

مطالعه آزمایشگاهی و عددی الگوی جریان در آبگیر ۳۰ درجه منشعب از کanal ذوزنقه‌ای

مهدی کرمی مقدم^{۱*}، محمود شفاعی بجستان^۲ و حسین صدقی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۶)

چکیده

شناخت الگوی جریان و بخصوص ابعاد لوله جریان در دهانه آبگیرهای جانبی، برای مطالعه میزان دبی و رسوب ورودی به آبگیر و نیز روش‌های کنترل رسوب ورودی به آبگیر حائز اهمیت می‌باشد. تأکید مطالعات گذشته بر شناخت الگوی جریان در آبگیرهای منشعب از کanal مستقیم بوده است. در مطالعه حاضر ابتدا آزمایش‌های مختلفی در فلوم آزمایشگاهی روی آبگیر جانبی که با زاویه ۳۰ درجه از دیواره کanal ذوزنقه‌ای منشعب شده بود انجام و مؤلفه‌های سه بعدی سرعت اندازه‌گیری شد. سپس با به کار بردن این داده‌ها مدل ریاضی SSIIM2 کالیبره و صحت‌سنجی شد و این مدل برای شرایط هیدرولیکی دیگری از جمله آبگیری از کanal مستطیلی نیز اجرا گردید تا محدوده قابل قبولی از داده‌ها حاصل شود. با استنتاج داده‌های حاصل، عرض تقسیم جریان برای شرایط هیدرولیکی مختلف تعیین و روابطی برای پیش‌بینی این ابعاد برآش و این روابط با روابط به دست آمده از دو محقق دیگر مقایسه گردید. نتایج نشان داد که عرض جریان جدا شده در کف و سطح با نسبت آبگیری رابطه مستقیم دارد. هم‌چنین نشان داده شد که در مقایسه با آبگیری از کanal مستقیم، عرض لوله جریان در آبگیری از کanal ذوزنقه‌ای در سطح افزایش و در کف کاهش می‌یابد و چون غلظت رسوب در کف بیشتر از لایه‌های سطحی است، مایل بودن دیواره کanal اصلی سبب کاهش رسوب ورودی نیز خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر، عرض لوله جریان، کanal نیم ذوزنقه‌ای، مدل SSIIM2، الگوی جریان

۱. به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و استاد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۲. استاد سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

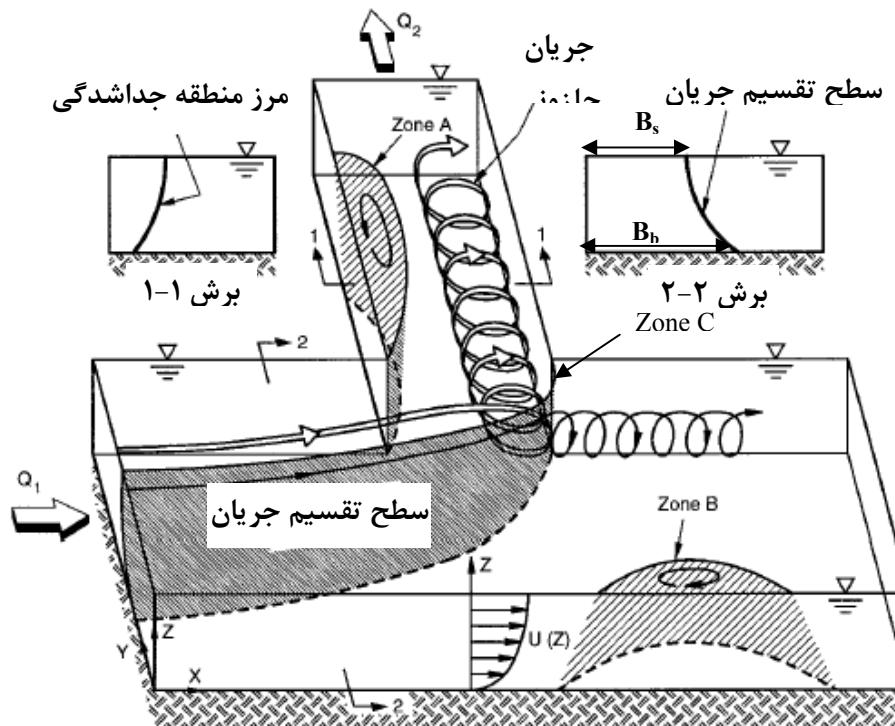
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m_karami_mo@yahoo.com

مقدمه

انحنا دار بودن سطح تقسیم جریان باعث عدم تعادل و موازنی جریان انحرافی بین گرادیان فشار جانبی و نیروی گریز از مرکز و نیروی برشی شده که باعث تشکیل یک جریان ثانویه در جهت عقربه‌های ساعت می‌شود. چنین جریانی در کنار دیواره کanal اصلی نیز شکل می‌گیرد. با پیشروی به سوی پایین دست به خاطر ویسکوزیته جریان قدرت این جریان ثانویه کاهش می‌یابد. این جریان ثانویه همراه با ناحیه جداشده‌گی در طول دیواره داخلی آبگیر (منطقه A) منجر به یک جریان بسیار پیچیده سه بعدی می‌شود. اندازه سطح تقسیم جریان (DSS) در کanal اصلی میزان دبی انتقالی به کanal فرعی را تعیین می‌کند. عرض جریان انحرافی یا لوله جریان (Stream tube) در هر سطح جریان، فاصله دیواره کanal اصلی طرف آبگیر تا خط جریان متنه به نقطه ایستائی نزدیک به گوشه پایین دست تقاطع آبگیر و کanal اصلی تعریف می‌شود.

تیلور (۱۱) جریان در آبگیر 90° درجه را با استفاده از آزمایشاتی مورد بررسی قرارداد و یک راه حل گرافیکی پیشنهاد داد. مطالعه او از این نظر که فرض کرد جریان در آبگیر به وسیله دریچه کنترل نمی‌شود، دارای محدودیت می‌باشد. این تکنیک هم چنین برای حل آنالیزی آبگیر توسط تامسون (۱۲) استفاده شد هر چند فرض او مبنی بر ثابت بودن عمق جریان در کanal اصلی و فرعی برای کاربرد عملی غیر واقعی است. گریس و پریست (۱) نتایجی را برای جریان انحرافی در نسبت‌های مختلف عرض کanal انحرافی به عرض کanal اصلی به دست آوردند. تامسون (۱۲)، تاناکا (۱۰) و مورتاوا (۶) با حل تحلیلی و با فرض ثابت بودن عمق آب در تمام کanal‌ها، جریان را مورد بررسی قرار دادند. لاو و رینولدز (۵) جریان انحرافی را از طریق آزمایش و حل تحلیلی مورد بررسی قرار دادند. هرگر (۳) یک مدل ساده برای محاسبه ضربی اتلاف انرژی جریان انحرافی به داخل آبگیر پیشنهاد داد. او تغییرات سرعت را در ورودی شاخه فرعی ناچیز فرض کرد. هم‌چنین هرگر (۳) رابطه‌ای را برای ضربی افت انرژی در جریان‌های انحرافی به دست آورد. نیری و همکاران

مطالعه انحراف جریان در کanal‌های باز که از دیرباز مورد توجه مهندسین هیدرولیک بوده در طراحی و برنامه‌ریزی آب و شبکه‌های آبیاری و زهکشی استفاده می‌شود. شکل گیری جریان‌های انحرافی یا به طور طبیعی به صورت شریان و ایجاد میان بر در رودخانه‌های مئاندری بوده و یا آنکه از نوع آبگیری از رودخانه‌ها جهت مصارف کشاورزی، آبرسانی شهری و صنعتی از نوع جریان انحرافی مصنوعی می‌باشد. جریان‌های انحرافی اساساً سه بعدی هستند. بعضی از مشخصات این جریان در شکل ۱ نشان داده شده است. این خصوصیات شامل یک منطقه جداشده‌گی در دیواره داخلی کanal انحرافی (منطقه A)، یک منطقه جریان فشرده در کanal انحرافی، یک جریان حلقه‌نی یا ثانویه در کنار دیواره خارجی کanal انحرافی (Secondary circulation) و یک نقطه ایستائی نزدیک به گوشه پایین دست تقاطع آبگیر و کanal اصلی است (منطقه C). جریان چرخشی مخصوصاً در قسمت مرکزی منطقه جداشده‌گی کاملاً آرام است. سطح جداشده‌گی جریان در سطح بیشتر از کف می‌باشد. در پایین دست تقاطع، در دیواره مقابل به خاطر توسعه و انبساط جریان ممکن است جداشده‌گی اتفاق بیفتد (منطقه B). پروفیل عمودی سرعت در کanal‌های باز غیر یکنواخت است. با توجه به شرایط غیر لغزشی، سرعت در کف ضرورتاً صفر، در نزدیکی سطح آب بالا و در بین این دو سطح لگاریتمی است. هنگامی که جریان به آبگیر نزدیک می‌شود، به خاطر فشار مکش انتهای آبگیر، جریان شتاب جانبی می‌گیرد. این شتاب باعث تقسیم جریان به دو قسمت می‌شود. یک قسمت به داخل آبگیر و مابقی به پایین دست کanal اصلی ادامه پیدا می‌کند. قسمتی که به داخل آبگیر وارد می‌شود به وسیله یک سطح که (Dividing Stream Surface) DSS یا سطح تقسیم جریان می‌شود در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱ (مقطع ۲-۲) دیده می‌شود، در کanal‌های اصلی با مقطع مستطیلی، مقدار عرض جریان انحرافی در کف (B_b) بیشتر از مقدار عرض جریان انحرافی در سطح (B_s) می‌باشد.



شکل ۱. الگوی جریان سه بعدی در آبگیر

که در این رابطه W_1 عرض کanal اصلی، B_s و B_b عرض‌های لوله جریان به ترتیب در سطح و کف می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده است.

رادکیوی (۹) نیز با استفاده از نتایج مطالعات خود روابط (۳) و (۴) را برای عرض‌های لوله جریان ارائه کرد.

$$\frac{B_s}{W_1} = a_s + b_s \frac{q_D}{q} \quad [۳]$$

$$0.73 \leq a_s \leq 0.89$$

$$\frac{B_b}{W_1} = a_b + b_b \frac{q_D}{q} \quad 0.37 \leq a_b \leq 0.45, \quad 1.08 \leq b_b \leq 1.25 \quad [۴]$$

که در آن q_D و q به ترتیب دبی در واحد عرض کanal آبگیر و کanal اصلی است.

علی‌رغم تحقیقات زیاد روی الگوی جریان در آبگیرها، اکثر آزمایش‌ها و مدل‌های ریاضی روی کanal‌های اصلی مستطیل شکل انجام شده و تحقیقات کمی نیز با استفاده از مدل ریاضی روی ابعاد لوله جریان در کanal اصلی ذوزنقه‌ای و قدرت جریان

(۸) جریان ورودی به آبگیر را به صورت عددی با استفاده از مدل‌های آشفتگی دو معادله‌ای بدون در نظر گرفتن اثر سطح آب مورد بررسی قرار داد. وبر و همکاران (۱۳) یک مطالعه آزمایشگاهی وسیعی را در آبگیر ۳۰ درجه انجام دادند که شامل برداشت سه بعدی سرعت، تنش‌های آشفتگی و برداشت پروفیل سطح آب بود. هیونگ و همکاران (۴) یک مطالعه جامع عددی با استفاده از مدل‌های آشفتگی انجام دادند و مدل را با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی وبر و همکاران (۱۳) صحت سنجی و اعتبارسازی کردند. همان‌طور که قبلاً گفته شد در مجاری با مقطع مستطیلی عرض لوله جریان در کف بیشتر از سطح می‌باشد. نیری و ادگارد (۷) رابطه ۱ را برای بستر هیدرولیکی صاف و رابطه ۲ را برای بستر هیدرولیکی زیر ارائه کردند.

$$\frac{B_s}{W_1} = 0.6 \frac{B_b}{W_1} \quad [۱]$$

$$\frac{B_s}{W_1} = 0.46 \frac{B_b}{W_1} \quad [۲]$$

توسعه یافتن جریان و آشفتگی کم، یک آرام کننده جریان در ورودی کanal اصلی نصب گردید. مقدار دبی کanal اصلی و فرعی به ترتیب توسط دو سرریز ۷ شکل ۵۶ و ۹۰ درجه اندازه‌گیری می‌شد. جهت اندازه‌گیری مؤلفه‌های سرعت، سرعت سنج سه بعدی ADV مورد استفاده قرار گرفت. مشاهای ۵×۲ سانتی‌متری در بالادست آبگیر و مشاهای ۲×۲ سانتی‌متری در نزدیکی آبگیر برای اندازه‌گیری سرعت استفاده شد. اندازه‌گیری سرعت در نزدیکی کف، فاصله ۹ سانتی‌متری از کف و ۱۸ سانتی‌متری از کف در مدت زمان ۶۰ ثانیه و با میزان نمونه‌گیری ۶۵ هرتز صورت گرفت. برداشت سرعت از مبدأ مختصات (۰ در شکل ۲) که در ۷۰ سانتی‌متری بالادست آبگیر قرار داشت انجام گرفت. عمق آب بالادست کanal اصلی ۲۵ سانتی‌متر و عدد فرود انتخابی برای بالادست کanal اصلی ۰/۳۵، ۰/۳۰، ۰/۴۰ و ۰/۴۵ بود. برای انجام هر حالت آزمایش، ابتدا دبی کanal اصلی به ازای عمق ۲۵ سانتی‌متری و عدد فرود مورد نظر محاسبه گردید، سپس این دبی در شرایطی که هر دو دریچه کanalها کاملاً پایین بود (حالت آزاد) در کanal اصلی برقرار و پس از ثابت شدن جریان، نسبت دبی انحرافی با استفاده از سرریزهای ۷ شکل اندازه‌گیری گردید. بعد از مشخص شدن نسبت دبی انحرافی، دریچه‌ها به میزانی بالا آورده شد که هم این نسبت دبی و هم عمق ۲۵ سانتی‌متری در بالادست تأمین شد. اندازه‌گیری های سرعت برای هر حالت بعد از پایدار شدن جریان و به طور مداوم و کامل در یک روز انجام گرفت.

SSIIM2 مدل

Sediment Simulation In Intakes with SSIIM2 مخفف Multiblock option می‌باشد. این برنامه در زمینه‌های مهندسی رودخانه، محیط زیست، هیدرولیک و رسوب کاربرد دارد. در این تحقیق از نسخه SSIIM2 استفاده شده است. معادلات ناویر-استوکس که سه بعدی هستند در جریان‌های آشفته جهت به دست آوردن سرعت آب استفاده می‌شوند. معادلات

حلزونی در کanal آبگیر صورت گرفته است. با توجه به توزیع عمودی رسوب و این‌که مقدار عرض لوله جریان در کanal‌های مستطیلی، در نزدیکی کف بیشتر از سطح است، بنابراین رسوبات زیادی وارد آبگیر می‌شود. بنابراین برای کاهش رسوب ورودی به آبگیر باید به نحوی عرض لوله جریان را در کف کاهش و در سطح افزایش داد که از اهداف این تحقیق است.

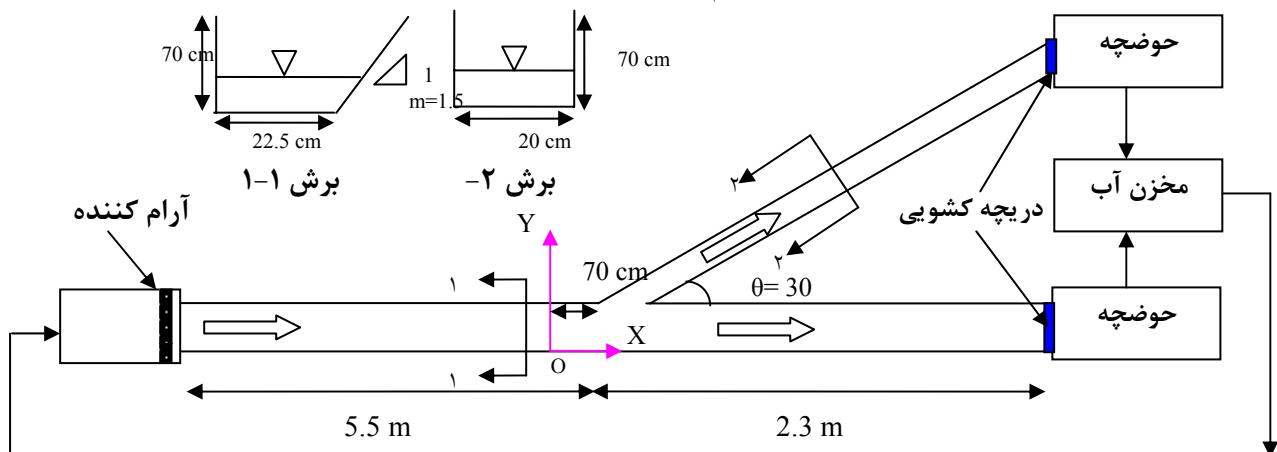
در این تحقیق آزمایش‌هایی روی آبگیر ۳۰ درجه منشعب از کanal ذوزنقه‌ای انجام گردید تا اثر شیب دیواره کanal اصلی بر الگوی جریان مطالعه شود. برای رسیدن به این هدف ابتدا با به کار بردن سرعت‌های سه بعدی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، مدل سه بعدی SSIIM2 کالیبره و صحبت‌سنگی شده و سپس با اجرای مدل برای شرایط هیدرولیکی مختلف داده‌های بیشتری حاصل شد. هم‌چنین مدل برای شرایطی که دیواره کanal اصلی قائم است نیز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مدل آزمایشگاهی

برای مطالعه لوله جریان در رودخانه‌ها و کanal‌ها با دیواره جانبی مایل، آزمایش‌هایی در یک فلوم مستقیم همراه با یک کanal انحرافی با زاویه ۳۰ درجه انجام شد. مدل آزمایشگاهی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه چمران اهواز ساخته شد. شکل ۲ جانمایی تجهیزات آزمایشگاهی را نشان می‌دهد. کanal اصلی و کanal فرعی به ترتیب دارای طول حدود ۸ و ۵ متر و عرض کف ۲۲/۵ و ۲۰ سانتی‌متر بود. مقطع کanal اصلی نیم ذوزنقه و کanal فرعی مستطیل شکل بود. شیب دیواره مایل کanal اصلی $1/5$ ($m=1.5$) انتخاب شد. ارتفاع هر دو کanal ۷۰ سانتی‌متر و دیواره‌های کanal‌ها از پلکسی با ضخامت ۱۰ میلی‌متر استفاده شد. کanal فرعی در فاصله ۵/۵ متری از ورودی کanal قرار گرفت. جهت تنظیم دبی و عمق آب در کanal‌ها دو دریچه کشویی در انتهای کanal‌ها نصب شد. جریان آب از مخزن زیرزمینی توسط یک پمپ تأمین می‌شد. برای اطمینان از

ناویر- استوکس برای جریان با دانسیته ثابت و غیر متراکم که



شکل ۲. پلان تجهیزات آزمایشگاهی در این مطالعه

نzedیک به دیواره‌ها استفاده می‌شود. این قانون به صورت فرمول

تجربی در دیواره‌های زبر به شکل زیر است:

$$\frac{U}{u_x} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{30y}{k_s} \right) \quad [V]$$

u_x : سرعت برشی، κ : ضریب فان کارمن (که برابر 0.4 می‌باشد)، y : فاصله از دیواره‌ها و k_s : زبری که برابر قطر ذرات در کف در نظر گرفته می‌شود. مدل‌های آشفتگی تحقیق از مدل آشفتگی $k-\varepsilon$ و RNG می‌تواند برای مدل استفاده شود. در این همراه با RNG استفاده شده است.

در این مطالعه برای سرعت‌ها در جریان ورودی شرایط مرزی دریچلت (Dirichlet) مورد استفاده قرار گرفت. برای تمامی پارامترها در مرزهای خروجی شرایط مرزی گرادیان صفر در نظر گرفته شد. به دلیل جریان کاملاً سه‌بعدی و پیچیده در آبگیرها نیاز است تا ابتدا مدل برای شرایط مطابق با شرایط آزمایشگاهی واسنجی شود. در این تحقیق با توجه به اهداف مطالعه از ابعاد لوله‌ی جریان برای واسنجی استفاده شد. بدین ترتیب که با تغییر دادن ضرایب واسنجی مدل، مقادیر ابعاد لوله جریان در مدل ریاضی و نتایج آزمایشگاهی مقایسه و در صورتی که تطابق قابل قبولی داشته باشند نشان‌دهنده آن می‌باشد که پروفیل‌های سرعت در جهت جریان کanal اصلی (U) و فرعی

در مدل می‌تواند استفاده شود به صورت زیر است:

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} (-P \delta_{ij} - \rho \overline{U_i U_j}) \quad [5]$$

که در رابطه فوق U : سرعت جریان، P : فشار و δ_{ij} : دلتای کرونکر می‌باشد (در صورتی که $j = i$ باشد مقدار آن یک و در صورتی که $j \neq i$ باشد مقدار آن صفر است). ترم اول در سمت چپ معادله، ترم انتقال است. ترم بعدی، ترم هدایت (Convection) می‌باشد. ترم اول سمت راست معادله، ترم فشار و ترم دوم، ترم تنش رینولدزی است. برای محاسبه این ترم، یک مدل آشفتگی مورد نیاز است. یک راه حل ضمنی یا غیر صریح (Implicit) برای حل معادلات استفاده می‌شود. روش SIMPLE روش پیش فرض استفاده شده برای تصحیح فشار در مدل است. برای ترم تنش برشی رینولدز در معادلات، مدل از تقریب بوزینسک استفاده می‌کند:

$$-\overline{U_i U_j} = \nu_T \left(\frac{\partial U_j}{\partial x_i} + \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right) + \frac{2}{3} k \delta_{ij} \quad [6]$$

اولین ترم سمت راست معادله، ترم پخش (Diffusive) در معادله ناویر استوکس است. ترم دوم اغلب ناچیز است و ترم سوم قسمتی از فشار بوده و عموماً ناچیز است. همان‌طور که می‌دانیم، گرادیان سرعت به سمت دیواره اغلب با شبیه تند است. در SSIIM2 قانون دیواره به عنوان پیش فرض برای

۰/۲۵ و نسبت آبگیری ۳/۰ در شرایط دیواره مایل را نشان می‌دهد.

همان‌طور که بیان شد عرض لوله جریان (B) فاصله دیواره کanal اصلی طرف آبگیر تا خط جریان متنه به نقطه ایستائی نزدیک به گوشه پایین دست تقاطع آبگیر و کanal اصلی تعریف می‌شود. برای نمونه این فاصله در شکل ۴ نشان داده شده است.

نتیجه و بحث

جدول ۲ گرینه‌های مختلفی که در آزمایشگاه و یا توسط مدل SSIIM2 انجام شده است را نشان می‌دهد که نتایج آنها در این قسمت ارائه می‌شود.

آبگیری از کanal مستقیم

ابعاد لوله جریان در شرایطی که مقطع کanal اصلی مستطیل شکل باشد ($m=0$)، شکل ۵-a، ابتدا بررسی شده است (مقطع abcd). در این حالت عرض کف کanal اصلی و فرعی به ترتیب $22/5$ و 20 سانتی‌متر هستند. عمق جریان 25 سانتی‌متر و عدد فرود بالا دست $0/3$ می‌باشد. در این شکل سطح تقسیم جریان برای نسبت دبی‌های مختلف از کف تا نزدیک سطح مشخص شده است.

B فاصله سطح تقسیم جریان تا دیواره کanal اصلی سمت آبگیر (عرض لوله جریان)، T_1 فاصله سطح تقسیم جریان تا دیواره کanal اصلی در سمت مقابل آبگیر و T مجموع B و T_1 و Q_r نسبت دبی انحرافی است. هم‌چنین مقدار عرض لوله جریان (B) در فواصل مختلف از کف تا نزدیک سطح آب در شکل ۵-b مشخص شده است. مقدار z فاصله از کف و d_u عمق آب در بالا دست کanal اصلی است. مقدار z و B به ترتیب توسط d_u و T بی بعد شده است.

آنچه از این دو شکل مشخص است این است که با افزایش نسبت دبی، مقدار عرض لوله جریان در تمامی فواصل از کف (z)، افزایش می‌یابد. شکل‌های ۵-c، ۵-d و ۵-e و روابط زیر

(V) بین مدل ریاضی و آزمایشگاهی همپوشانی مناسبی دارد. به منظور اطمینان، مؤلفه سرعت U در چند نقطه در کanal اصلی و مؤلفه سرعت V در چند نقطه در ابتدای کanal فرعی نیز مقایسه گردید. مشبندی منطقه مورد مطالعه بسیار حائز اهمیت است زیرا سرعت در همگرا شدن معادلات و دقت نتایج با توجه به فیزیک مسئله تحت تأثیر این موضوع است. هم‌چنین روش منفصل‌سازی، ضرایب انعطاف‌پذیری، گام زمانی، مدل تلاطمی مورد استفاده و ... از جمله پارامترهای مورد بررسی برای کالیبراسیون مدل هستند. اطلاعات سرعت در ۵ آزمایش به منظور کالیبراسیون و صحت‌سنگی مدل برداشت شد. در هر آزمایش سرعت‌ها در سه سطح، نزدیک کف، عمق ۹ و ۱۸ سانتی‌متر برداشت شد. با استفاده از داده‌های برداشت شده خطوط جریان ترسیم و عرض لوله جریان در سه سطح تعیین شد. به صورت تصادفی از ۱۵ عرض لوله جریان تعداد ۱۱ عدد به منظور واسنجی و تعداد ۴ عدد به منظور صحت‌سنگی انتخاب شد. سپس مدل با تغییر پارامترهای ذکر شده واسنجی گردید. در این مطالعه ابعاد مش ها $1/25cm \times 1/25cm \times 1/25cm$ و در جهت قائم خطوط شبکه در $0/1$ ، $0/2$ ، ... $0/9$ عمق انتخاب شدند. در شبکه سه‌بعدی، محاسبات برای تعداد ۷۶۰۰۰ سلول صورت گرفت. گام زمانی یک ثانیه برای اجرای مدل در نظر گرفته شد و محاسبات تا کاهش مقدار خطای مدل به مقدار کافی ادامه پیدا نمود.

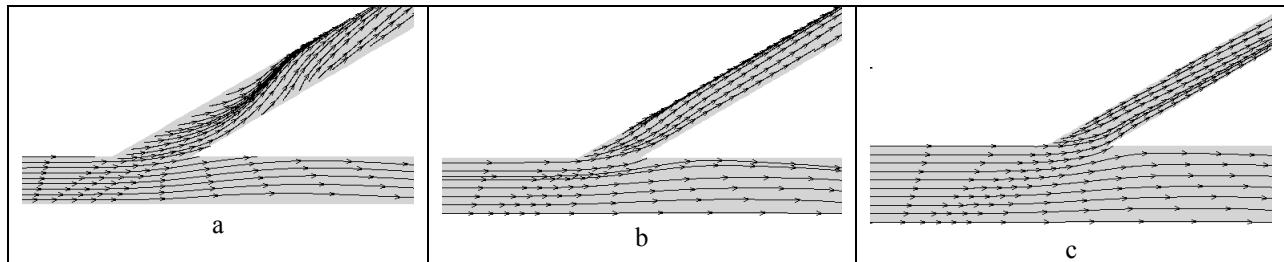
مقدار ضریب همبستگی و توابع خطای (RMSE) Root Mean Square Error (PE) و Percent Error در جدول ۱ آورده شده است. نتایج حاصل از مقایسه پروفیل سرعت هم بیانگر توانایی قابل قبول مدل SSIIM در شبیه‌سازی شرایط جریان آبگیر است.

با استفاده از ضرایب و پارامترهای کالیبره شده، مدل برای حالات مختلف جریان اجرا شد.

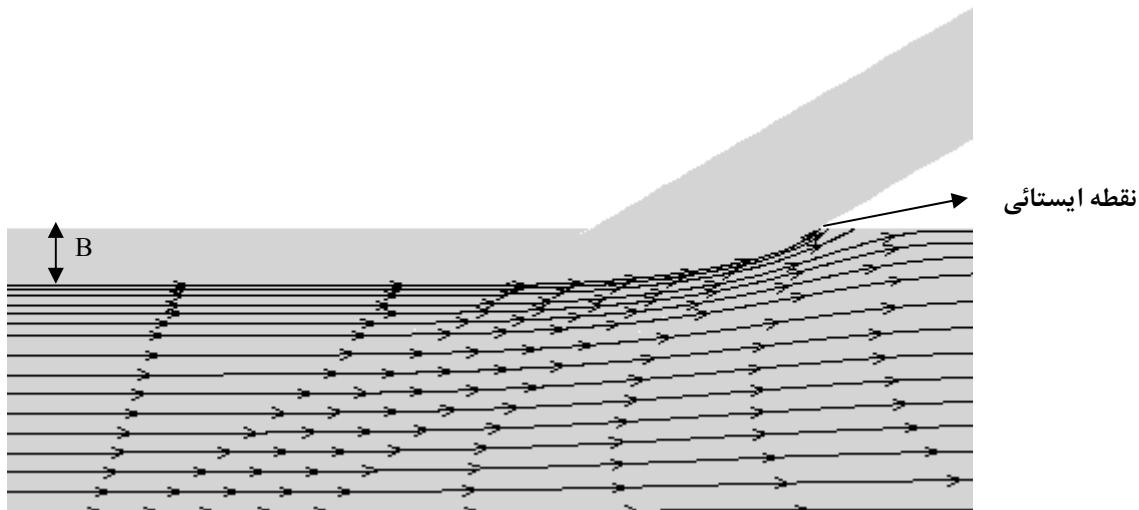
شکل ۳ نمونه‌ای از خطوط جریان رسم شده حاصل از نتایج مدل برای کف و اعمق ۹ و ۱۸ سانتی‌متر برای عدد فرود

رابطه بین نسبت دبی انحرافی و عرض لوله جریان را در کف (B_b)، فاصله متوسط از کف (B_m) و نزدیک سطح آب (B_s) را در جدول ۱. مقدار ضریب همبستگی و مقادیر خطای مرحله کالیبراسیون و صحبت‌سنجدی

	کالیبراسیون	صحبت‌سنجدی
R^2	۰/۸۴	۰/۸۴
RMSE	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵
PE	۱۲/۱۶	۱۱/۰۸



شکل ۳. خطوط جریان در فواصل a: نزدیک کف b: ۹ سانتی‌متری از کف و c: ۱۸ سانتی‌متری از کف



شکل ۴. عرض لوله جریان در فاصله ۱۸ سانتی‌متری از کف

نکته قابل توجه در شکل ۵-a و ۵-b این است که در تمامی

نشان می‌دهند:

نسبت‌های دبی، عرض لوله جریان از کف تا $z/d_u = ۰/۲۶$ یا $z/d_u = ۰/۰۹$ بسیار بزرگ‌تر از عرض لوله جریان در سطح آب است. علاوه بر این روابط ۹، ۸ و ۱۰ نشان می‌دهند که با افزایش نسبت دبی انحرافی، عرض لوله جریان در کف باشدت بیشتری افزایش می‌یابد (شیب خط در کف بیشتر است).

$$\frac{B_b}{T_b} = ۱/۹۲ Q_r - ۰/۰۵ \dots R^Y = ۰/۹۷ \dots Q_r, B_b > ۰ \quad [۸]$$

$$\frac{B_m}{T_m} = ۰/۸۵ Q_r + ۰/۰۳ \dots R^Y = ۰/۹۹ \dots Q_r, B_m > ۰ \quad [۹]$$

$$\frac{B_s}{T_s} = ۰/۵۷ Q_r + ۰/۱۱ \dots R^Y = ۰/۹۹ \dots Q_r, B_s > ۰ \quad [۱۰]$$

زاویه آبگیری در این دو تحقیق است. شکل ۵-f رابطه بین

ضرایب این معادلات اندکی متفاوت از ضرایب معادلات رادکیوی (معادلات ۳ و ۴) بوده که این امر ناشی از تفاوت

جدول ۲. حالات مختلف جریان در آزمایشگاه و مدل

m	Fr	Q _r	(m) d _u	روش استفاده شده	
				آزمایشگاهی	مدل عددی
۱/۵	۰/۲۵	۰/۳۱۲	۰/۲۵	✓	✓
	۰/۳	۰/۲۹۷	۰/۲۵	✓	✓
	۰/۳۵	۰/۲۵۸	۰/۲۵	✓	✓
	۰/۴	۰/۳	۰/۲۵	✓	✓
	۰/۴۵	۰/۲۷	۰/۲۵	✓	✓
	۰/۲۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	--	✓
	۰/۳	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	--	✓
	۰/۳۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	--	✓
	۰/۴	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	--	✓
	۰/۴۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	--	✓
۰	۰/۳	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۲۵	--	✓

حال مقطع کanal اصلی ذوزنقه است. به عبارتی دیگر دیواره کanal اصلی در سمت آبگیر مایل است (مقطع abcd). تمام حالات مربوط به عدد فرود بالادست برابر ۰/۳ می باشد. همان‌طور که از این شکل‌ها مشخص است، در مقطع نیم ذوزنقه همانند مقطع مستطیلی با افزایش نسبت دبی انحرافی، مقدار عرض لوله جریان (B) در تمامی فواصل از کف افزایش می‌یابد. رابطه بین عرض لوله جریان در کف (B_b)، فاصله متوسط از کف (B_m) و در نزدیکی سطح آب (B_s) با نسبت دبی برای اعمق آب ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر در زیر نشان داده شده است:

$$d_u = 10 \text{ cm}$$

$$\frac{B_b}{T_b} = ۱/۱۲ Q_r + ۰/۰۳ \dots R^* = ۰/۹۹ \dots Q_r, B_b > ۰ \quad [12]$$

$$\frac{B_m}{T_m} = ۰/۸۲۳ Q_r + ۰/۰۱ \dots R^* = ۰/۹۹ \dots Q_r, B_m > ۰ \quad [13]$$

$$\frac{B_s}{T_s} = ۰/۸۷ Q_r \dots R^* = ۰/۰۷ \dots Q_r, B_s > ۰ \quad [14]$$

عرض لوله جریان در سطح و عرض لوله جریان در کف را نشان می‌دهد. رابطه بین این دو به صورت زیر است.

$$\frac{B_s}{T_s} = ۰/۲۸ \frac{B_b}{T_b} + ۰/۱۳ \dots R^* = ۰/۹۵ \dots B_b, B_s > ۰ \quad [11]$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود شب خط برابر ۰/۲۸ بوده این در حالی است که شب این خط طبق تحقیقات نیری و ادگار (۷) در آبگیر ۹۰ درجه از کanal مستقیم برابر ۰/۴۶ می‌باشد. کاهش شب به دلیل عرض از مبدأ متفاوت خطوط است. چرا که برخلاف این تحقیق، در تحقیق نیری عرض از مبدأ صفر در نظر گرفته شده و در صورتی که در این تحقیق نیز عرض از مبدأ صفر در نظر گرفته شود نتایج با هم هم‌آنگی خواهد داشت.

آبگیری از کanal ذوزنقه‌ای

شکل ۶-a-f و ۷-a-f سطح تقسیم جریان (لوله جریان) را برای اعمق ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر نشان می‌دهد. در این

$$\frac{B_m}{T_m} = \sqrt{Q_r} + 0.04 \quad R^* = 0.99 \quad Q_r, B_m > 0 \quad [17]$$

[۱۷]

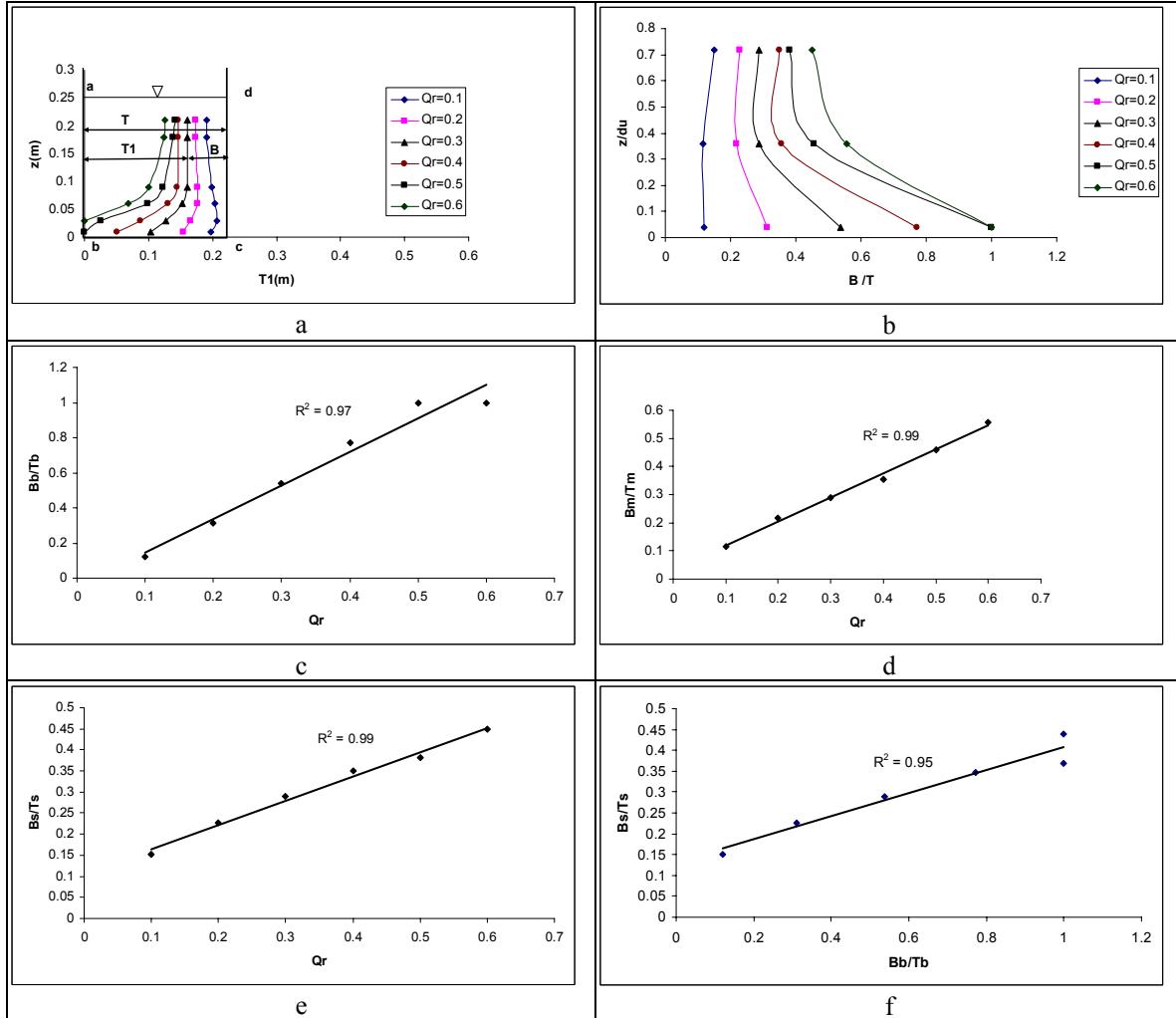
$$\frac{B_s}{T_s} = \sqrt{Q_r} \frac{B_b}{T_b} - 0.02 \quad R^* = 0.99 \quad B_b, B_s > 0 \quad [18]$$

[۱۸]

$$d_u = 7 \text{ cm}$$

$$\frac{B_b}{T_b} = \sqrt{Q_r} + 0.08 \quad R^* = 0.96 \quad Q_r, B_b > 0 \quad [19]$$

[۱۹]



شکل ۵. عرض لوله جریان در کanal اصلی با دیواره قائم در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی

$$\frac{B_s}{T_s} = \sqrt{Q_r} \frac{B_b}{T_b} - 0.02 \quad R^* = 0.99 \quad B_b, B_s > 0 \quad [20]$$

[۲۰]

همان‌طور که از شکل‌ها مشخص است، در عمق ۱۰ سانتی‌متر با افزایش نسبت دبی، مقدار عرض لوله جریان در کف و سطح به صورت تقریباً یکنواختی افزایش می‌یابد. مشاهده می‌شود که در حالت مقطع ذوزنقه بر خلاف حالت مقطع مستطیلی مخصوصاً در عمق‌های ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری با افزایش نسبت دبی، مقدار عرض لوله جریان در سطح باشد بیشتری

$$\frac{B_s}{T_s} = \sqrt{Q_r} \frac{B_b}{T_b} - 0.09 \quad R^* = 0.99 \quad Q_r, B_s > 0 \quad [21]$$

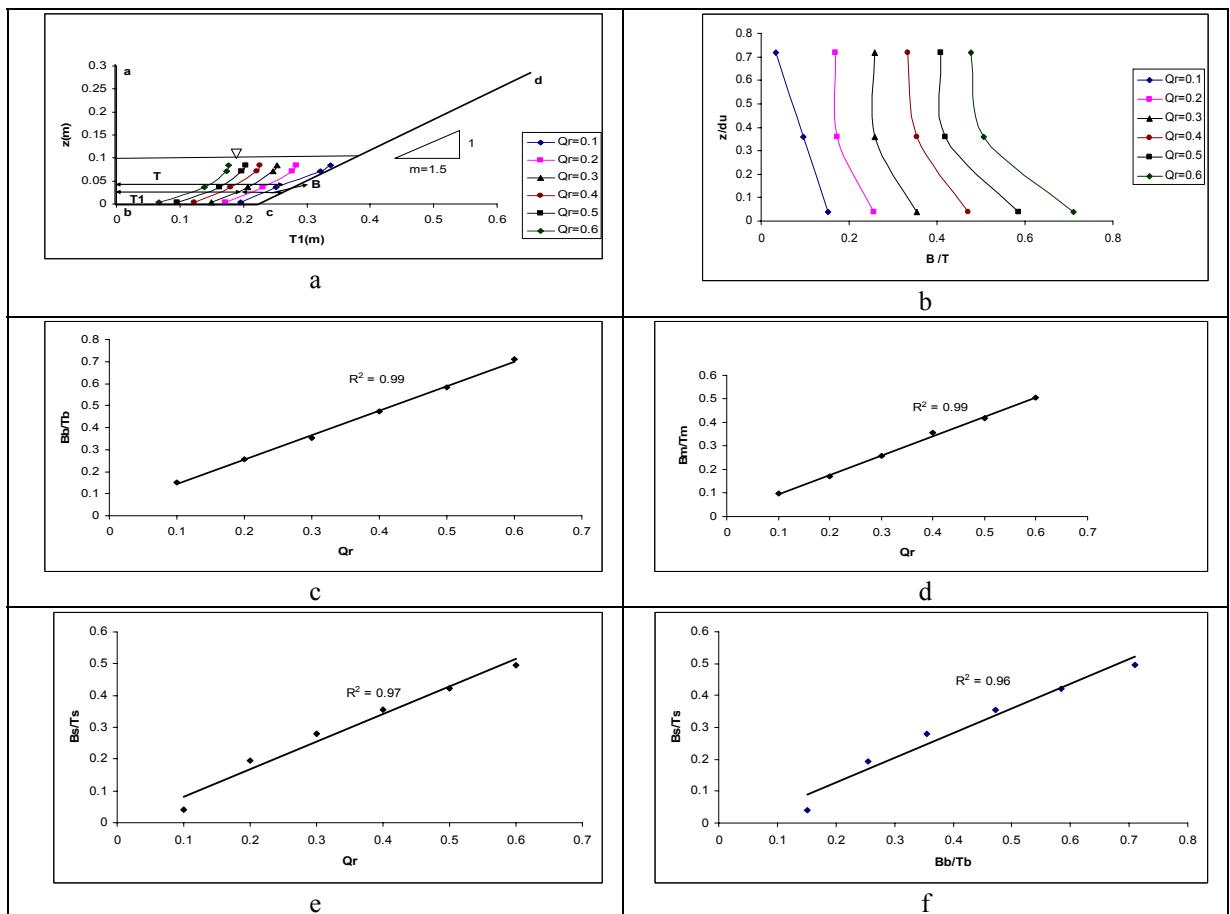
[۲۱]

$$\frac{B_s}{T_s} = \sqrt{Q_r} \frac{B_b}{T_b} - 0.01 \quad R^* = 0.94 \quad B_b, B_s > 0 \quad [22]$$

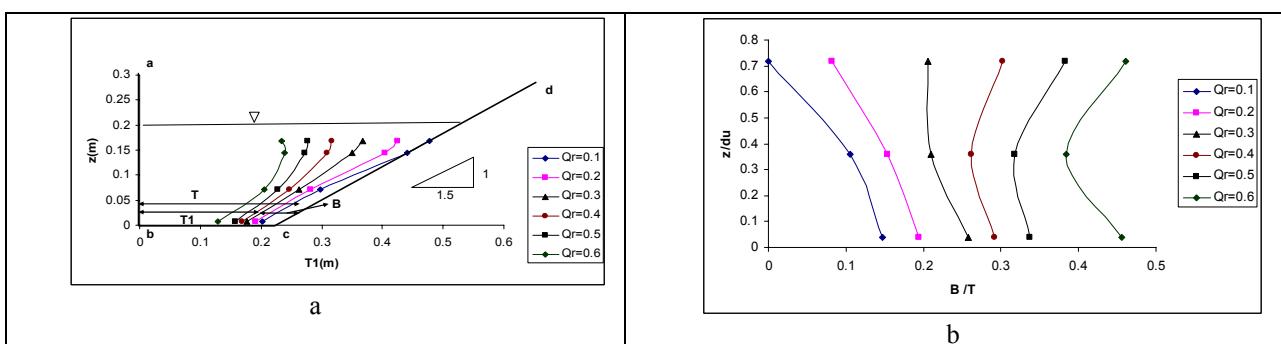
[۲۲]

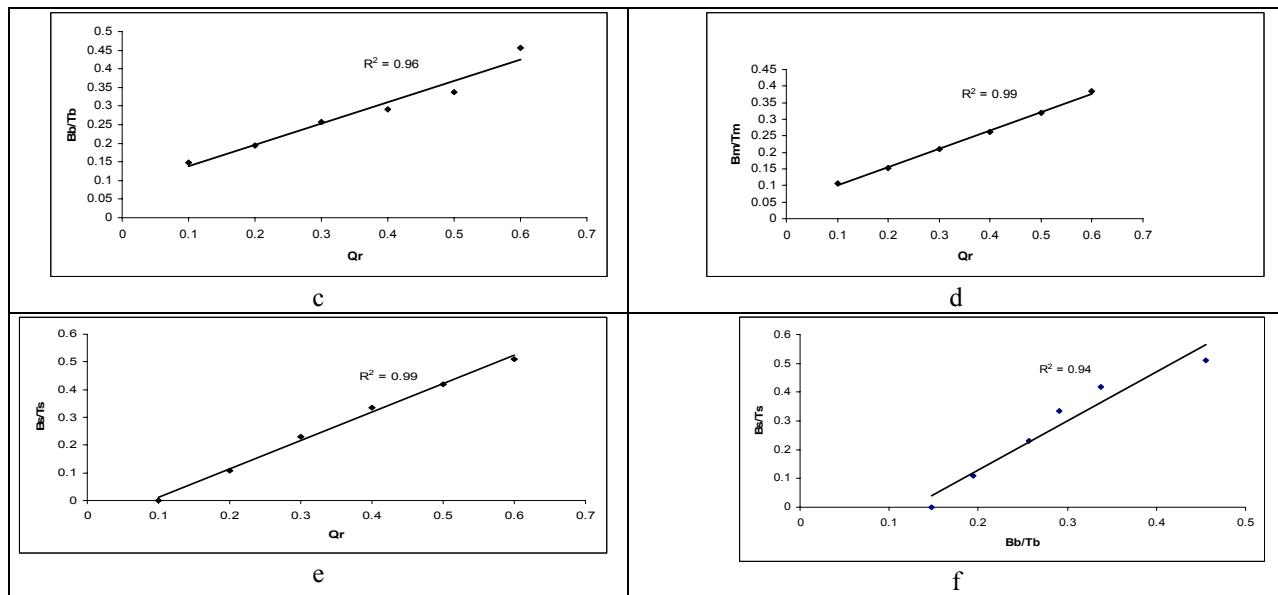
خواهد شد. ضمن این‌که از روابط مشخص می‌شود که مقدار عرض لوله جریان در سطح بسیار بیشتر از عرض لوله جریان در کف است که این مسئله نیز در کاهش رسوب ورودی به آبگیر تأثیر مثبتی دارد. بنابراین با مایل کردن دیواره کانال اصلی

افزایش پیدا می‌کند. بنابراین هنگامی که نسبت دبی انحرافی افزایش می‌یابد، مقدار دبی اضافی بیشتر از سطح تأمین می‌شود تا از کف. در نتیجه در صورتی که جریان کanal اصلی حاوی رسوب باشد، به همان نسبت رسوبات کمتری وارد آبگیر

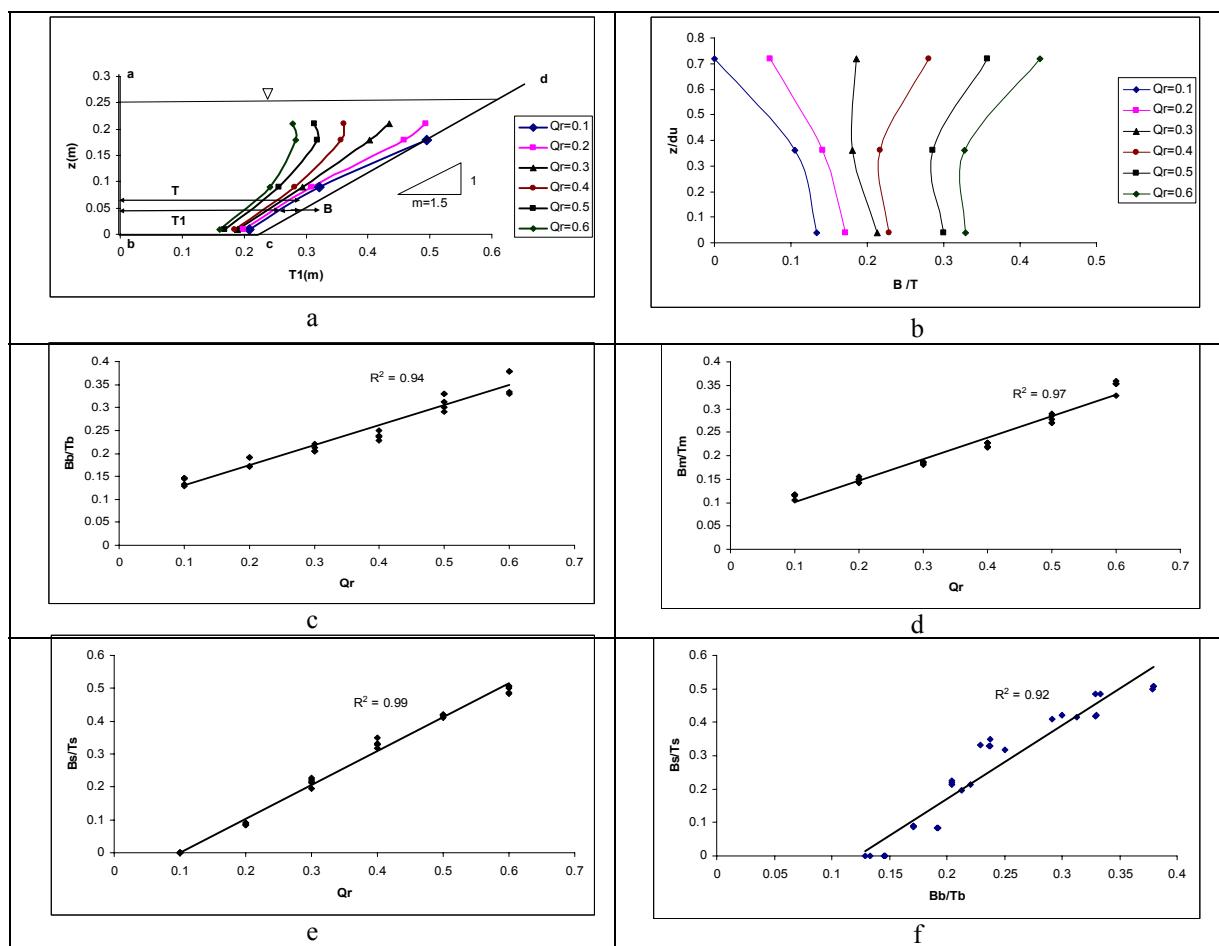


شکل ۶-a-f . عرض لوله جریان در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی در کanal اصلی با دیواره مایل و عمق ۱۰ سانتی‌متر

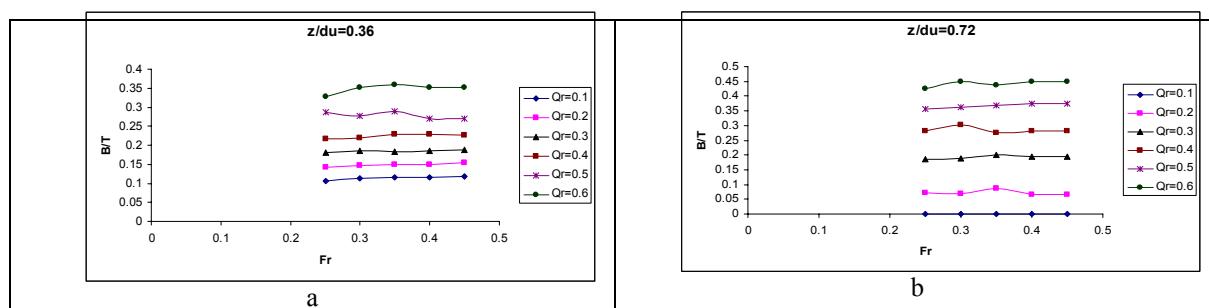




شکل ۷-a-f . عرض لوله جریان در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی در کانال اصلی با دیواره مایل و عمق ۲۰ سانتی متر



شکل ۸-a-f . عرض لوله جریان در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی در کانال اصلی با دیواره مایل و عمق ۲۵ سانتی متر



شکل ۹-a-b. رابطه بین عدد فرود بالا درست کanal اصلی و عرض لوله جریان

و اجرای مدل عددی سه بعدی SSIIM2 ، ابعاد لوله جریان برای گزینه های متفاوتی از شرایط هیدرولیکی و هندسه کanal اصلی به دست آمد. نتایج نشان داد با افزایش نسبت آبگیری مقدار عرض تقسیم جریان افزایش می یابد. همچنین با مایل کردن دیواره کanal اصلی عرض لوله جریان در کف کاهش و در سطح افزایش یافت. نتایج نشان می دهد که در مقایسه با آبگیری از کanal مستقیم، ابعاد لوله جریان در آبگیری از کanal ذوزنقه ای طوری اصلاح می شوند که رسوب کمتری وارد آبگیر گردد.

در سمت آبگیر، مقدار عرض لوله جریان در کف کاهش و در سطح افزایش یافته که این مسئله سبب تغییر شکل سطح تقسیم جریان و در نتیجه کاهش رسوب ورودی به آبگیر می شود. با توجه شیب خطوط در معادلات ۲۰، ۱۸، ۱۶، ۱۴، ۱۲ و ۲۲ در اعماق کم آب ($d_u=10\text{cm}$)، کف برخلاف سطح آب نقش بیشتری را در تخلیه جریان و یا نسبت دبی انحرافی بازی می کند. این در حالی است که در اعماق بالا ($d_u=25\text{cm}$) درصد بیشتری از نسبت دبی انحرافی از سطح تأمین می شود بنابراین تأثیر دیواره مایل در اعماق بالا بیشتر است.

سپاسگزاری

از شرکت مدیریت منابع آب ایران، پژوهش های کاربردی به خاطر تأمین مالی این طرح تشکر و قدردانی می شود.

نتیجه گیری

در این تحقیق با برداشت سرعت در محدوده آبگیر جانی که با زاویه ۳۰ درجه از کanal ذوزنقه ای منشعب شده و کالیبره کردن

منابع مورد استفاده

- Grace, J. L. and M. S. Priest. 1958. Division of flow in open channel junctions. Engineering experimental Station, Alabama. Polytechnic Institute. Auburn. Ala. Bulletin No. 31
- Hager, W. H. 1984. An approximate treatment of flow in branches and bends. Proc. Instn. Mech. Eng. 198C (4): 63–69.
- Hager, W. H. 1992. Discussion of Dividing flow in open channels J. Hydraul. Eng. 118(4): 634–637.
- Huang, J., L. J. Weber and Y. G. Lai. 2002. Three-dimensional numerical study of flows in open-channel junctions. J. Hydraul. Eng. 128(3): 268–280.
- Law, S. W. and A. J. Reynolds. 1966. Dividing flow in an open channel. J. Hydraul. Div. 92(2): 4730–4736.
- Murota, A. 1958. On the flow characteristics of a channel with a distributary. Technology Reports of the Osaka University. 6(198).
- Neary, V. S. and A. J. Odgaard. 1993. Three-dimensional flow structure at open-channel diversions. J. Hydraul. Eng. ASCE 119(11): 1223-1230.
- Neary, V. S., F. Sotiropoulos and A. J. Odgaard. 1999. Three dimensional numerical model of lateral-intake inflows. J. Hydraul. Eng. 125(2):126–140.
- Raudkivi, A. J. 1993. Sedimentation, exclusion and removal of sediment from diverted water. IAHR. AIRH. Hydraulic Structures.
- Tanaka, K. 1957. The improvement of the inlet of the power canal. Transactions of the Seventh General Meeting of I.A.H.R.
- Taylor, E. 1944. Flow characteristics at rectangular open channel junctions. Hydraul. Eng. Div. ASCE. 109: 893-

912.

12. Thomson, M. 1949. *Theoretical Hydrodynamics*. McMillan Co. Ltd., UK.
13. Weber, L. J., E. D. Schumate and N. Mawer. 2001. Experiments on flow at a 90° open-channel junction. *J. Hydraul. Eng.* 127(5): 340–350.