

## «یادداشت تحقیقاتی»

# بررسی عددی هیدرولیک آبگیرهای جانبی رودخانه‌ای با استفاده از مدل عددی SSIIM2

حمید شاملو<sup>۱\*</sup>، عادل اثنی عشری<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

\* تهران، صندوق پستی ۴۴۱۶-۱۵۸۷۵

[hshamloo@yahoo.com](mailto:hshamloo@yahoo.com)

**چکیده-** در نواحی که جریان سیلاب حاوی رسوبهای زیادی می‌باشد، بخشی از رسوبها همراه جریان وارد کانال آبگیر شده و در قسمتهای مختلف کانال از جمله در ناحیه گردابی ورودی کانال آبگیر که معروف به ناحیه جدایی جریان می‌باشد، ترسیب می‌کند. رسوب‌گذاری در ناحیه گردابی، ظرفیت انتقال کانال را کاهش می‌دهد، از این رو شناخت ابعاد ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه شبیه‌سازی عددی هیدرولیک جریان در آبگیری از مسیر مستقیم یک کانال مستطیلی به کمک نرم‌افزار SSIIM2 انجام شده است. در این تحقیق از میان پارامترهای اصلی مؤثر بر جریان، اثر نسبت عرض دو کانال، زاویه آبگیری، عدد فرود جریان و نسبت دبی توزیع شده در دو کانال بر ابعاد ناحیه جدایی جریان بررسی شده و نتایج عددی حاصل با نتایج آزمایشگاهی و عددی متعدد محققان مقایسه و مطابقت خوبی بین آنها مشاهده شد. بر این اساس روابط مناسبی برای پیش‌بینی این پارامترها در گستره وسیعتر عددی توسعه داده شد. مدل آشفستگی مورد استفاده در این تحقیق با توجه به مطالعات انجام شده قبلی، مدل آشفستگی  $k-\omega$  است.

**کلیدواژگان:** آبگیر جانبی، هیدرولیک جریان، ناحیه جدایی جریان، مدل عددی SSIIM2، مدل آشفستگی  $k-\omega$ .

## ۱- مقدمه

آبگیر حالت چرخشی داشته و در واقع، این ناحیه از کانال جانبی تأثیری در مقدار تخلیه جریان ندارد و فقط از سطح مقطع مؤثر آبگیر می‌کاهد. بنابراین شناخت خصوصیات هیدرولیکی جریان و هر اقدامی که باعث کاهش جریان‌های گردابی در دهانه آبگیر شود، کاهش تجمع رسوب در دهانه آبگیر و همچنین کاهش رسوبهای ورودی به آبگیر را در پی دارد. Law و Reynolds (1966)

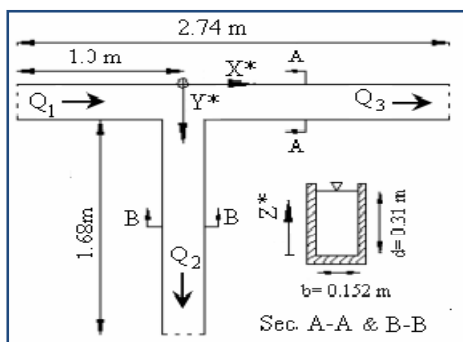
انحراف آب رودخانه از مسیر طبیعی خود از گذشته‌های دور برای مصارفی مانند کشاورزی و آبرسانی شهری انجام شده است. جریان منحرف شده به درون آبگیر خصوصیات پیچیده‌ای داشته و در آن نواحی جدایی جریان در کانال اصلی و آبگیر ایجاد می‌شود. در این ناحیه از جریان، ذرات سیال در کناره دیواره ورودی کانال

توزیع شده، نسبت‌های مختلف عرض، عدد فرود جریان ورودی و زاویه آبگیری بر ابعاد ناحیه جدایی جریان به صورت عددی مطالعه شده و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه و روابطی ارائه شده است.

## ۲- نتایج و بحث

### ۲-۱- بررسی عددی مدل آزمایشگاهی

در مطالعه آزمایشگاهی Barkdoll et al. (1998) طول کانال اصلی برابر ۲/۷۴ متر و کانال آبگیر برابر ۱/۶۸ متر است که با زاویه ۹۰ درجه نسبت به آن قرار گرفته است. دبی ورودی به کانال اصلی ( $Q_1$ ) برابر ۰/۰۱۱ مترمکعب بر ثانیه، عمق جریان ( $d$ ) برابر ۰/۳۱ متر، عدد رینولدز ( $Re$ ) برابر ۴۹۶۰۰ و عرض هر دو کانال برابر ۰/۱۵۲ متر است. طرح‌واره کانال در شکل ۱ و مشخصات هیدرولیکی جریان در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱ مشخصات هندسی کانال آزمایشگاهی

(Barkdoll et al., 1998)

جدول ۱ مشخصات هیدرولیکی جریان

(Barkdoll et al., 1998)

$d$ (m)	$Q_1$ (Lit/s)	$Q_2$ (Lit/s)	$Re$	$Fr$
۰/۳۱	۱۱	۳/۴۱	۴۹۶۰۰	۰/۱۳

در این مطالعه، در ورودی کانال اصلی از شرط مرزی سرعت معین استفاده شده و مقدار سرعت میانگین که برابر ۰/۲۴۴ متر بر ثانیه است به عنوان سرعت ورودی در نظر گرفته شده است. برای مرزهای خروجی میدان

مطالعه‌ای تحلیلی و آزمایشگاهی را در کانال اصلی و آبگیر با عرض مساوی انجام داده و موفق به ارائه رابطه‌ای برای نسبت دبی‌ها و عدد فرود قبل و بعد از تقاطع شدند. (1984) Best and Reid طرح جداسازی جریان را در تقاطع ساده برای عدد فرود کمتر از ۰/۳ در پایین دست تحلیل کردند. (1993) Neary and Odgaard مطالعاتی آزمایشگاهی را در زمینه خصوصیات هیدرولیکی جریان در آبگیرهای ۹۰ درجه انجام دادند.

(1998) Barkdoll et al. به مقایسه آزمایشگاهی جریان در کانال روباز با نسبت عرض به عمق برابر ۱ به ۲ با لوله جریان با نسبت عرض به عمق برابر ۱ به ۴ پرداختند. (1994) Issa and Oliveira شبیه‌سازی سه‌بعدی جریان آشفته برای هندسه‌هایی به شکل T را انجام دادند. آنان معادلات ناویر استوکس میانگین‌گیری شده زمانی را به روش رینولدز در حالت سه‌بعدی (RANS) همراه با مدل k-ε استاندارد با توابع دیواره‌ای حل کردند. (Neary et al. 1996)

در مطالعه عددی جریان لایه‌ای سه‌بعدی در تقاطع به شکل T، بیشتر عوامل سه‌بعدی اندازه‌گیری شده در جریانهای آبگیر جانبی را بازسازی کردند. صفرزاده (۱۳۸۳) به شبیه‌سازی عددی الگوی جریان در آبگیر جانبی از قوس ۱۸۰ درجه با استفاده از مدل عددی سه‌بعدی FLUENT پرداخت. شاملو و پیرزاده (۱۳۸۶)، به بررسی عددی هیدرولیک جریان در آبگیرهای جانبی رودخانه‌ای با استفاده از نرم‌افزار FLUENT پرداختند.

کرمی مقدم و همکاران (۱۳۸۷)، به بررسی الگوی جریان در آبگیر ۵۵ درجه با گردشگری ورودی با استفاده از مدل SSIIM2 و مقایسه آن با مدل فیزیکی پرداختند. در مطالعه حاضر شبیه‌سازی عددی خصوصیات هیدرولیکی جریان در آبگیری مستقیم از کانالی با مقطع مستطیل و جداره‌های صاف به کمک نرم‌افزار SSIIM2 انجام شده است. مدل‌سازی حاضر بر مبنای مطالعات آزمایشگاهی انجام شده و برای بررسی اثر پارامترهای مؤثر، تأثیر نسبت دبی

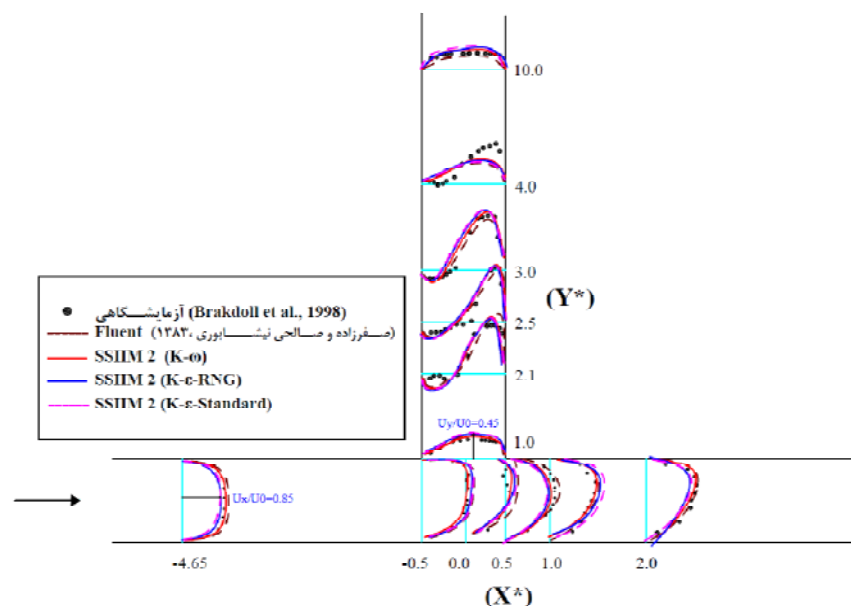
شده است.  $X^*$ ،  $Y^*$  به ترتیب فاصله در جهت محور  $x$  و  $y$  بوده که بوسیله عرض کانال آبگیر ( $b$ ) بدون بعد گردیده‌اند. نتایج عددی حاصله از نرم‌افزار *FLUENT* برگرفته از مطالعه عددی صفرزاده و صالحی نیشابوری (۱۳۸۳) می‌باشد که در آن جهت بررسی توزیع پروفیل‌های سرعت جریان از مدل آشفتگی  $k-\omega$  استفاده شده است.

با توجه به شکل ۲، تا فاصله‌ای قبل از ورودی آبگیر، پروفیل سرعت حالت گسترش یافته خود را حفظ می‌کند و با نزدیک شدن به دهانه ورودی، بخاطر فشار مکشی اعمالی از طرف آبگیر، پروفیل‌های سرعت به سمت کانال انشعاب منحرف شده و سرعت حداکثر بطرف دهانه آبگیر (مقطع  $X^* = -0.5$ ) جابجا می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود، مدل آشفتگی  $k-\omega$  در تخمین مقادیر سرعت از دو مدل دیگر آشفتگی  $k-\epsilon$  بهتر عمل کرده و مقادیر سرعت مثبت و منفی در دو کانال را با تطبیق نسبتاً خوبی با نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد و به‌عنوان مدل آشفتگی انتخابی در ادامه مدل‌سازی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

(خروجی آبگیر و کانال اصلی)، از شرط مرزی جریان خروجی استفاده شده است. با توجه به تغییر ناچیز سطح آب در این شرایط جریان، شرط مرزی تقارن به سطح آب اعمال شده است. در این مدل‌سازی، پس از بررسی مقادیر مختلف و آزمون حساسیت نسبت به ابعاد شبکه مورد نظر، ابعاد سلول‌های شبکه کانال اصلی برابر  $2 \times 2/5 \times 3/5$  سانتی‌متر، ابعاد سلول‌های شبکه کانال اصلی در نزدیکی دیواره برابر  $1 \times 2/5 \times 3/5$  سانتی‌متر و ابعاد سلول‌های شبکه کانال آبگیر برابر  $0/8 \times 2/5 \times 3/5$  سانتی‌متر به‌عنوان شبکه بهینه انتخاب شد. همچنین ابعاد شبکه در نزدیکی بستر ریزتر شد، به‌طوری‌که فاصله اولین گره از کف برابر  $1/5$  سانتیمتر باشد.

## ۲-۲- تحلیل پارامتریک

در شکل ۲، مطابق مطالعه آزمایشگاهی، پروفیل‌های سرعت بی بعد شده در نزدیکی سطح آب، برای مقاطع عرضی مختلف کانال اصلی و آبگیر به ازای دبی ثابت ورودی  $0/11$  مترمکعب بر ثانیه، نسبت دبی آبگیری ( $R$ )  $0/31$  و عدد فرود جریان ورودی ( $Fr$ )  $0/13$  نشان داده



شکل ۲ مقایسه پروفیل‌های سرعت محاسباتی و آزمایشگاهی در مقاطع مختلف عرضی کانال اصلی ( $X^*$ ) و آبگیر ( $Y^*$ )

$$\frac{L_r}{b}, \frac{W_r}{b} = F(R, Fr, \theta, \frac{b}{B}) \quad (3)$$

$L_r/b$  و  $W_r/b$  به ترتیب طول و عرض بی بعد ناحیه جدایی جریان،  $R$  نسبت دبی آبیگری،  $Fr$  عدد فرود جریان ورودی،  $\theta$  زاویه آبیگری و  $b/B$  نسبت عرض آبیگر به عرض کانال اصلی است.

### ۳-۲- بررسی اثر نسبت توزیع دبی و نسبت عرض بر ابعاد ناحیه جدایی جریان

در این قسمت تأثیر نسبت‌های مختلف عرض  $(b/B)$  ۱ و ۲ و نسبت دبی توزیع شده  $(R)$  ۰/۳۲ تا ۰/۸۱ به ازای مقدار ثابت عدد فرود جریان ورودی  $(Fr)$  ۰/۱۳ بر طول  $(L_r)$  و عرض  $(W_r)$  ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در آبیگر فقط به صورت عددی با استفاده از مدل آزمایشگاهی Barkdoll et al. (1998) در شکل ۳ بررسی شده است.

با توجه به شکل ۳ می‌توان دریافت که با افزایش نسبت عرض کانال آبیگر به کانال اصلی، طول و عرض ناحیه جدایی در آبیگر افزایش می‌یابد که از میان دلایل آن می‌توان به ثابت بودن جریان ورودی در عین افزایش عرض آبیگر اشاره کرد. تغییر  $L_r/b$  و  $W_r/b$  بر حسب  $R$  در  $b/B=1$  با نتایج عددی (Shamloo and Pirzadeh (2006) که هندسه‌هایی متفاوت با مطالعه حاضر دارند، نیز در شکل ۴ مقایسه شده است.

مقادیر  $L_r/b$  و  $W_r/b$  بر حسب نسبت‌های مختلف عرض ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ و برای دبی ثابت ورودی برابر ۰/۱۱ مترمکعب بر ثانیه و به ازای نسبت‌های توزیع دبی برابر ۰/۳۲، ۰/۵۲ و ۰/۸۱ در شکل ۵ نشان داده شده است.

از آنجا که تعداد متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در کانال آبیگر زیاد است، به منظور ارائه رابطه‌ای مشخص برای تحلیل مسأله، ابتدا برای تحلیل ابعادی، رابطه کلی بی بعد زیر استخراج می‌شود.

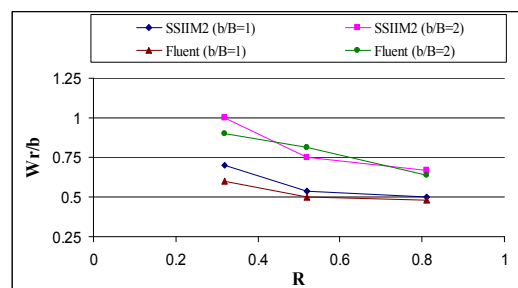
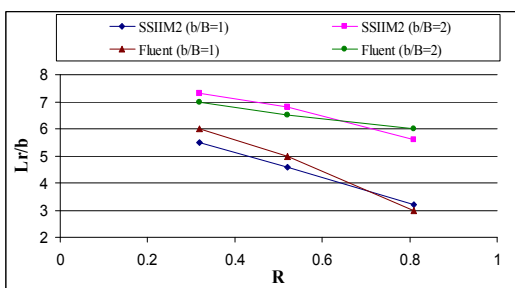
$$L_r, W_r = F(Q_M, Q_I, Fr, \theta, b, B, S, t, g, h_m, Re, K_s) \quad (1)$$

$L_r$  و  $W_r$  به ترتیب طول و عرض ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در کانال آبیگر،  $Q_M$  دبی جریان در کانال اصلی،  $Q_I$  دبی جریان در کانال آبیگر،  $Fr$  عدد فرود جریان ورودی،  $\theta$  زاویه آبیگری،  $b$  عرض کانال آبیگر،  $B$  عرض کانال اصلی،  $S$  شیب کانال اصلی،  $t$  زمان آزمایش،  $g$  شتاب ثقل،  $h_m$  عمق جریان در کانال اصلی و  $Re$  عدد رینولدز جریان و  $K_s$  زبری بستر است.

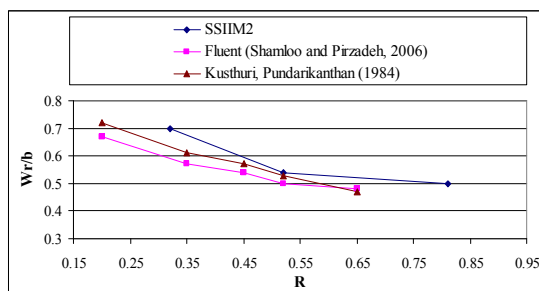
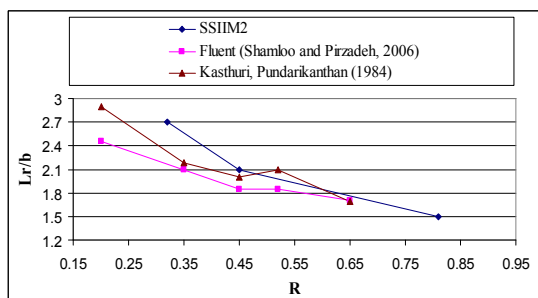
با استفاده از تحلیل ابعادی رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{L_r}{b}, \frac{W_r}{b} = F\left(\frac{Q_M}{Q_I}, Fr, \theta, \frac{b}{B}, S, t \sqrt{\frac{g}{h_m}}, Re, K_s\right) \quad (2)$$

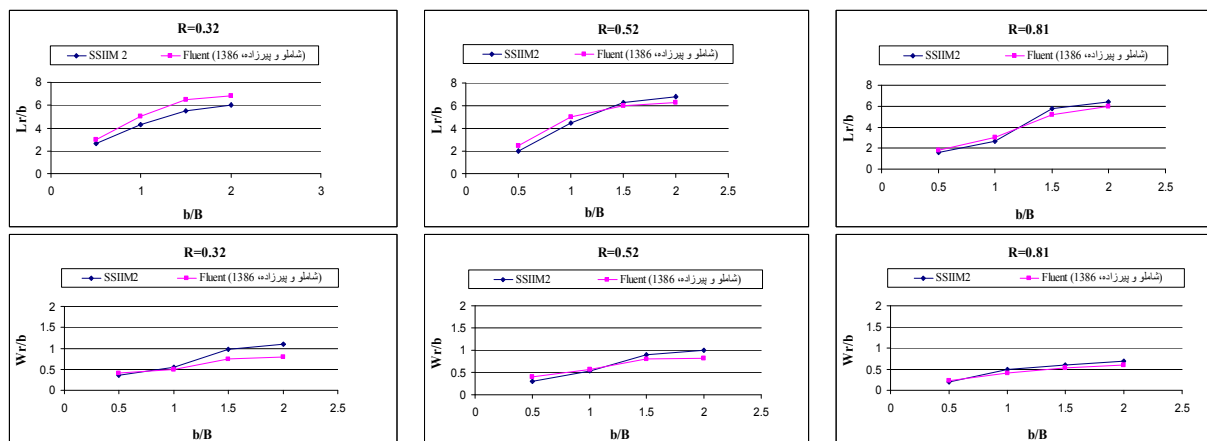
با توجه به اینکه در این آزمایش شیب کانال اصلی، عمق جریان و زمان برداشت ثابت است، بنابراین پارامترهای  $S$  و  $t \sqrt{g/h_m}$  از بین متغیرهای بی بعد حذف می‌شوند و به علت این که عدد رینولدز جریان در محدوده جریانهای آشفته قرار دارد، می‌توان از اثر لزجت در برابر اینرسی صرف نظر کرد. همچنین به علت ثابت بودن پارامتر  $K_s$  (زبری بستر) در این آزمایش، این پارامتر نیز حذف می‌شود. در نتیجه، پارامترهای بی بعد زیر برای بررسی اثر متغیرها بر  $L_r/b$  و  $W_r/b$  انتخاب شده است:



شکل ۳ مقایسه  $L_r/b$  و  $W_r/b$  برای مقادیر مختلف  $R$  در نسبت‌های مختلف عرض



شکل ۴ مقایسه تغییرات  $L_r/b$  و  $W_r/b$  برای تغییر  $R$  در تحقیق حاضر با نتایج سایر محققان



شکل ۵ مقایسه  $L_r/b$  و  $W_r/b$  برای مقادیر مختلف  $b/B$  در نسبت‌های مختلف توزیع دبی

$$\frac{W_r}{b} = 0.365 \left(\frac{b}{B}\right)^{0.415} R^{-0.296} \quad R^2 = 0.895 \quad (6)$$

$R^2$  مقدار میانگین مربعات رابطه است. در این روابط،  $\theta$  و  $Fr$  ثابت فرض شده است.

#### ۴-۲- بررسی اثر زاویه آبگیری و عدد فرود جریان ورودی بر ابعاد ناحیه جدایی جریان

در مطالعه آزمایشگاهی عباسی و همکاران (۱۳۸۳) طول کانال اصلی برابر ۱۷ متر، عرض برابر ۱/۵ متر و عمق آن ۰/۸ متر بوده است. آبگیری توسط کانال جانبی با عرض ۰/۶ متر و طول ۲/۵ متر که با زاویه ۹۰ درجه نسبت به آن قرار گرفته، انجام شده است. طرح‌واره این کانال در شکل ۶ نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۵ می‌توان دریافت که به ازای دبی یکسان ورودی به کانال اصلی، با افزایش  $b/B$ ، مقادیر  $L_r/b$  و  $W_r/b$  در بیشتر موارد افزایش می‌یابد و در تمامی موارد با افزایش  $R$ ، روند کاهش ابعاد ناحیه جدایی جریان مشاهده می‌شود. بر اساس رابطه ۳ و با حذف  $\theta$  و  $Fr$  به علت ثابت بودن آنها در این آزمایش، رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$\frac{L_r}{b}, \frac{W_r}{b} = F\left(R, \frac{b}{B}\right) \quad (4)$$

با توجه به نتایج حاصل از شکل‌های ۴ و ۵، روابط ۴ و ۵ به ترتیب برای تعیین  $L_r/b$  و  $W_r/b$  بر حسب  $R$  و  $b/B$  پیشنهاد می‌شود.

$$\frac{L_r}{b} = 3.575 \left(\frac{b}{B}\right)^{0.446} R^{-0.278} \quad R^2 = 0.845 \quad (5)$$

بر اساس رابطه ۳ و با حذف  $b/B$  و  $Fr$  (به علت ثابت بودن) رابطه ۷ به دست می آید.

$$\frac{L_r}{b}, \frac{W_r}{b} = F(R, \theta) \quad (7)$$

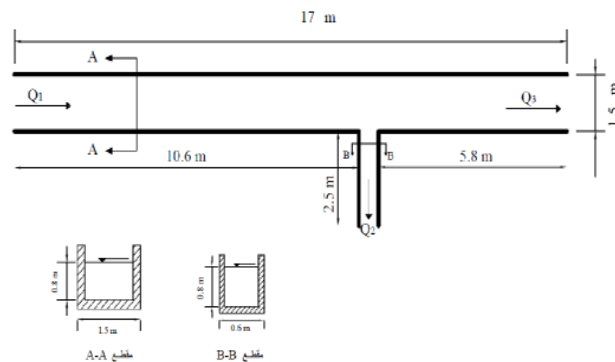
با توجه به نتایج شکل ۶، رابطه‌های ۸ و ۹ به ترتیب برای تعیین  $L_r/b$  و  $W_r/b$  بر حسب  $R$  و  $\theta$  (رادیان) پیشنهاد می شود.

$$\frac{L_r}{b} = 0.583(\theta)^{-0.578} R^{-0.965} \quad R^2 = 0.912 \quad (8)$$

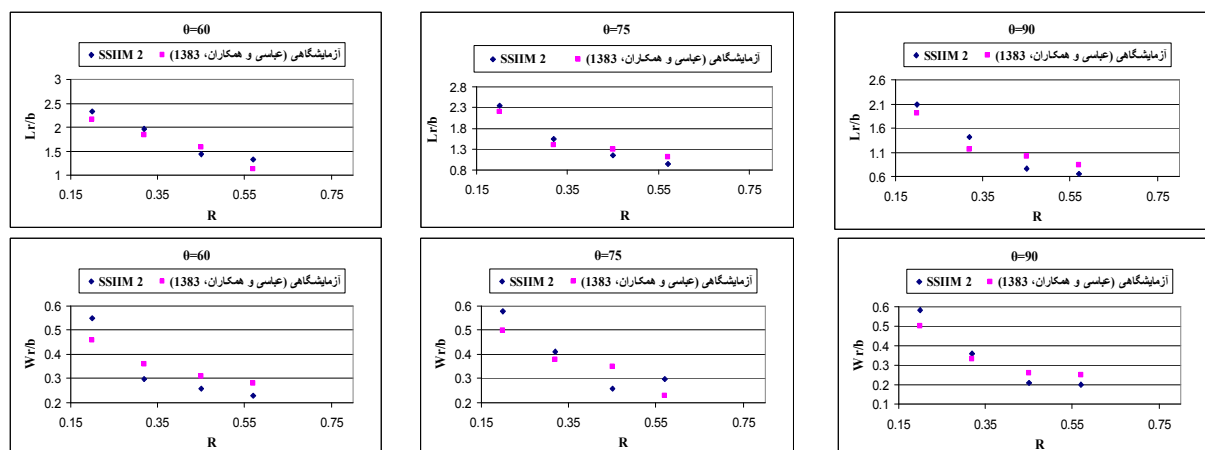
$$\frac{W_r}{b} = 0.168(\theta)^{-0.481} R^{-0.852} \quad R^2 = 0.935 \quad (9)$$

با استفاده از نتایج، رابطه‌های ۱۰ و ۱۱ به ترتیب برای تعیین  $L_r/b$  و  $W_r/b$  بر حسب  $\theta$  رادیان پیشنهاد می شود.

ابتدا تأثیر چهار نسبت توزیع دبی ( $R$ ) برابر  $0.2$ ،  $0.32$ ،  $0.45$  و  $0.57$  در سه زاویه آبگیری  $60^\circ$ ،  $75^\circ$  و  $90^\circ$  درجه به ازای عدد فرود ثابت  $0.4$  مطالعه شده است. با اندازه‌گیری طول ( $L_r$ ) و عرض ( $W_r$ ) ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در آبگیر، شکل ۷ برای طول و عرض بی‌بعد ناحیه جدایی جریان در دو حالت عددی و آزمایشگاهی ترسیم شده است. با توجه به شکل ۶، دیده می شود که به ازای هر زاویه آبگیری، با افزایش نسبت دبی آبگیری، مؤلفه عرضی سرعت در جلوی دهانه آبگیر افزایش یافته و طول ناحیه گردابی داخل آبگیر کوچکتر شده و از عرض آن نیز کاسته می شود.



شکل ۶ مشخصات هندسی کانال آزمایشگاهی (عباسی و همکاران، ۱۳۸۳)



شکل ۷ مقایسه نتایج عددی  $L_r/b$  و  $W_r/b$  به ازای تغییر  $R$  برای مقادیر مختلف زاویه آبگیری با نتایج آزمایشگاهی

(عباسی و همکاران، ۱۳۸۳)

در این بخش، با توجه به نتایج حاصل از بررسی عددی مطالعات آزمایشگاهی و روابط حاصل از آنها، دو رابطه ۱۲ و ۱۳ به ترتیب برای تعیین طول و عرض بی بعد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در آبگیر پیشنهاد می شود.

$$\frac{L_r}{b} = 1.485 \left(\frac{b}{B}\right)^{0.436} Fr^{-0.002} R^{-0.378} \theta^{-0.743} \quad R^2 = 0.795 \quad (12)$$

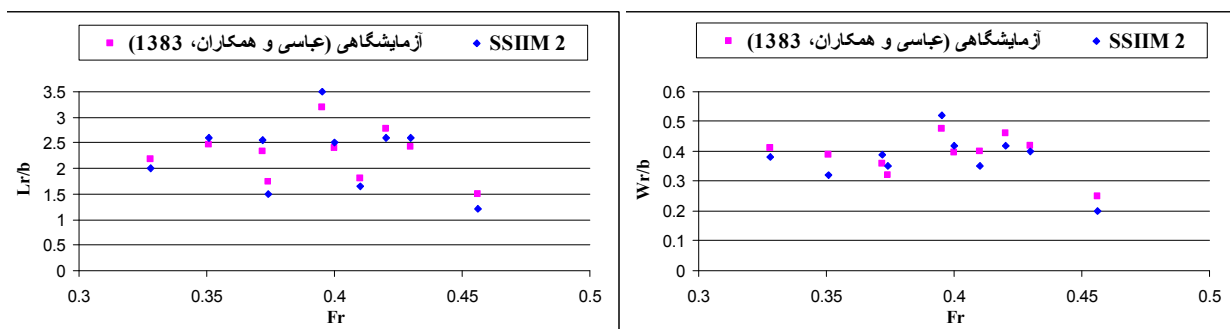
$$\frac{W_r}{b} = 0.179 \left(\frac{b}{B}\right)^{0.628} Fr^{-0.076} R^{-0.414} \theta^{-0.635} \quad R^2 = 0.762 \quad (13)$$

در پایان با توجه به جمع بندی نتایج و روابط حاصل از این تحقیق، شکل ۹ تغییرات طول  $(L_r/b)$  و عرض  $(W_r/b)$  بی بعد ناحیه جدایی جریان را بر برای نسبت توزیع دبی ۰/۳۲ تا ۰/۵۷، زاویه آبگیری ۴۵ تا ۹۰ درجه و نسبت عرض ۱ و ۲ به ازای عدد فرود ثابت جریان ورودی نشان می دهد. در این شکل ها، زاویه آبگیری بر حسب رادیان است.

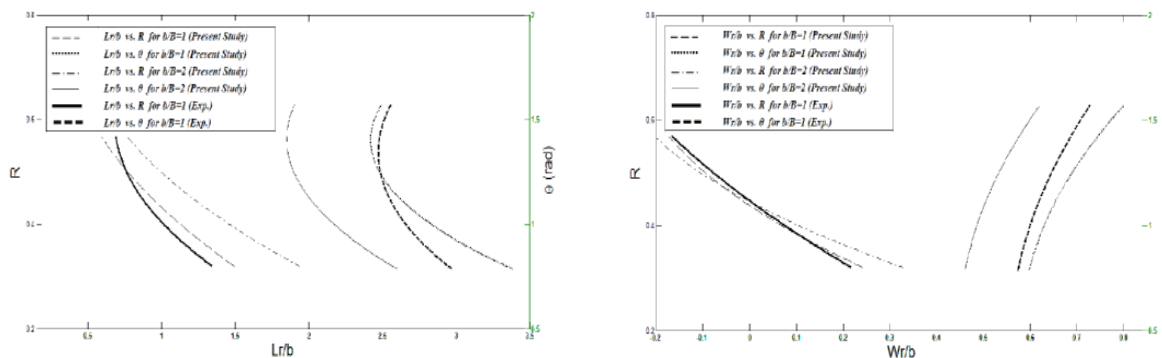
$$\frac{L_r}{b} = -0.0013\theta^2 + 0.142\theta + 2.253 \quad R^2 = 0.834 \quad (10)$$

$$\frac{W_r}{b} = -0.0004\theta^2 + 0.03\theta + 0.486 \quad R^2 = 0.815 \quad (11)$$

در این روابط،  $Fr$  و  $b/B$  ثابت فرض شده و دقت روابط بدست آمده در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی مناسب است. به منظور بررسی تأثیر عدد فرود جریان ورودی بر ابعاد ناحیه جدایی ایجاد شده در آبگیر، شکل ۸ تغییرات طول و عرض بی بعد ناحیه جدایی جریان را برای عدد فرود جریان ورودی برابر ۰/۲ و زاویه آبگیری ثابت برابر ۴۵ درجه نشان می دهد. با توجه به شکل ۸، با تغییر عدد فرود جریان در کانال اصلی، مقادیر طول و عرض ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر تغییر کمی دارد که نشانگر تأثیر ناچیز این پارامتر بر ابعاد ناحیه گردابی ایجاد شده در دهانه آبگیر است.



شکل ۸ مقایسه نتایج عددی  $L_r/b$  و  $W_r/b$  برای مقادیر مختلف عدد فرود جریان ورودی در زاویه آبگیری برابر ۴۵ درجه



شکل ۹ مقایسه نتایج عددی  $L_r/b$  و  $W_r/b$  بر حسب  $b/B$  و  $\theta$

$h_m$	عمق جریان در کانال اصلی	با توجه به شکل ۹، حداقل، میانگین و حداکثر خطا در
$k$	انرژی جنبشی آشفتگی	مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی برای تغییرات $L_r/b$ و
$L_r$	طول ناحیه جدایی جریان	$W_r/b$ بر حسب $R$ به ازای $b/B = 1$ به ترتیب برابر $0.3/0.76$ ،
$P$	فشار هیدرواستاتیک	$0.12/0.35$ ، $0.16/0.67$ و $0.1/0.96$ ، $0.7/1.3$ ، $0.13/0.4$ و حداقل،
$Q_I$	دبی جریان در کانال آبگیر	میانگین و حداکثر خطای حاصل از مقایسه نتایج عددی و
$Q_M$	دبی جریان در کانال اصلی	آزمایشگاهی برای تغییرات $L_r/b$ و $W_r/b$ بر حسب $\theta$
$\theta$	زاویه آبگیری	به ترتیب برابر $0.1/0.64$ ، $0.6/3.7$ ، $0.12/3.1$ و $0.4/9.2$ ، $0.7/8.6$ ،
$R$	نسبت دبی آبگیری	$0.11/3.9$ به دست آمد.
$Re$	عدد رینولدز	
$S$	شیب کانال اصلی	
$t$	زمان آزمایش	
$U_i$ و $U_j$	به ترتیب سرعت جریان در جهت های $x$ و $y$	
$W_r$	عرض ناحیه جدایی جریان	
$w\rho$	چگالی آب	
$\nu$	لزجت آب	

### ۳- نتیجه گیری

نتایج حاصل برای جریانهایی با شرایط در نظر گرفته شده در این تحقیق عبارتند از:

- مطابق نتایج آزمایشگاهی، با تغییر عدد فرود جریان در کانال اصلی، مقادیر طول و عرض ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر تغییر کمی دارد که نشانگر تأثیر ناچیز این پارامتر بر ابعاد ناحیه گردابی ایجاد شده در دهانه آبگیر است.

- بر مبنای شبیه سازی عددی مطالعات آزمایشگاهی (Barkdoll et al., 1998)، (Kusthuri, Pundarikanthan, )، (عباسی و همکاران، ۱۳۸۳) و جمع بندی روابط (1984) و (عباسی و همکاران، ۱۳۸۳) و همچنین نمودارهای سه محوره ای استخراج شد که تغییرات طول ( $L_r/b$ ) و عرض ( $W_r/b$ ) بی بعد شده ناحیه جدایی جریان را بر حسب نسبت توزیع دبی  $0.32$  تا  $0.57$ ، زاویه آبگیری  $45$  تا  $90$  درجه و نسبت عرض  $1$  و  $2$  به ازای عدد فرود ثابت جریان ورودی نشان می دهند.

### ۴- فهرست علائم

$b$	عرض کانال آبگیر
$B$	عرض کانال اصلی
$d$	عمق جریان
$Fr$	عدد فرود جریان ورودی
$g$	شتاب ثقل

### ۵- منابع

- شاملو و پیرزاده (۱۳۸۶). "بررسی عددی هیدرولیک جریان در آبگیرهای جانبی رودخانه ای با استفاده از نرم افزار FLUENT"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.
- صفرزاده و صالحی نیشابوری (۱۳۸۳). "مدلسازی عددی الگوی سه بعدی جریان در آبگیر جانبی"، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- صفرزاده (۱۳۸۳). "شبیه سازی عددی الگوی جریان در آبگیر جانبی از قوس  $180$  درجه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی عمران.
- کرمی مقدم و همکاران (۱۳۸۷). "بررسی الگوی جریان در آبگیر  $55$  درجه با گردشگی ورودی با استفاده از مدل SSIM2 و مقایسه آن با مدل فیزیکی"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.
- عباسی و همکاران (۱۳۸۳). "بررسی آزمایشگاهی ابعاد ناحیه گردابی در ابتدای آبگیرهای جانبی"، نشریه تخصصی پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی.



- Law S.W. and Reynolds A.J. (1966). "Dividing flow in an open channel", *Journal of Hydraulic Div.* Vol. 92, No. 2, pp.4730-4736.
- Neary V, F, Sotiropoulos and Odgaard A.J. (1996). "Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows", *Journal of Hydraulic Engineering ASCE*, 125(2), 126-140
- Neary V. S. and Odgaard A. J. (1993). "Three-dimensional flow structure at open channel diversions", *J. Hydr. Engrg, ASCE*, 119(11), pp. 1224–1230.
- Olsen N.B.R. (2006). "A three-dimensional numerical model for simulation of sediment movements in water intakes with multiblock option", Department of Hydraulic and Environmental Engineering, The Norwegian University of Science and Technology.
- Shamloo H. and Pirzadeh B. (2006). "Investigation of characteristics of separation zones in T-junctions", 12<sup>th</sup> WSEAS Int. Conf. on Applied Mathematics, pp. 1109-2769.
- Barkdoll B. D. (1997). "Sediment control at lateral diversion", PhD dissertation, Civil and Environmental Engineering, University of Iowa.
- Barkdoll B.D., Hagen B.L. and Odgaard A.J. (1998). "Experimental comparison of dividing open channel with duct flow in T-junction", *J. Hyd. Eng. ASCE*, 124(1), pp. 92-95.
- Best j. L. and Reid I. (1984). "Separation zone open-channel junctions", *J. Hyd. Engrg, ASCE*, 110 (11), pp. 1588-1594.
- Issa R, I. and Oliveira P. J. (1994). "Numerical prediction of phase separation in tow-phase flow through T-Junctions", *Comp. and Fluids*, V. 23, No. 2, pp. 347-372.
- Kasthuri B. and Pundarikanthan N.V. (1984). "Discussion on separation zone at open channel junction", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 113, No. 4, 1987, pp. 543-548