مبین یکنواخت‌تر شدن نیمرخ سطح آب بر اثر افزایش طول سرریز در عرض ثابت سرریزهای کنگره‌ای نیمه بیضوی می‌باشد. در کل می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تراز سطح آب در سرریزهای نیمه بیضوی یکنواخت‌تر از تراز سطح آب در سرریزهای ساده می‌باشد. همچنین، نسبت حداکثر اختلاف عمق آب به عمق آب در ابتدای سرریز نیمه بیضوی کمتر از سرریز تخت است.

شکل (8) یکنواختی نیمرخ سطح آب را به وسیله‌ی میانگین  $\frac{\Delta Z}{Z_1}$  به دست آمده از بده‌های مختلف، و تأثیر جریانهای ثانویه را به وسیله‌ی میانگین  $\frac{dV}{dx}$  به دست آمده از بده‌های مختلف در سرریزهای گروه A, B, C و D در 4 انحنای مختلف سرریز (b/a) نشان می‌دهد. از مقایسه‌ی سرریزهای گروه A با B، و سرریزهای گروه C با D، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ارتفاع سرریز، در سرریزهای تخت (با نسبت شعاع کوچک به شعاع بزرگ برابر با صفر) و کنگره‌ای نیمه بیضوی (با نسبت شعاع کوچک به شعاع بزرگ برابر 0/2، 0/4 و 0/6) باعث یکنواخت‌تر شدن نیمرخ سطح آب می‌گردد. همچنین، با توجه به شکل (8) نرخ افزایش سرعت، با افزایش ارتفاع سرریز، کاهش می‌یابد، که بیانگر کاهش جریانهای ثانویه در محل نصب سرریز می‌باشد. بنابراین، با افزایش ارتفاع در کلیه‌ی سرریزها، جریانهای ثانویه کاهش می‌یابند، که منجر به یکنواختی نیمرخ سطح آب می‌گردد. ایزدی‌نیا و همکاران (1387) بیان نمودند که در آزمایشهای صورت گرفته بر روی سرریز جانبی تاج دایره‌ای، با افزایش ارتفاع سرریز، نیمرخ سطح آب یکنواخت‌تر می‌گردد، که با نتایج به دست آمده در سرریز جانبی کنگره‌ای نیمه بیضوی مطابقت دارد.

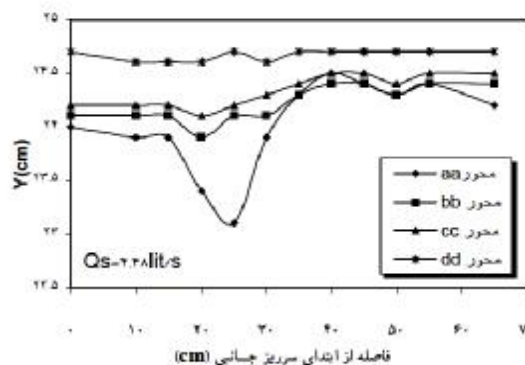
روش عددی دارای مقدار بیشتری نسبت به مقادیر مشاهده‌ای است که با فاصله گرفتن از انتهای سرریز تا 5 سانتی‌متر قبل از نقطه ابتدای آن، این اختلاف بیشتر می‌گردد. در نقطه‌ی ابتدایی این مقدار کاهش یافته یا ثابت باقی می‌ماند.

با توجه به شکل‌های (11) و (12)، که مربوط به سرریزهای گروه C و D می‌باشند به‌طور کلی، نیمرخ حاصل از روش عددی و مشاهده‌ای روند یکسانی داشته، به جز نواحی ابتدایی و انتهایی سرریز، که به ترتیب به دلیل تأثیر ورودی جریان و جریانهای ثانویه می‌باشد. همان‌طور که در بخش قبل در مورد علت تأثیر جریانهای ثانویه بر نیمرخ سطح آب توضیح داده شد، شیب فشار منفی در این ناحیه منجر به افزایش سرعت جریان در این ناحیه، افزایش افت کارمیه، و در نتیجه افزایش شیب تراز سطح آب در این ناحیه می‌گردد. این عامل در معادله‌ی ارائه شده به‌وسیله‌ی دی مارچ برای جریان متغیر مکانی با کاهش بده، نادیده گرفته شده است.

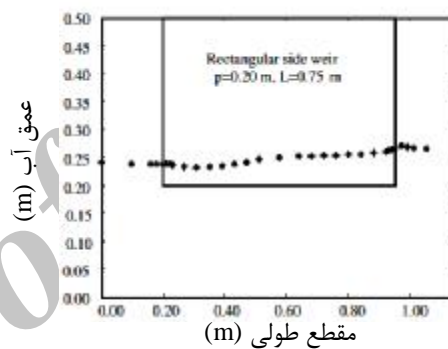
ایزدی نیا (1387)، به مقایسه نیمرخ حاصل از حل عددی و اندازه‌گیری شده در سرریزهای تاج دایره‌ای پرداخت و مشاهده نمود که نیمرخ حاصل از حل عددی دارای مقدار کمتری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد، و با فاصله گرفتن از انتهای سرریز این دو از یکدیگر دور می‌شوند، به‌طوری که بیشترین تفاوت در ابتدای سرریز می‌باشد. این در حالی است که در مطالعه‌ی حاضر نیمرخ حاصل از حل عددی دارای مقدار بیشتری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده است. علت این عدم تطابق تفاوت در نوع تاج سرریز، محدوده‌ی ارتفاع سرریز تحت بررسی، و ناچیز فرض کردن تغییرات کارمیه‌ی مخصوص در مطالعه‌ی حاضر می‌باشد در حالی که این محقق تغییرات کارمیه را در محاسبات خود در نظر گرفت و به جای استفاده از معادله دی مارچ از رابطه‌ی (3) استفاده کرد.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - \frac{n^2 Q^2}{R^4 / 3A^2} + \frac{Q}{gB^2 y^2} \left(-\frac{dQ}{dx}\right)}{1 - \frac{Q^2}{gy^3 B^2}} \quad (3)$$

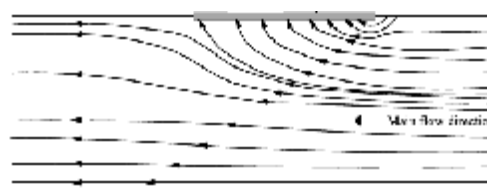
با وجود خطا در برآورد مقادیر  $n$  (ضریب زبری) و عمق جریان، تغییرات کارمیه‌ی مخصوص بیش از مقدار



شکل 5- نیمرخ طولی سطح آب در امتداد چهار محور، (ایزدی نیا و همکاران، 1387).



شکل 6- تراز سطح آب در طول سرریز جانبی ساده، امیراوقلو و همکاران، (2011).



شکل 7- خطوط جریان امیراوقلو و همکاران (2011).

### حل عددی معادله‌ی پویایی نیمرخ سطح آب:

معادلات (1) و (2) با استفاده از روش رانج کوتای مرتبه‌ی چهارم حل گردیدند، برای این منظور برنامه‌ای رایانه‌ای با استفاده از نرم افزار MATLAB نوشته شد. با توجه به این که در مطالعه‌ی حاضر در کلیه آزمایشها جریان زیر بحرانی می‌باشد، واپایش جریان در پایین دست انجام می‌شود.

با توجه به شکل‌های (9) و (10) که به ترتیب مربوط به سرریزهای گروه A و B می‌باشند، نیمرخ حاصل از

تغییرات کارمایه بیش از مقدار واقعی در محاسبه‌های این محقق می‌باشد. با افزایش طول سرریز این خطا بیشتر می‌گردد.

مقایسه‌ی سرریز گروه‌های B و C نشان می‌دهد که افزایش طول سرریز نسبت به افزایش ارتفاع سرریز، تأثیر بیشتری بر کاهش میزان خطا دارد، بطوری که درصد متوسط خطا در سرریز گروه‌های A، B، C و D به ترتیب برابر با 7/39٪، 2/91٪، 2/67٪ و 1/13٪ می‌باشند. با توجه به این که متوسط درصد خطا در سرریز گروه‌های B، C و D کمتر از 5٪ است، حل عددی در این گروه از سرریزها از دقت خوبی برخوردار می‌باشد، در حالی که در گروه A، اندازه‌ی خطا بیشتر از حد مجاز (5٪) است، که علت آن تأثیر بیشتر جریانهای ثانویه در ارتفاعها و طولهای کمتر سرریز، و در نتیجه افزایش افت کارمایه و افزایش شیب تراز سطح آب است. به عبارت دیگر، نادیده گرفتن جریانهای ثانویه در معادله‌ی دی‌مارچ در سرریز گروه A مشهودتر است.

جدول 4- درصد خطای محاسبه شده از طریق حل عددی و مقادیر مشاهده‌ای در سرریزهای گروه‌های A، B، C و D به ازای  $b/a$  برابر 0، 0/2، 0/4 و 0/6.

نوع سرریز	سرریز ساده ( $b/a=0$ )	$b/a=0/2$	$b/a=0/4$	$b/a=0/6$
A	8/46	7/59	6/88	6/85
B	2/88	2/87	2/64	1/92
C	2/89	2/69	2/45	2/43
D	1/99	0/98	0/74	0/72

شکل‌های (14) و (15) تأثیر کاهش بده، و جدول (4) تأثیر افزایش  $(b/a)$  را بر میزان متوسط خطا در هر 4 گروه تعریف شده‌ی فوق نشان می‌دهند. با توجه به شکل‌های (14) و (15) و جدول (4)، کاهش بده و افزایش  $(b/a)$ ، منجر به کاستی اندازه‌ی خطای داده‌های به‌دست آمده از روش عددی و اندازه‌گیری شده می‌گردد، زیرا کاهش بده و افزایش  $(b/a)$  منجر به کم شدن جریانهای ثانویه، و تطابق بیشتر داده‌های به‌دست آمده از روش عددی و اندازه‌گیری شده می‌گردد.

واقعی برآورد شده است. لذا، نیمرخ حاصل از حل عددی در پژوهش ایزدی نیا (1387) دارای مقدار کمتری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد، در حالی که در مطالعه‌ی حاضر متوسط خطا بیش از مقادیر مشاهده‌ای است که ناشی از نادیده گرفتن تغییرات کارمایه‌ی مخصوص می‌باشد.

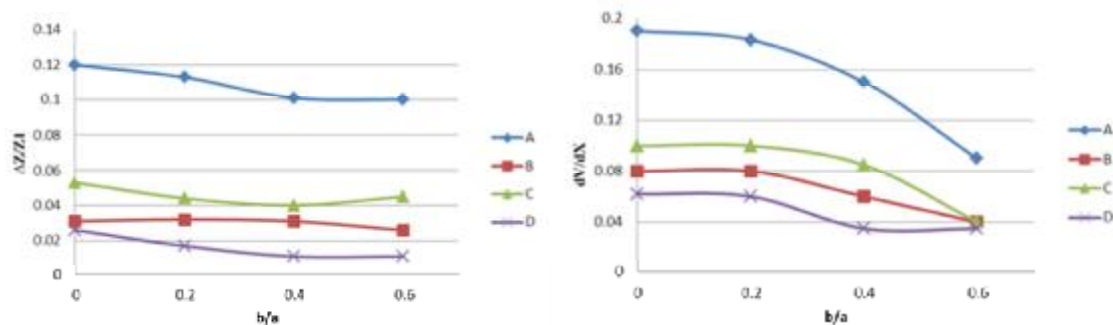
در ادامه، میزان خطای محاسبه شده از طریق حل عددی و مقادیر واقعی در سرریزهای مختلف مورد بحث قرار می‌گیرد. این میزان عبارت است از نسبت در صد بیشترین تفاوت مقادیر حاصل از حل عددی و مشاهده‌ای بر متوسط عمق آب در مجاورت سرریز.

شکل (13) میزان خطای محاسبه شده از طریق حل عددی و مقادیر واقعی در سرریزهای مختلف را مورد بحث قرار می‌دهد. این میزان عبارت است از نسبت در صد بیشترین تفاوت مقادیر حاصل از حل عددی و مشاهده‌ای بر متوسط عمق آب در مجاورت سرریز.

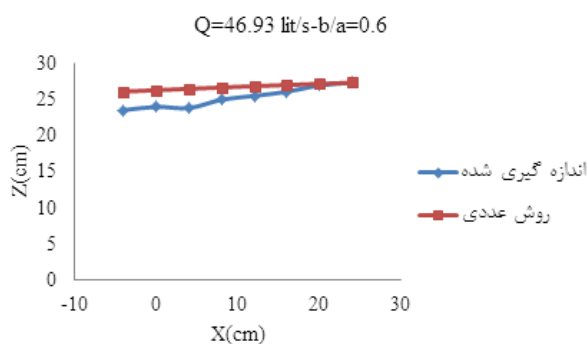
شکل (13) اندازه‌ی متوسط خطای حل عددی معادله پویایی را در سرریز گروه‌های A، B، C و D نشان می‌دهد. از مقایسه‌ی میزان متوسط خطا و نیمرخهای به‌دست آمده در گروه‌های A با B و C با D می‌توان بیان نمود که با افزایش ارتفاع، تأثیر جریانهای ثانویه کمتر شده، که در نتیجه منجر به کاهش میزان خطا گردیده است. ایزدی نیا (1387)، با مقایسه‌ی تراز سطح آب اندازه‌گیری و محاسبه شده از روش عددی، مشاهده کرد که حل عددی از دقت خوبی در برآورد نیمرخ سطح آب در ارتفاعهای زیاد برخوردار است.

مقایسه سرریز گروه‌های A با C و B با D، در شکل (13) نشان می‌دهد که با افزایش طول سرریز تأثیر جریانهای ثانویه کم شده، که منجر به کاهش میزان افت کارمایه و در نتیجه کاهش میزان خطای حل عددی می‌گردد. ایزدی نیا (1387) با مقایسه‌ی تراز سطح آب اندازه‌گیری و محاسبه شده از روش عددی نتیجه گرفت که با افزایش طول سرریز اندازه‌ی متوسط خطای روش حل عددی افزایش می‌یابد، که با نتایج حاضر مغایر است. دلیل این عدم تطابق تفاوت در نوع تاج سرریز، محدوده‌ی ارتفاع سرریز مورد بررسی، و همچنین در نظر گرفتن

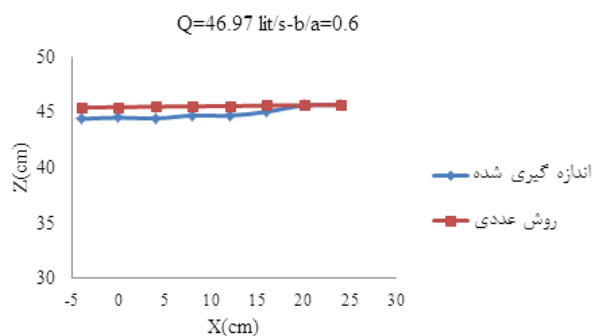




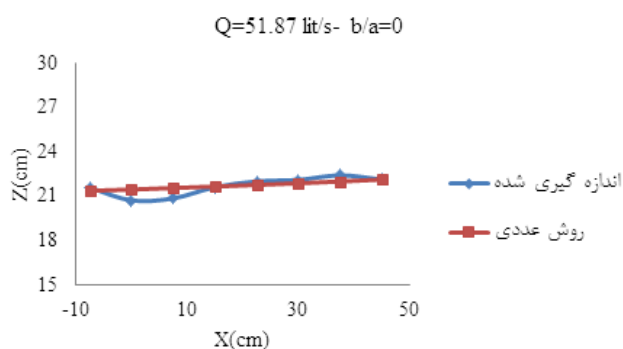
شکل 8- متوسط بیشترین اختلاف عمق آب به عمق آب در ابتدای سرریز و میانگین نرخ افزایش سرعت در سرریز های گروههای A، B، C و D در سرریز های ساده (با نسبت شعاع کوچک به شعاع بزرگ برابر صفر)، و سرریز های نیمه بیضوی با نسبت شعاع کوچک به شعاع بزرگ (b/a) برابر 0/2، 0/4 و 0/6.



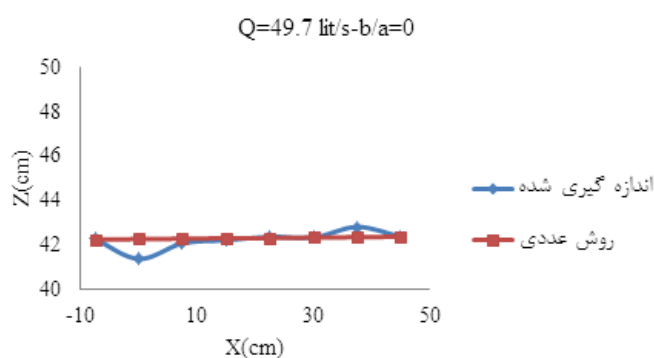
شکل 9- نیمرخ‌های به‌دست آمده از حل عددی معادله پویایی و مقادیر اندازه گیری شده در یک نمونه‌ی سرریز گروه A.



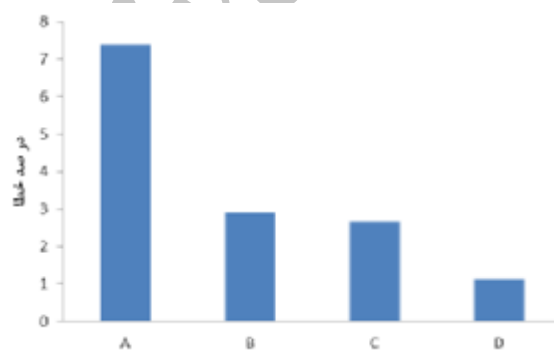
شکل 10- نیمرخ‌های به‌دست آمده از حل عددی معادله پویایی و مقادیر اندازه گیری شده در یک نمونه‌ی سرریز گروه B.



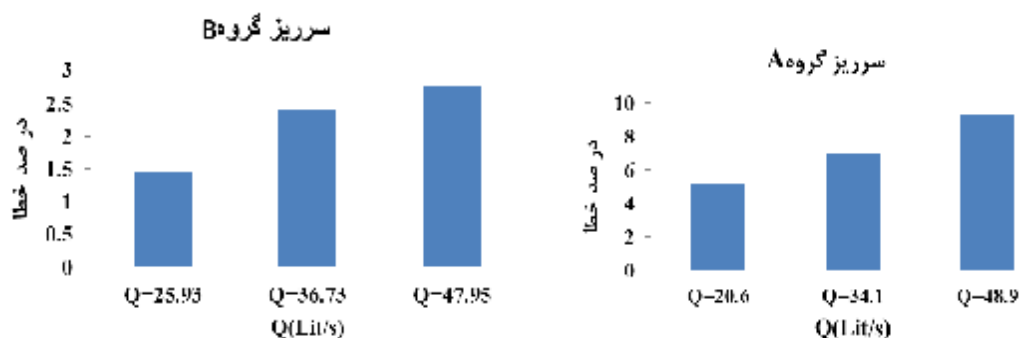
شکل 11- نیمرخ‌های به‌دست آمده از حل عددی معادله پویایی و مقادیر اندازه گیری شده در یک نمونه‌ی سرریز گروه C.



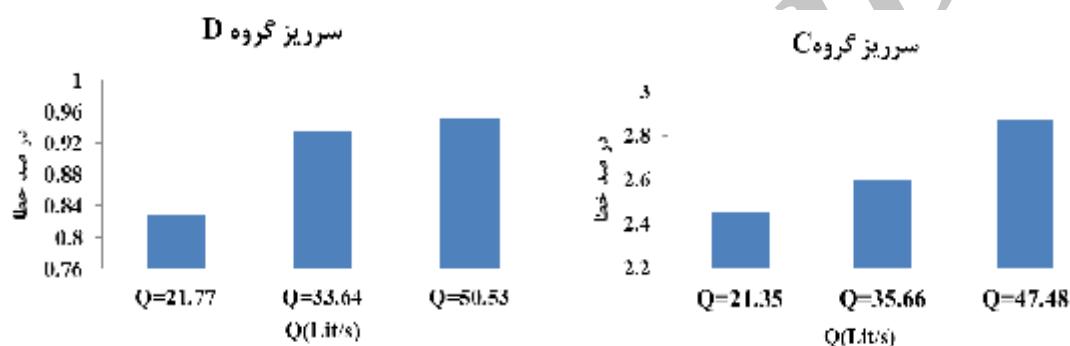
شکل 12- نیمرخ‌های به‌دست آمده از حل عددی معادله پویایی و مقادیر اندازه گیری شده در یک نمونه‌ی سرریز گروه D.



شکل 13- اندازه‌ی خطای محاسبه شده از طریق حل عددی، و مقادیر مشاهده‌ای در سرریز‌های گروه‌های A، B، C و D.



شکل 14: اندازه‌ی خطای محاسبه شده از طریق حل عددی و مقادیر مشاهده‌ای در سرریزهای گروه‌های A و B به ازای بده‌های مختلف.



شکل 15: میزان خطای محاسبه شده از طریق حل عددی و مقادیر مشاهده‌ای در سرریزهای گروه‌های C و D به ازای بده‌های مختلف.

6- حل عددی معادلات دی‌مارچ تأثیر جریانهای ثانویه را نادیده گرفته است؛ لذا، هر چه جریانهای ثانویه ناشی از جریانهای عرضی بیشتر گردد، افت کارامیه نیز بیشتر می‌شود؛ در نتیجه، این روش دقت خود را از دست می‌دهد، بطوری که در سرریز گروه A، که دارای کمترین طول و ارتفاع می‌باشد، خطای این روش بیش از حد مجاز (5%) است.

#### منابع

1. ابریشمی، ج. و م. حسینی. 1386. هیدرولیک نهر های باز (چاپ شانزدهم). دانشگاه امام رضا(ع) - مشهد، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.
2. ایزدی نیا، ا. م. حیدرپور و ع. ا. اسماعیلی. 1387. بررسی الگوی جریان روی سرریزهای جانبی تاج دایره ای. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره 46 (ب): 815-826.

#### نتیجه گیری

- 1- نیمرخ سطح آب برای سرریزهای جانبی ساده و نیمه بیضوی در شرایط زیر بحرانی، به صورت افزایشی می‌باشد.
- 2- تراز سطح آب در ابتدا کاهش یافته، که به علت جدایی جریان بر اثر ورودی است؛ سپس تراز سطح آب افزایش یافته که به دلیل تأثیر جریانهای ثانویه می‌باشد.
- 3- با افزایش بده در نهر اصلی، تأثیر جریانهای ثانویه بیشتر گردیده که منجر به غیر یکنواخت تر شدن تراز سطح آب می‌گردد.
- 4- افزایش ارتفاع و افزایش طول سرریز باعث کاهش جریانهای ثانویه، و در نتیجه یکنواخت تر شدن تراز سطح آب می‌گردد.
- 5- تراز سطح آب در سرریزهای کنگره‌ای نیمه بیضوی یکنواخت تر از سرریزهای ساده می‌باشد.

3. ایزدی نیا، ا. 1387. بررسی ویژگیهای هیدرولیکی سرریزهای جانبی تاج دایره ای. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
4. پازوش، ه. 1385. مکانیک سیالات و هیدرولیک مهندسی (چاپ اول). موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
5. De- Marchi, G. 1934. Essay on the performance of lateral weirs. *Energia Elettrica* 11:849-860.
6. El-Khashab, A.M.M. 1975. *Hydraulics of flow over side weirs*. Ph.D. : University of Southampton, England.
7. Emiroglu, M.E, N. Kaya, and H. Agaccioglu. 2010. Discharge capacity of labyrinth side-weir located on a straight channel. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE*. 136:37-46.
8. Emiroglu, M.E, N. Kaya, and H. Agaccioglu. 2011. Discharge capacity of rectangular side-weir in a straight open channel. *Flow Measurement and Instrument* 22:319-330
9. Subramanya, K., and S.C. Awasthy. 1972. Spatially varied flow over side weirs. *J. Hydraul. Div. ASCE* 98:1-10.

Archive