



مطالعه اثر پارامترهای هندسی کانال انشعابی بر هیدرولیک جریان در

آبگیرهای جانبی

سهراب کریمی^۱، حسین بنکداری^۲، خسرو مروتی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه رازی کرمانشاه

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه رازی کرمانشاه

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه رازی کرمانشاه

Sohrab_karimi68@yahoo.com

bonakdarii@yahoo.com

khosromorovati@yahoo.com

چکیده

شناخت الگوی جریان در محل تلاقی آبگیرها، از اهمیت بالایی برخوردار است. به طور مثال، جریان ثانویه باعث تغییر در توزیع سرعت و الگوی فرسایش در محل تلاقی می شود. هدف این تحقیق بررسی اثر نسبت عرضی کانال های متلاقی بر الگوی جریان در آبگیرهای جانبی می باشد. در ابتدا، الگوی جریان سه بعدی در کانال آبگیر، توسط نرم افزار ANSYS-CFX شبیه سازی شده است. برای معتبر سازی مدل عددی، از نتایج آزمایشگاهی استفاده شده است. با کاهش نسبت عرضی کانال ها از مقادیر سرعت در کانال انشعابی کاسته شده و باعث کوچک شدن ابعاد ناحیه جدایی جریان و کاهش قدرت جریان ثانویه می شود. در انتها معادله ای را برای ارتباط بین نسبت عرضی کانال ها و طول ناحیه گردابی بدست می آوریم.

واژه های کلیدی: آبگیر جانبی، جریان ثانویه، فرسایش، ANSYS-CFX

با توجه به فرارگیری بخش عمده ای از نواحی کشور در مناطق خشک و نیمه خشک و همچنین وقوع خشکسالی های متعدد در سال های اخیر، اهمیت بهره برداری از سیلاب و مدیریت و اجرای طرح های تحقیقاتی و اجرایی افزایش می یابد. مینا و معیار این طرح ها، انحراف بخشی از سیلاب رودخانه توسط آبگیرها می باشد. شناخت الگوی جریان در محل تلاقی آبگیرها، از اهمیت بالایی برخوردار است. میدان سرعت، جریان گردابی، جریان های ثانویه و... وابسته به الگوی جریان می باشند. لذا عواملی همچون اختلاف کف بستر کانال ها می تواند باعث ایجاد تغییر در الگوی جریان در آبگیرهای جانبی شود. مطالعات گسترده ای در این زمینه صورت گرفته است که از جمله آن ها مطالعات زیر می باشند

گریس^۱ و پریست^۲ (۱۹۵۸) جز اولین کسانی بودند که مطالعات آزمایشگاهی را بر روی انحرافات جریان در کانال- های باز با نسبت عرض های مختلف را انجام دادند [۱]. لاکشمانا^۳ و همکاران تغییرات خطوط انحرافی جریان به سمت آبگیر را با عمق مشاهده نمودند. همچنین آن ها نتیجه گرفتند عرض مجرای جریان در سطح آب نسبت به عرض کانال اصلی در محدوده ۰/۱ تا ۰/۵ قرار دارد [۲]. بر طبق مطالعات نیری^۴ و همکاران بر روی آبگیر ۹۰ درجه در یک کانال مستقیم، وقتی جریان به آبگیر نزدیک می شود فشار مکشی انتهای کانال آبگیر باعث بوجود آمدن شتاب جانبی در جریان می گردد. به دلیل این شتاب جانبی، قسمتی از جریان جدا شده و وارد آبگیر می شود و مابقی جریان به سمت پایین دست کانال اصلی ادامه مسیر می دهد. به دلیل انحنای خطوط جریان، بین گرادیان فشار جانبی، نیروی گریز از مرکز و نیروی برشی عدم تعادل ایجاد می شود که باعث تشکیل یک جریان ثانویه در جهت عقربه های ساعت می گردد. این جریان ثانویه همراه با ناحیه جدا شده در طول دیواره داخلی آبگیر منجر به یک جریان بسیار پیچیده سه بعدی می گردد [۳]. نتایج عباسی و همکاران (۱۳۸۲) بر آبگیر بر مسیر مستقیم رودخانه نشان داد که حضور آستانه باعث کاهش عرض گردابه در ابتدای آبگیر گردیده و در نتیجه باعث کاهش ورود رسوبات و عرض رسوبگذاری در دهانه آبگیر خواهد شد. همچنین میزان تاثیر آستانه در انحراف های بالا نسبت به انحراف های پایین موثرتر است [۴]. رامامورتی^۵ و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه سه بعدی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی نشان دادند تطابق خوبی بین پروفیل های سرعت، ناحیه جداشدگی، عمق آب و جریان ثانویه برقرار است سپس با استفاده از مدل سه بعدی، گردابه ی حلزونی تشکیل شده در کانال آبگیر را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش نسبت آبگیری، قدرت گردابه افزایش یافته و به سمت پایین دست آبگیر قدرت گردابه کاهش می یابد [۵]. باراکدل^۶ و همکاران تحقیقات وسیعی را در زمینه کاربرد صفحات مستغرق در کنترل رسوب ورودی به آبگیرها انجام داده اند. آزمایشات در فلوم دارای گردش آب با زاویه آبگیری ۹۰ درجه انجام شده است. فلوم مورد استفاده دارای طول ۲۴ متر و عرض ۱/۵ متر بوده است. روش های کنترل رسوب ورودی به آبگیر، روی الگوی جریان در دهانه آبگیر و نقطه سکون و خط جدایی جریان نیز کار شده است [۶]. ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر با استفاده از اندازه گیری بردارهای سرعت در نزدیکی سطح و نزدیک بستر تعیین شده است.

مطالعه حاضر به مطالعه حاضر به بررسی عددی تاثیر نسبت عرضی کانال اتشعابی به کانال اصلی بر ساختار الگوی جریان و ابعاد ناحیه گردابی در آبگیرهای جانبی با استفاده از نرم افزار ANSYS-CFX می پردازد. بر این اساس مدل هایی

¹ Grace

² Priest

³ Lakshmana

⁴ Neary

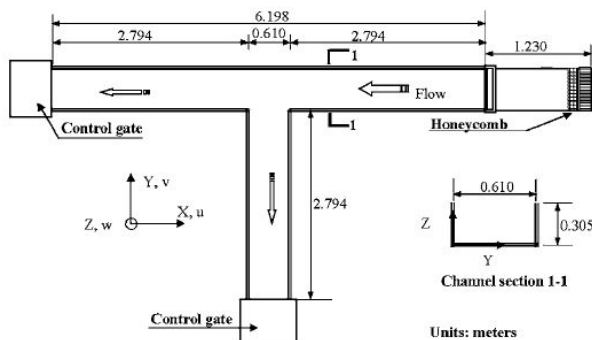
⁵ Ramamurthy

⁶ Barkdoll

با نسبت های عرضی ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲ و ۱/۴، شکل گرفته‌اند. بامدل سازی جریان، در تمامی حالت‌ها الگوی جریان مقایسه شده است. برای اعتبارسنجی از اطلاعات آزمایشگاهی رامامورتی و همکاران (۲۰۰۷) [۵] استفاده شده است. نسبت دبی و هندسه کانال اصلی ثابت فرض شده است و در انتها برای ابعاد ناحیه گردابی رابطه‌ای وابسته به نسبت عرضی کانال‌ها بیان می‌کنیم و تغییرات بوجود آمده در ابعاد ناحیه گردابی را بررسی می‌نماییم

مشخصات مدل آزمایشگاهی

اعتبار مدل ارائه شده در این مقاله، توسط مطالعه آزمایشگاهی انجام شده توسط A. S. Ramamurthy (2007) [5] صورت گرفته است. کانال مورد نظر، شامل یک کانال اصلی با طول ۶.۱۹۸ متر و کانال انشعابی با طول ۲.۷۹۴ متر است. کانال انشعابی ۲.۷۹۴ متری پایین دست کانال اصلی قرار گرفته است. هر دو کانال دارای عرض ۰.۶۱ متر هستند که به عنوان b معرفی می‌شود. عمق کانال ۰.۳۰۵ متر است. کف کانال در تمامی محل‌ها افقی است. نمایی از مدل آزمایشگاهی به کار رفته در شکل ۱ نشان داده می‌شود.



شکل (۱): طرح شماتیک مدل آزمایشگاهی [5].

دبی ورودی به کانال اصلی Q_u برابر با $0.047 \text{ m}^3/\text{s}$ و دبی کانال فرعی Q_B برابر $0.007 \text{ m}^3/\text{s}$ و سرعت بحرانی در بالادست کانال اصلی V_c برابر با 0.914 m/s می‌باشد.

معادلات حاکم

معادلات حاکم برای جریان کانال‌های روباز، معادلات متوسط‌گیری رینولدز، ناویر-استوکس، با فرض جریان تراکم ناپذیر و دائمی هستند. معادلات پیوستگی جرم و ناویر استوکس به صورت زیر می‌باشند [۶]. رابطه اول، معادله پیوستگی و رابطه دوم معادله مومنتموم در سه جهت X، Y و Z می‌باشد.

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta}{\delta x}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\delta p}{\delta x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_i}(-\rho \overline{u_i' u_j'}) \quad (2)$$

که u بردار سرعت و u_i مؤلفه بردار سرعت در جهت $X_i (X, Y, Z)$ و p فشار کل و ρ دانسیته سیال است. همچنین، δ_{ij} دلتای کرونگراست و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0 & i = j \\ 1 & i \neq j \end{cases} \quad (3)$$

در معادلات بالا، جملات $(-\rho \overline{u_i' u_j'})$ ، تنش‌های آشفته یا رینولدز هستند. معادله مومنتوم تعریف‌شده، حاوی شش مؤلفه تنش رینولدز است که مجهول هستند. برای حل معادله مومنتوم، تنش‌های رینولدز باید مدل شوند که این کار به وسیله‌ی مدل‌های آشفته‌گی انجام می‌شود. بررسی‌ها نشان داده‌اند که برای جریان‌های پیچیده که در آن‌ها مؤلفه‌های متعدد تنش رینولدز اهمیت دارند (مانند جریان‌های چرخشی و جریان‌های سه‌بعدی کلی)، لزجت گردابه‌ای شدیداً به بردار جهت حساس بوده و فرض اسکالر بودن آن معتبر نمی‌باشد. بنابراین، مدل‌های آشفته‌گی که مفهوم لزجت گردابه‌ای را همراه با یک رابطه ساده برای محاسبه آن به کار می‌برند، نمی‌توانند جریان‌های پیچیده را به خوبی مدل کنند. به منظور در نظر گرفتن انتقال تنش‌های رینولدز، مدل‌های معادله تنش معرفی شدند که تنش‌های آشفته را مستقیماً از معادلات انتقال محاسبه می‌کنند.

مدل k-ε استاندارد، یکی از انواع مدل‌های دو معادله‌ای است که توسط لاندرو و اسپالدینگ [7] ارائه شده و در مهندسی عملی محاسبات جریان بسیار متداول شده است. این مدل، یک مدل نیمه تجربی بوده و استخراج معادلات آن، وابسته به پدیده‌شناسی و تجربه‌گرایی می‌باشد. در استخراج معادلات مدل k-ε فرض می‌شود که جریان کاملاً آشفته است و اثرات لزجت مولکولی نادیده گرفته می‌شود. بنابراین مدل k-ε استاندارد، تنها برای جریان‌های کاملاً آشفته معتبر است. در مدل k-ε استاندارد، انرژی جنبشی آشفته‌گی و نرخ اتلاف انرژی جنبشی آشفته‌گی، از رابطه‌های زیر به دست می‌آیند

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (5)$$

در رابطه فوق، ε میزان اتلاف انرژی جنبشی آشفته‌گی و k انرژی جنبشی آشفته‌گی واحد جرم سیال است و از رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود

$$k = \frac{1}{2} \overline{u_i' u_i'} = \frac{1}{2} (u_1'^2 + u_2'^2 + u_3'^2) \quad (6)$$

در این معادلات، μ لزجت سیال، G_k تولید انرژی جنبشی آشفته‌گی به علت گرادیان‌های سرعت متوسط، G_b تولید انرژی جنبشی آشفته‌گی به علت شناوری و Y_M پارامتر مربوط به تأثیر تراکم‌پذیری بر آشفته‌گی است که توسط روابط محاسبه می‌شود. پارامترهای C_{1ε} و C_{2ε}، ثابت هستند. همچنین، σ_k و σ_ε اعداد پراوتل آشفته برای k و ε و S_k و S_ε پارامترهای چشمه تعریف شده توسط کاربر می‌باشند. مقادیر C_{1ε}، C_{2ε}، σ_k و σ_ε ضرایب ثابتی هستند که به صورت تجربی معین می‌شوند.

شرایط مرزی

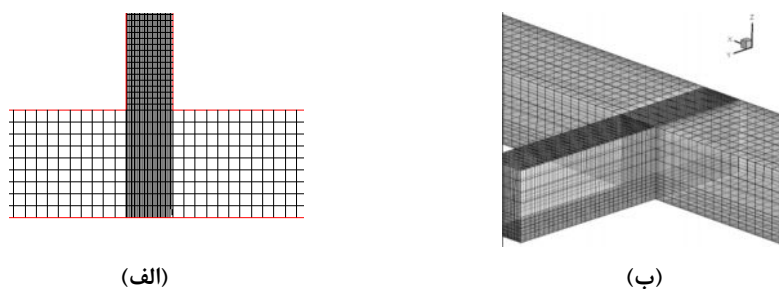
در ورودی کانال اصلی از حل جریان در یک کانال مستقیم و طولانی که جریان آشفته در آن کاملاً گسترش یافته بود به این مرز اعمال شده است در مرز بالایی از شرط مرزی opening استفاده شده است. مدل‌سازی نزدیک دیواره، تا حد زیادی صحت حل عددی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، زیرا دیوارها منشأ مهم گردابه‌ی متوسط و آشفته‌گی هستند. علاوه بر این، در ناحیه‌ی نزدیک دیواره، متغیرهای حل گرادیان‌های قوی دارند. بنابراین، عملکرد درست جریان در ناحیه‌ی نزدیک دیواره، پیش‌بینی موفق جریان‌های آشفته‌ی دارای مرز دیوار را تضمین می‌کند.

شرط مرزی دیواره به مرزهای صلب اعمال شده و از تابع استاندارد دیواره برای برقرار ارتباط بین ناحیه کاملاً آشفته و نواحی موثر از لزجت ملوکولی استفاده شده است. روش‌های گوناگونی برای تعیین سطح آزاد وجود دارد که نسبت به دیدگاه حاکم بر حل میدان جریان، متفاوت می‌باشند. در میدان جریان با شبکه‌ی ثابت، تعیین سطح آزاد براساس دیدگاه اولری-اولری نسبت به جریان مشخص می‌شود. در روش اولری - اولری، حجم فاز نمی‌تواند به وسیله‌ی سایر فازها اشغال شود و مفهوم کسر حجمی فازی معرفی می‌شود. همچنین، فرض می‌شود که کسرهای حجمی، توابع پیوسته‌ی زمان و مکان هستند.

سه روش مدل‌سازی چندفازی براساس دیدگاه اولری - اولری موجود است. این مدل‌ها شامل مدل حجم سیال، مدل مخلوط و مدل اولری می‌باشند. در روش مدل حجم سیال (VOF)، برای هر جزء حجم سلول، یک معادله‌ی دیفرانسیلی حل می‌شود و نهایتاً مقدار جزء حجم سیال در هر سلول معین می‌گردد. روش‌های توسعه‌یافته براساس VOF، کارایی بیشتری دارند.

شبیه‌سازی شرایط جریان در مدل آزمایشگاهی با استفاده از مدل ANSYS-CFX

پس از امتحان مقادیر مختلف و تست حساسیت نسبت به ابعاد شبکه، ابعاد سلول‌های شبکه کانال اصلی در قبل و بعد از آبگیر $۱۲/۵ \times ۱۲/۵ \times ۸/۵$ سانتی متر، در محدوده آبگیر $۱۲/۵ \times ۱۲/۵ \times ۳$ سانتی متر و ابعاد سلول‌های شبکه کانال آبگیر $۱۲/۵ \times ۸ \times ۲$ سانتی متر انتخاب شد و محاسبات برای تعداد ۸۴۳۳۰ سلول صورت گرفت. فاصله اولین گره تا کف برابر $۵/۵$ سانتی‌متر می‌باشد. شکل ۲، پلان و نمای سه بعدی شبکه بندی میدان محاسباتی را در آبگیر ۹۰ درجه نشان می‌دهد.



شکل (۲): شبکه بندی میدان محاسباتی در محدوده آبگیر در دو حالت (الف) پلان و (ب) نمای سه‌بعدی

مقایسه نتایج مدل عددی و آزمایشگاهی

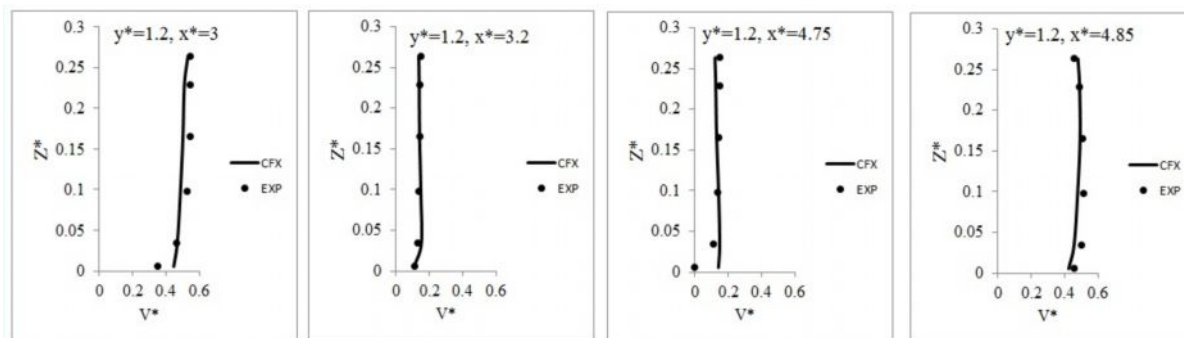
در این مطالعه، مدل آزمایشگاهی [۵] توسط نرم افزار ANSYS-CFX به صورت عددی مدل سازی شده است. این نرم‌افزار، کل میدان جریان را به صورت حجم کنترل‌های مجزا در نظر می‌گیرد. از معادلات حاکم بر جریان سیال روی هر حجم کنترل انتگرال گرفته و با استفاده از طرح‌های مختلف انفصال معادلات جبری منفصل می‌شوند. برای شبیه‌سازی جریان کانال مورد نظر به کمک نرم‌افزار، از طرح کوئیک^۷ برای انفصال جملات جابجایی معادلات مومنتم، طرح بالادست مرتبه‌ی دوم^۸ برای انفصال جملات جابجایی معادلات آشفتگی و همچنین از الگوریتم پیزو^۹ برای الگوریتم توأم سرعت - فشار استفاده گردیده است.

برای صحت سنجی مدل، از اندازه گیری میدان سرعت در چهار مقطع و در هر مقطع از چندین نقطه استفاده شده است و نتایج به دست آمده از صحت سنجی، به صورت شکل (۳) می‌باشند. مقادیر سرعت، نسبت به سرعت بحرانی بالاست (V_c) برابر با (0.914) متر بر ثانیه و مقادیر X و Y و Z نسبت به عرض کانال اصلی (W) برابر با (0.61) متر، بدون بعد شده اند. u سرعت طولی در جهت X ، v سرعت در جهت Y و w سرعت در جهت Z است.

⁷ QUICK

⁸ Second Order Upwind

⁹ PISO



شکل (۳): اعتبارسنجی نتایج عددی نمونه با ارتفاع کف برابر، توسط اطلاعات آزمایشگاهی [۵]

به منظور بررسی دقت مدل‌های ارائه شده در این قسمت، نتایج حاصل از مقایسه روابط ارائه شده در این مطالعه با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی، با استفاده از معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا^{۱۰} (RMSE) متوسط درصد خطای مطلق^{۱۱} (MAPE) که به صورت زیر تعریف می‌شوند، ارائه می‌شود. هر چه نتایج حاصل از این دو معیار به صفر نزدیکتر باشد، رابطه مورد نظر دارای دقت بالاتری می‌باشد.

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{mod,i})^2} \quad (7)$$

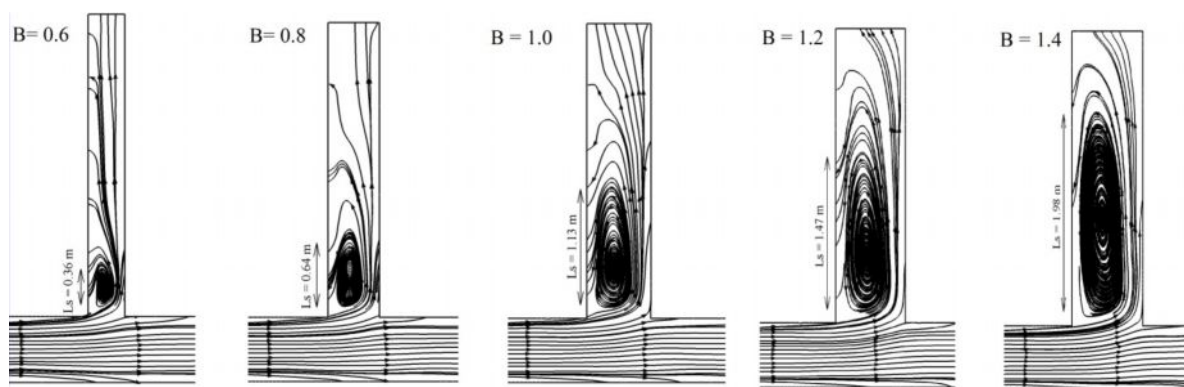
$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \left(\frac{|X_{obs,i} - X_{mod,i}|}{X_{obs,i}}\right) \times 100 \quad (8)$$

در رابطه (۷)، n تعداد نقاط اندازه‌گیری، $X_{obs,i}$ مقادیر مشاهده شده یا مقادیر اندازه‌گیری شده توسط مدل آزمایشگاهی و $X_{mod,i}$ مقادیر به دست آمده از حل عددی یا رابطه‌ی پیشنهادی در زمان/ مکان A است. مقدار متوسط مجذور مربعات خطا، غالباً به صورت درصد بیان می‌گردد. هرچه این مقدار کوچک‌تر باشد، دقت مدل عددی در تخمین مقادیر موردنظر بالاتر بوده و مقادیر محاسبه شده، مطابقت بیشتری با داده‌های اندازه‌گیری شده توسط مدل آزمایشگاهی دارند. طبق معادل (۷)، خطای RMSE بدست آمده برابر ۸ درصد می‌باشد بنابراین نشان می‌دهد که مدل عددی و نتایج آزمایشگاهی انطباق بسیار خوبی داشته و اعتبار قابل قبولی دارد.

طول نسبی ناحیه گردابی در نسبت‌های عرضی مختلف (نسبت عرض کانال فرعی به عرض کانال اصلی)
در این در شکل ۴، طول ناحیه گردابی در کانال انشعابی با (L_s) مشخص شده است و طول آن بر حسب (متر) می‌باشد. نسبت عرض کانال فرعی به عرض کانال اصلی با B نشان داده شده است. با مقایسه شکل‌های زیر می‌توان رابطه‌ی بین نسبت‌های عرضی با طول ناحیه گردابی را مشخص نمود و این چنین مشاهده می‌شود که با افزایش نسبت عرضی کانال‌ها، طول ناحیه گردابی افزایش می‌یابد یعنی دوپارامتر موجود، عرض کانال انشعابی و طول ناحیه جدایی، با یکدیگر رابطه مستقیم دارند. ابعاد ناحیه جدایی جریان، در شکل‌هایی با نسبت عرضی کمتر، کوچکتر می‌باشند که این امر باعث کاهش افت سرعت جریان و کاهش میزان رسوب گذاری در کانال انشعابی می‌شود. با استفاده از نتایج بدست آمده، معادله خطی حاکم بر ارتباط بین نسبت عرضی با طول ناحیه گردابی بدست می‌آید.

¹⁰ Root Mean Square Error (RMSE)

¹¹ Mean Absolute percentage Error (MAPE)



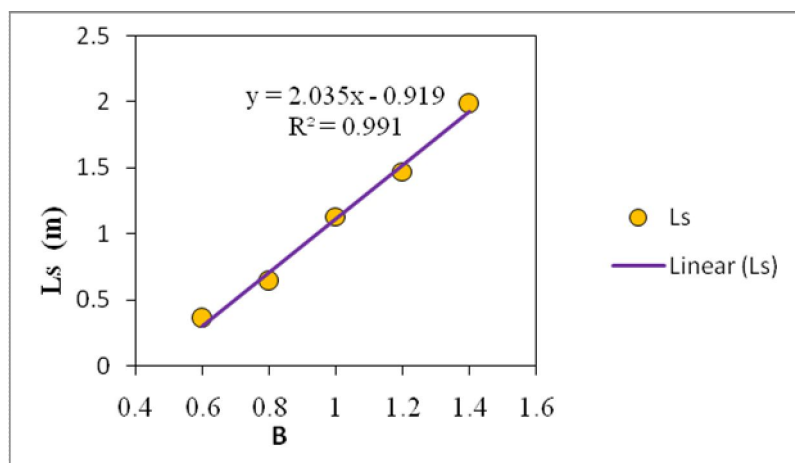
شکل(۴): طول ناحیه جدایی جریان در نسبت های عرضی (B)

بررسی نتایج بدست آمده

نتایج بدست آمده در محدوده تغییرات پارامتر هندسی در کانال فرعی (عرض کانال فرعی) می باشد و در این نتیجه گیری هندسه کانال اصلی ثابت فرض شده است. با توجه به نتایج، طول ناحیه گردابی (L_s)، به طور مجزا در هر یک از نسبت های عرضی مختلف ارائه شده است. حال با ثابت بودن نسبت دبی و هندسه کانال اصلی، شکل ۵، اثر پارامتر هندسی (نسبت عرضی کانال ها)، بر روی طول ناحیه گردابی، به نمایش درآمده است. در شکل ۵، y بیانگر طول ناحیه گردابی یا ناحیه برگشتی و x بیانگر نسبت عرض کانال فرعی به کانال اصلی (B) می باشد و R^2 (ضریب همبستگی) بدست آمده برابر با ۰.۹۹۱۸ می باشد.

معادله بدست آمده از نتایج مدلسازی عددی :

$$L_s = 2.35 (B) - 0.919 \quad (9)$$



شکل(۵): معادله حاکم بر ارتباط بین نسبت عرضی کانال ها و طول ناحیه برگشتی

نتیجه گیری

با توجه به ثابت بودن نسبت دبی در کانال ها، تغییرات پارامتر هندسی در کانال فرعی (عرض کانال فرعی)، موثر بر الگوی جریان گردابی می باشد. با افزایش نسبت عرضی کانال ها، طول ناحیه گردابی و میزان کاهش اندازه بردارهای سرعت، افزایش پیدا می

کند. بنابراین با کاهش نسبت عرضی کانال ها از شدت رسوب گذاری در کانال فرعی کاسته می شود و طول ناحیه برگشتی کاهش می یابد لذا با کاهش این نسبت، می توان از شدت انسداد دهانه آبگیر توسط رسوب گذاری، کاست. جریان ثانویه به عنوان یکی از عوامل موثر در فرسایش کف کانال ها به شمار می آید. قدرت جریان ثانویه با سرعت جریان در کانال رابطه مستقیمی دارد لذا می بایست برای مقابله با پدیده ی فرسایش در کف کانال ها، سرعت جریان در کانال ها را کنترل و کاهش دهیم. در این مطالعه با توجه به نتایج بدست آمده، در می یابیم که با کاهش نسبت عرضی کانال ها، از شدت فرسایش و قدرت جریان ثانویه کاسته می شود، زیرا با ثابت نگه داشتن میزان دبی در کانال ها، کاهش عرض کانال انشعابی و کاهش ابعاد ناحیه جدایی جریان، عمق جریان در کانال انشعابی افزایش و سرعت جریان در کانال انشعابی کاهش می یابد

مراجع

1. Grace, J. L., and Priest, M. S. (1958). "Division of flow in open channel junctions." Bulletin No. 31, Engineering Experimental Station, Alabama, Polytechnic Institute, Auburn, Ala.
2. Lakshmana, R. N. S., Sridhanan, K., and Baig, M. Y. A. (1968). "Experimental study of the division of flow in an open channel." Proc., Australasian Conference on Hydraulic. And Fluid Mech., Sydney, Australia, 139-142.
3. Neary, V. S., Sotiropoulos, F., and Odgaard. A. J. (1999). "Three-Dimensional numerical model of lateral intake inflows." J. of Hydraulic Engineering, 125, (2) 126-140.
۴. عباسی، ع.ا. ۱۳۸۲. مطالعه آزمایشگاهی کنترل رسوب در آبگیرهای جانبی در مسیرهای مستقیم، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، ۱۳۸۲
5. Ramamurthy, A. S., Junying Qu. and Diep, VO. (2007). "Numerical and Experimental study of Dividing Open-Channel Flows." ASCE, J. Hydr. Res., Vol. 133, No.10, PP. 1135-1144
6. Barkdoll, B. D., Ettema, K. and Odgaard, A.J., 1999, sediment control at lateral diversion: Limits and enhancements to vanes use, "Journal of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 125, No. 8, pp. 862-870
۷. Launder, B.E. and Spalding, D.B. (1972), "Lectures in Mathematical Models of Turbulence." Academic Press, London, England.