



دانشگاه گیلان، دانشکده مهندسی عمران و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره پنجم، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

بررسی اثر نسبت دبی و زاویه اتصال بر الگوی جریان در کانال‌های متقاطع مستطیلی با استفاده از مدل ریاضی فلوئنت

*سعید گوهری^۱، محمد امرایی^۲ و علی فلک‌دین^۲

^۱استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان،

^۲دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۷

چکیده

هیدرولیک جریان در تقاطع کانال‌ها پیچیده بوده و عوامل زیادی مانند نسبت دبی جریان، زاویه تقاطع، هندسه کانال، شیب طولی، مقاومت بستر و عدد فرود بر رفتار جریان اثرگذار می‌باشد. وجود بستر متحرک با انتقال رسوب نیز بر پیچیدگی الگوی جریان در این مقاطع می‌افزاید. مطالعه الگوی جریان می‌تواند به پیش‌بینی تغییرات شکل بستر در مجاری رسوبی کمک کند. در این مطالعه تأثیر نسبت دبی جریان و زاویه اتصال کانال فرعی به کانال اصلی برای زوایای ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه بر الگوی جریان در کانال‌های متقاطع مستطیلی با استفاده از مدل عددی فلوئنت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که دو پارامتر نام‌برده اثر به‌سزایی بر تغییرات الگوی جریان داشته است. در زاویه تقاطع ۹۰ درجه در نزدیک کف کانال ($Z^*=0/05$) و در نسبت دبی جریان $Q^*=0/917$ کمینه ابعاد ناحیه جدایی جریان رخ داده و ابعاد این ناحیه به صفر می‌رسد. همچنین در زاویه تقاطع ۴۵ درجه و در نسبت دبی $Q^*=0/917$ نیز ابعاد ناحیه جدایی جریان بسیار ناچیز است. بیش‌ترین ابعاد ناحیه جدایی جریان نیز در زاویه تقاطع ۹۰ درجه و نسبت دبی جریان $Q^*=0/917$ در نزدیک سطح ($Z^*=0/95$) مشاهده می‌شود. با افزایش نسبت دبی طول و عرض ناحیه جدایی جریان کاهش می‌یابد و در نسبت‌های دبی بالا ناحیه جدایی جریان ناپدید می‌شود. افزایش مقدار نسبت دبی جریان، به‌طور خطی ابعاد ناحیه جدایی جریان را کاهش می‌دهد. با افزایش نسبت دبی، جریان یکنواختی در بعد از

*مسئول مکاتبه: saeedgohari@yahoo.com

تقاطع در کانال اصلی رخ می‌دهد که ابعاد ناحیه جدایی جریان را کاهش می‌یابد. با افزایش نسبت دبی، تغییرات ابعاد ناحیه جدایی در کف نسبت به سطح ناچیز بوده و همچنین طول ناحیه جدایی جریان در سطح نسبت به کف کانال افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تغییرات سطح آب (به ترتیب ۱۶ و ۴ درصد عمق جریان بالادست کانال اصلی) در کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نسبت دبی (به ترتیب ۰/۰۸۳ و ۰/۹۱۷) رخ می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تقاطع کانال، ناحیه جدایی جریان، زاویه تقاطع جریان، نسبت دبی جریان، مدل عددی فلوئنت

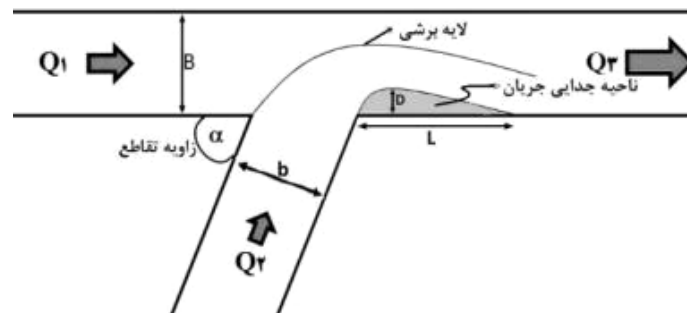
مقدمه

جریان‌های متقاطع و انشعابات موجود در طبیعت دارای هندسه‌ای پیچیده بوده و شرایط جریان آن‌ها سه‌بعدی و پیچیده می‌باشد. فرسایش و فرایندهای رسوبی که در محل برخورد دو جریان اتفاق می‌افتد به تدریج شکل مقطع را تغییر داده و ته‌نشینی رسوبات در کف کانال‌ها می‌تواند باعث بالا آمدن بستر کانال و کاهش ظرفیت کانال شود. در محل برخورد دو جریان، با افزایش نسبت دبی جریان در کانال فرعی احتمال تخریب ساحل مقابل در کانال اصلی افزایش پیدا می‌کند. تغییر در الگوی جریان در محل تقاطع می‌تواند باعث تغییر مسیر رودخانه به سمت پایین دست گردد. همچنین با ایجاد پشته‌های رسوبی در محل تقاطع و بالا آمدن تراز بستر رودخانه امکان خروج بخشی از جریان از مجرای اصلی در دبی‌های بالا وجود دارد. شناخت تغییرات الگوی جریان و پدیده فرسایش و رسوب‌گذاری در این مکان ضروری می‌باشد. شکل ۱ نمونه‌ای از جریان‌های متقاطع را در رودخانه کارون نشان می‌دهد.



شکل ۱- دو نمونه تصویری هوایی از محل تقاطع دو جریان در رودخانه کارون (تهیه شده با نرم‌افزار Google Earth).

اندازه‌گیری مشخصات هندسی و هیدرولیکی جریان در مجاری متقاطع طبیعی دشوار و در مواردی غیرممکن است. بنابراین مطالعات آزمایشگاهی مسائل هیدرولیکی با استفاده از مدل‌های فیزیکی یک برتری بزرگ به‌شمار می‌رود. در شکل ۲ نمونه‌ای از یک کانال متقاطع را می‌توان مشاهده کرد. مطالعات گذشته درباره جریان‌های متقاطع به‌طور عمده بر مبنای مدل‌های مقیاس آزمایشگاهی با شرایط ساده شده جریان بوده است. بیش‌تر مطالعات آزمایشگاهی در کانال‌های با بستر ثابت بوده و ویژگی‌های کلیدی بررسی شده در این کانال‌ها نسبت عمق جریان، ناحیه جدایی جریان، اثر زبری بستر، محل لایه برشی، نقطه سکون و موقعیت جریان ثانویه می‌باشد. با پیشرفت در قدرت پردازش کامپیوترها، کاربرد مدل‌های عددی برای بررسی دقیق ویژگی‌های جریان متقاطع بیش‌تر شده است. با این وجود هنوز محدودیت‌هایی برای مدل‌سازی عددی وجود دارد، زیرا آگاهی کافی از تمام شرایط حاکم بر جریان در طبیعت امکان‌پذیر نمی‌باشد و تخمین‌های معتبری برای این کار نیاز است. صحت نتایج و شبیه‌سازی‌های مدل مبتنی بر فرضیات، نوع مدل عددی به‌کار رفته، شرایط مرزی وضع شده و کیفیت شبکه‌بندی استفاده شده در شبیه‌سازی تکیه دارد و داده‌های جامعی برای اعتبارسنجی مدل‌های عددی نیاز می‌باشد. امروزه توجه به توسعه و کاربرد مدل‌های سه‌بعدی ریاضی در مهندسی رودخانه از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. هر چند باید با صحت‌سنجی مدل‌های توسعه داده شده حاشیه اطمینان آن‌ها را برای به‌کارگیری در مهندسی رودخانه مشخص کرد. اما با توجه به بالا بودن هزینه‌های مربوط به تجهیزات آزمایشگاهی و محدودیت استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری نسبت به مدل‌های عددی، کاربرد روزافزون این مدل‌های عددی در علوم آب بیش‌تر می‌شود. از جمله نرم‌افزارهایی که می‌توان مدل‌بندی‌های عددی سه‌بعدی جریان را برای بررسی ویژگی‌های جریان‌های پیچیده در تقاطعات کانال‌ها به‌کار گرفت فلوئنت می‌باشد که ویژگی‌های این نرم‌افزار در بخش‌های بعدی توضیح داده خواهد شد.



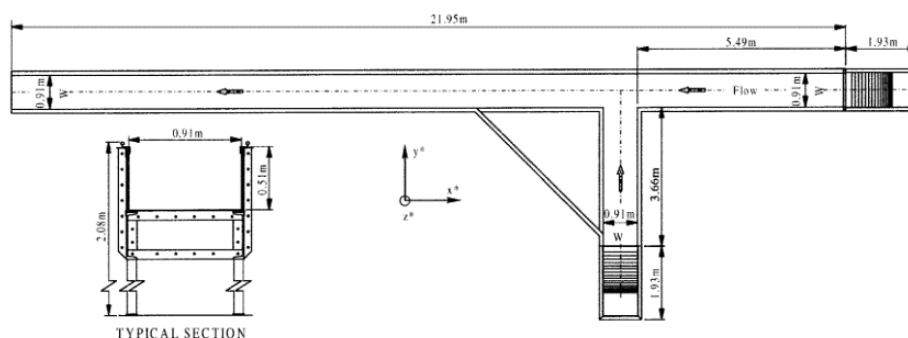
شکل ۲- کانال متقاطع مستطیلی و بخش‌های مختلف آن.

گورام و همکاران (۱۹۹۷) با مطالعه جریان متقاطع رابطه‌ای را برای مقدار اندازه حرکت و فشار جانبی وارد بر دیواره کانال به دست آوردند. هوانگ و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای از یک مدل عددی سه‌بعدی برای بررسی جریان در تقاطعات کانال با زوایای ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش زاویه تقاطع، ارتفاع آب بالادست تقاطع، ابعاد ناحیه جدایی جریان، تورفتگی سطح آب در ناحیه جدایی جریان و تلفات انرژی در تقاطع کانال افزایش می‌یابد. نی و همکاران (۲۰۰۴) یک فرمول یک‌بعدی ساده پیشنهاد دادند که جریان قابل انتقال را در کانال‌های متقاطع پیش‌بینی کرده و سپس یک رابطه بین فرسایش کانال متقاطع، زاویه تقاطع و نسبت جریان ارایه نمودند. شاملو و پیرزاده (۲۰۰۸) به شبیه‌سازی عددی دوبعدی و سه‌بعدی الگوی جریان در کانال‌های متقاطع T شکل با نرم‌افزار فلونت پراخت. مقایسه نتایج شبیه‌سازی آن‌ها با مدل فلونت و نتایج آزمایشگاهی نشان داد که مدل قابلیت بالایی در شبیه‌سازی الگوی جریان در کانال‌های متقاطع دارد. هایفی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از یک مدل دوبعدی تأثیر نسبت زاویه اتصال را بر الگوی جریان مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که پهنای ناحیه جدایی جریان با افزایش زاویه تقاطع افزایش می‌یابد اما طول آن زمانی به مقدار بیشینه می‌رسد که زاویه تقاطع ۹۰ درجه باشد. رامامورتی و همکاران (۲۰۰۹) مطالعه‌ای را روی ویژگی‌های جریان در کانال‌های متقاطع مستطیلی با زاویه ۹۰ درجه و با پهنای مساوی کانال اصلی و فرعی انجام دادند و با استفاده از یک مدل آشفتگی سه‌بعدی، رفتار جریان در تقاطع کانال‌ها را مورد بررسی داده و نتایج را با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی واسنجی کردند. داده‌های آزمایشگاهی صحت نتایج مدل آشفتگی سه‌بعدی را تأیید نمود. دیسانایاک (۲۰۰۹) جریان متقاطع شامل بار معلق را با استفاده از مدل فلونت و نتایج آزمایشگاهی مقایسه کرد و نشان داد که این مدل قابلیت خوبی در شبیه‌سازی این نوع جریان‌ها دارد. ترلیتا و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات خط جدایی جریان در کانال‌های متقاطع با زاویه ۳۰ درجه را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که تغییرات خط جدایی جریان تحت تأثیر نسبت دبی جریان در کانال فرعی به کانال اصلی می‌باشد. لئوناردو و همکاران (۲۰۱۱) یک مطالعه آزمایشگاهی روی جریان‌های زیربحرانی در یک تقاطع با چهار شاخه با پهنای مساوی و دو جریان ورودی و دو جریان خروجی انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که یک رابطه خطی بین ۵ پارامتر بی‌بعد شامل نسبت دبی جریان‌های ورودی، نسبت دبی جریان‌های خروجی، عدد فرود جریان ورودی در یک راستا و نسبت عمق جریان‌های خروجی وجود دارد و یک پیش‌بینی قابل‌قبولی را نیز از توزیع جریان در تقاطع کانال ارایه دادند.

قبادیان (۲۰۰۹) تأثیر تغییرات تراز سطح آب پایاب بر الگوی جریان‌های ثانویه در محل تلاقی کانال‌های روباز مستطیلی با مدل سه‌بعدی مورد بررسی قرار داد و نشان داد مدل SSIIM2 قابلیت شبیه‌سازی جریان متقاطع را دارد. همان‌طور که در سابقه پژوهش اشاره شد زاویه اتصال و نسبت دبی در کانال فرعی و اصلی دو پارامتر مهم در الگوی جریان در کانال‌های متقاطع می‌باشند که امکان مطالعه هم‌زمان آن‌ها به صورت آزمایشگاهی پرهزینه خواهد بود در این مطالعه با استفاده از مدل مناسب و صحت‌سنجی آن به بررسی تأثیر این دو پارامتر مهم فیزیکی و هیدرولیکی در الگوی جریان متقاطع خواهیم پرداخت.

مواد و روش‌ها

در این مقاله از داده‌های آزمایشگاهی به دست آمده از پژوهش‌های انجام شده توسط وبر و همکاران (۲۰۰۱) در مؤسسه تحقیقات هیدرولیک دانشگاه آیوا استفاده شده است. مطالعات آزمایشگاهی ایشان بر روی یک کانال مستطیلی با زاویه تقاطع ۹۰ درجه (شکل ۳) و نسبت‌های دبی ارایه شده در جدول ۱ انجام شده است. مقادیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی به صورت بی‌بعد ارایه شده‌اند. به این منظور، ابعاد کانال با تقسیم بر عرض کانال ($w=0.91$ m) و عمق جریان نیز با تقسیم بر عمق آب در بالادست بی‌بعد شده‌اند. پارامترهای طولی بی‌بعد شده به صورت $y^*=y/w$, $z^*=z/h$ و $x^*=x/w$ معرفی می‌گردند و سرعت در مقاطع مختلف نیز با تقسیم بر سرعت متوسط جریان در پایین دست ($V=0.628$ m/s) بی‌بعد شده است که به صورت $u^*=u/V$, $v^*=v/V$ و $w^*=w/V$ نمایش داده می‌شوند.

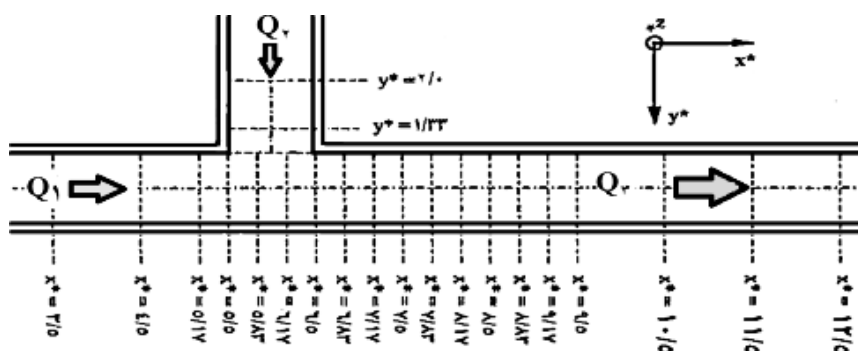


شکل ۳- مدل آزمایشگاهی و مشخصات آن (وبر و همکاران، ۲۰۰۱).

با استفاده از داده‌های به دست آمده از این آزمایش‌ها و نرم‌افزار فلوئنت، شبیه‌سازی عددی روی کانال متقاطع مستطیلی برای نسبت‌های جریان ارایه شده (در جدول ۱) و همچنین برای ۴ زاویه اتصال به کانال (۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه) انجام شد. مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای نقاطی که در آن اندازه‌گیری میدان سرعت صورت گرفته انجام شده است. بدین منظور بررسی‌ها در نزدیکی سطح آب ($z/h=0/95$) و نزدیکی کف جریان ($z/h=0/05$) و در مقاطع عرضی مطابق شکل ۴ صورت گرفته است.

جدول ۱- داده‌های آزمایشگاهی مورد مطالعه (ویر و همکاران، ۲۰۰۱).

۰/۱۵۶	۰/۱۲۷	۰/۰۹۹	۰/۰۷۱	۰/۰۴۲	۰/۰۱۴	Q_1 (m ³ /sec)
۰/۰۱۴	۰/۰۴۲	۰/۰۷۱	۰/۰۹۹	۰/۱۲۷	۰/۱۵۶	Q_2 (m ³ /sec)
۰/۹۱۷	۰/۷۵۰	۰/۵۸۳	۰/۴۱۷	۰/۲۵۰	۰/۰۸۳	$Q^* = Q_1 / Q_2$

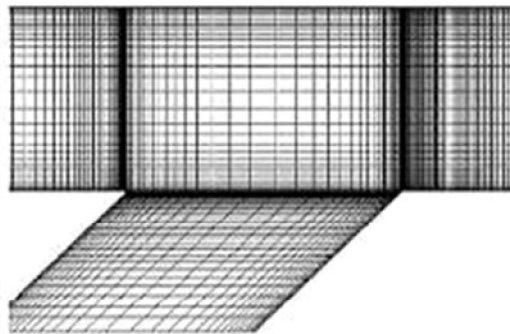


شکل ۴- مقاطع مختلف سرعت اندازه‌گیری شده در کانال متقاطع ۹۰ درجه (ویر و همکاران، ۲۰۰۱).

مدل هیدرودینامیک فلوئنت: مدل فلوئنت برای شبیه‌سازی جریان سیال و انتقال حرارت در هندسه‌های پیچیده می‌باشد. نوع شبکه‌بندی قابل دریافت توسط این گروه نرم‌افزاری شامل شبکه‌هایی با المان‌های مثلثی و چهارضلعی (برای هندسه‌های دوبعدی) و چهاروجهی، شش‌وجهی، هرمی یا گوه‌ای (برای هندسه‌های سه‌بعدی) می‌باشد. همچنین به کاربر اجازه بهبود شبکه (مثلاً ریز کردن یا درشت کردن شبکه در مرزها و مکان‌های لازم در هندسه) را می‌دهد.

فلوئنت با حل عددی معادلات ناویر-استوکس قادر به شبیه‌سازی جریان سیال و انتقال حرارت در هندسه‌های پیچیده است. این نرم‌افزار به زبان C نوشته شده و از روش حجم محدود استفاده می‌کند در این مدل‌بندی عددی، تحلیل جریان در حالت ماندگار صورت گرفته و از الگوریتم سیمپل^۱ برای ارتباط دادن میدان سرعت و فشار استفاده شده است. روش گسسته‌سازی معادلات مونتوم، افت انرژی جنبشی آشفتگی و تنش‌های رینولدز، روش آپویند مرتبه دو^۲ و روش گسسته‌سازی معادله فشار، روش استاندارد انتخاب شده است. از بین مدل‌های آشفتگی موجود نیز مدل $k-\omega$ انتخاب شد زیرا این مدل شبکه‌بندی مناسبی را در ناحیه زیر لزوج و نزدیک دیواره در نظر می‌گیرد.

شبکه‌بندی و شرایط مرزی میدان محاسباتی: هندسه میدان با توجه به هندسه کانال آزمایشگاهی در نرم‌افزار Gambit 2.3.16 تهیه شده است. با توجه به این که مدل $k-\omega$ ناحیه زیر لزوج را به‌طور مستقیم حل می‌کند لازم است شبکه‌بندی مناسبی در نزدیکی دیواره صورت گیرد. با توجه به رابطه‌های موجود، فاصله اولین گره واقع در ناحیه زیر لزوج برای این مدل برابر ۱ میلی‌متر در نظر گرفته شده و به تدریج با دور شدن از دیواره، فواصل گره‌ها از یکدیگر بیش‌تر و شبکه درشت‌تر شده است. شکل ۵ نمونه شبکه‌بندی میدان محاسباتی را در تقاطع ۴۵ درجه توسط نرم‌افزار گمبیت نشان می‌دهد.



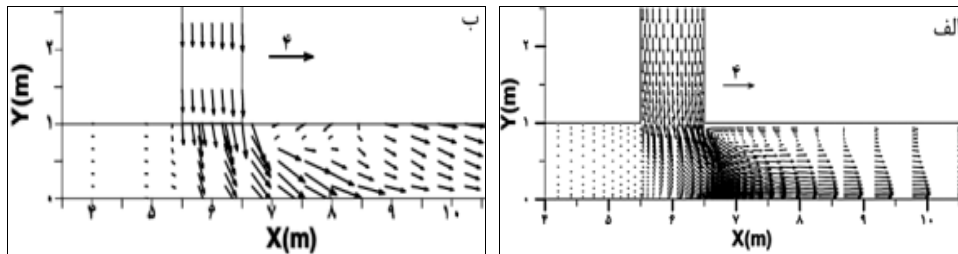
شکل ۵- نمونه شبکه‌بندی اعمال شده در تقاطع ۴۵ درجه با نرم‌افزار گمبیت.

-
- 1- Simple
 - 2- Upwind Second Order

در ورودی کانال اصلی از شرط مرزی ورودی سرعت^۱ استفاده شده است و مقدار سرعت میانگین به‌عنوان سرعت ورودی اعمال گردیده است. برای مرزهای خروجی میدان، از شرط مرزی جریان خروجی^۲ استفاده شده و نسبت‌های دبی مورد مطالعه به آن اعمال شده است. شرایط مرزی در جداره‌های کانال به‌صورت دیواره^۳ صلب در مرزهای میدان اعمال شده است. شرایط مرزی سطح جریان در کانال نیز متقارن^۴ در نظر گرفته شده است.

صحت‌سنجی مدل عددی: برای صحت‌سنجی نتایج به‌دست آمده از حل عددی، از نتایج مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی مدل آزمایشگاهی موجود در مؤسسه تحقیقات هیدرولیک دانشگاه آیوا که یک کانال مستطیلی با تقاطع ۹۰ درجه می‌باشد استفاده شده است. با توجه به شکل ۵ که نتایج مدل عددی فلونت را در کنار نتایج مدل آزمایشگاهی در نزدیکی سطح جریان و برای نسبت دبی ۰/۲۵ مورد مقایسه قرار داده می‌توان دریافت که مدل عددی به‌خوبی توانسته شبیه‌سازی جریان را در تقاطع ۹۰ درجه انجام دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در هر دو مدل عددی و آزمایشگاهی، جهت بردارهای سرعت جریان به دیواره سمت راست تقاطع متمایل شده‌اند و مقدار آن‌ها نیز در مدل عددی به‌خوبی شبیه‌سازی شده است و در ناحیه جدایی جریان نیز بردارهای سرعت جریان کوچک و جهت آن‌ها عکس شده و در هر دو مدل مقدار منفی پیدا کرده‌اند. مقایسه اندازه بردارهای سرعت محاسبه شده توسط مدل ریاضی در سه بعد، $U_c = (U_{cx}, U_{cy}, U_{cz})$ و بردارهای اندازه‌گیری شده، $U_o = (U_{ox}, U_{oy}, U_{oz})$ در مقاطع شکل ۲ و در زاویه تقاطع ۹۰ درجه نشان می‌دهد که مدل عددی می‌تواند با متوسط خطای $(Err = 100 \times (\hat{U}_c - \hat{U}_o) / \hat{U}_c)$ ۳ درصد می‌تواند الگوی جریان را پیش‌بینی کند. همچنین مدل عددی با متوسط خطای ۱ درصد می‌تواند در خط مرکزی کانال اصلی تغییرات سطح آب را برآورد نماید که در ادامه به آن پرداخته شده است.

-
- 1- Velocity Inlet
 - 2- Outlet
 - 3- Wall
 - 4- Symmetry

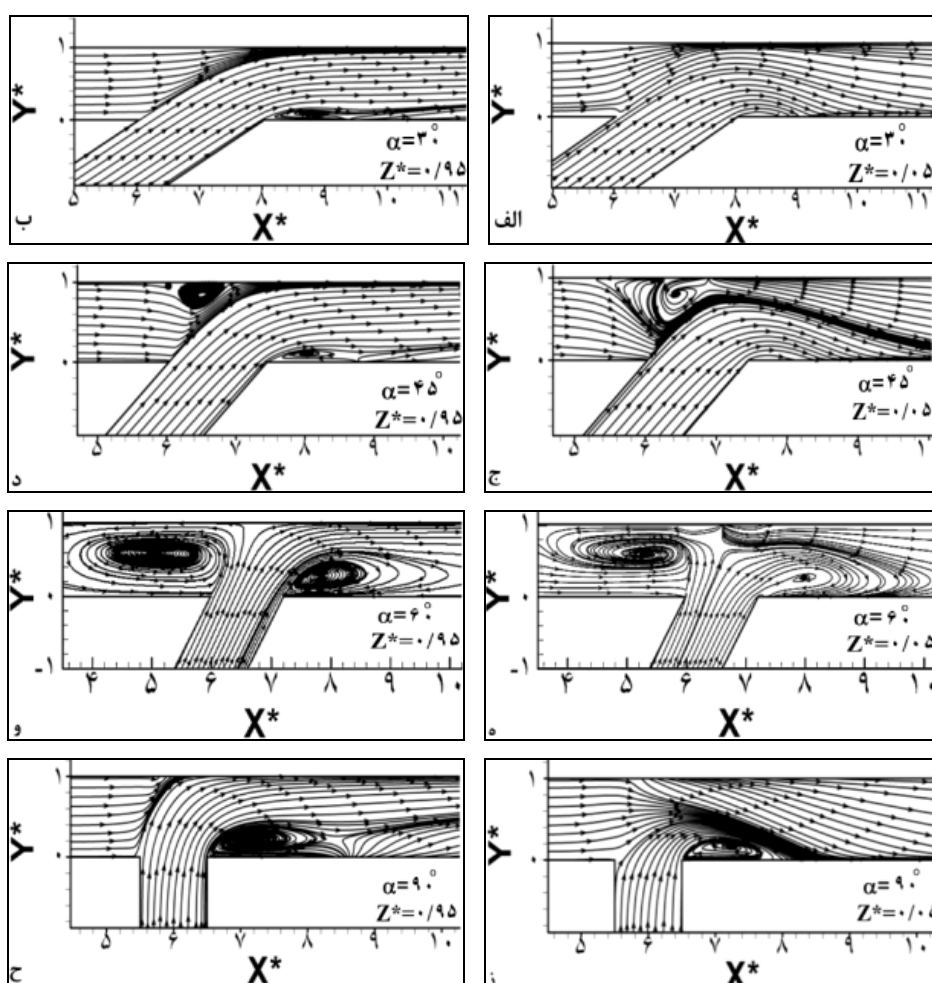


شکل ۶- بردارهای سرعت در صفحه xy (الف) مدل آزمایشگاهی و (ب) مدل عددی در نزدیکی سطح ($Z^*=0/95$ و $Q^*=0/25$).

نتایج

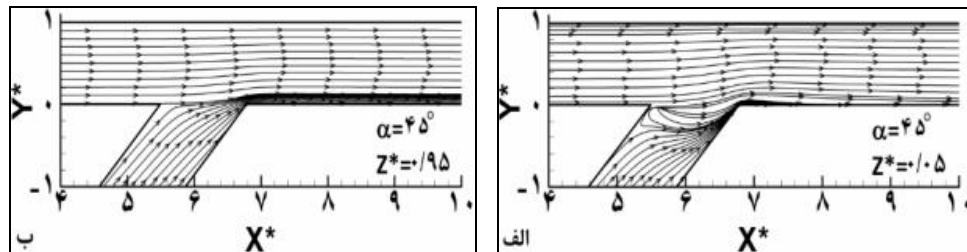
میدان سرعت طولی - عرضی ($u-v$): خطوط جریان در صفحه xy در چهار زاویه تقاطع در نزدیکی کف و سطح جریان و در نسبت دبی $Q^*=0/083$ در شکل ۷ نشان داده شده است. در این نسبت دبی عمده جریان توسط کانال فرعی تامین می شود. به دلیل مومنتوم بالای جریان در کانال فرعی رفتار جریان اختلاطی نیز تحت تأثیر جریان کانال انحرافی است. جریان کانال فرعی پس از ورود به کانال اصلی با دیواره مقابل برخورد کرده و جریان سطحی به سمت کف کانال حرکت می کند و از سویی نیز جریان در نزدیک کف نیز به سمت دیواره سمت راست کانال اصلی حرکت می کند. از ترکیب این دو جریان، جریان چرخشی به وجود می آید که به سمت پایین دست حرکت می کند. همچنین با ورود جریان کانال فرعی به کانال اصلی ناحیه جدایی جریان در پایین دست ناحیه برخورد رخ می دهد. در این ناحیه سرعت طولی جریان کاهش یافته و منفی می گردد. هم چنان که در این شکل مشاهده می شود با کاهش زاویه تقاطع ابعاد ناحیه جدایی جریان نیز کاهش می یابد. به نظر می رسد با کاهش مقدار زاویه کانال فرعی نسبت به کانال اصلی مؤلفه سرعت طولی تقویت شده و با افزایش مقدار سرعت طولی جریان پس از برخورد دو جریان ابعاد ناحیه جدایی جریان نیز از بین می رود. در تمامی زوایای تقاطع ابعاد ناحیه جدایی جریان در کف کانال کم تر از سطح می باشد. با کاهش نسبت دبی جریان، جریان ورودی از کانال فرعی به صورت مانعی در مقابل جریان در کانال اصلی عمل می نماید و باعث ایجاد ناحیه چرخشی جریان در داخل کانال اصلی می گردد. با افزایش نسبت دبی جریان ابعاد ناحیه جدایی جریان کاهش پیدا کرده و در نسبت های بالای جریان ($Q^*=0/917$)، دبی کانال فرعی نمی تواند جریان در کانال اصلی را تحت تأثیر قرار دهد و امکان تشکیل ناحیه جدایی جریان از بین می رود (شکل ۸). ابعاد این ناحیه در زاویه تقاطع 60° درجه بیش ترین مقدار می باشد. در زاویه تقاطع 60° درجه دو جریان

گردابی در بالادست و پایین‌دست محل تقاطع شکل می‌گیرد که این پدیده می‌تواند در بسترهای آبرفتی باعث افزایش مقدار رسوب‌گذاری در کف و تشکیل پشته‌های رسوبی گردد و در عبور جریان اختلال ایجاد نماید. همچنین در محل تشکیل ناحیه جدایی جریان عرض مقطع عبور جریان در کانال اصلی کاهش می‌یابد که این امر باعث تشدید سرعت در مقطع عبوری جریان به سمت پایین‌دست شده و می‌تواند با افزایش تنش برشی بستر فرسایش کف را به همراه داشته باشد (شکل ۹).



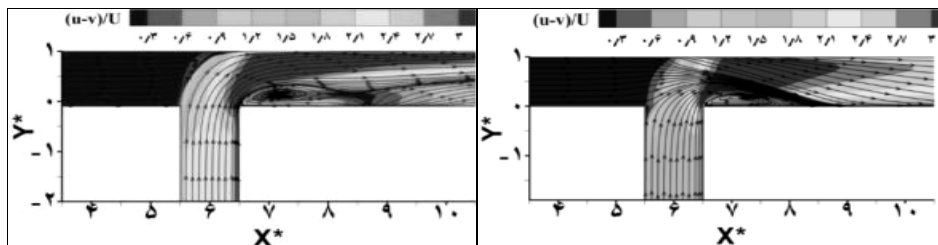
شکل ۷- خطوط جریان در نزدیک کف ($Z^*=0/05$) و سطح ($Z^*=0/95$)

برای زوایای تقاطع ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه در نسبت دبی ($Q^*=0/083$).



شکل ۸- خطوط جریان در نزدیکی کف و سطح در زاویه تقاطع ۴۵ درجه و در نسبت دبی ($Q^*=0/917$).

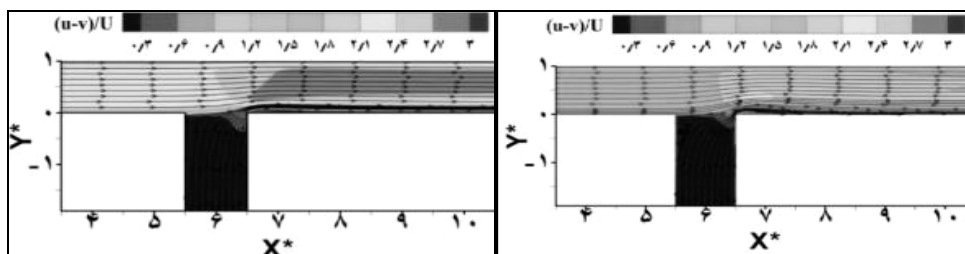
در شکل‌های ۹ و ۱۰ خطوط جریان و مقادیر سرعت برای زاویه تقاطع ۹۰ درجه نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود نسبت دبی می‌تواند الگوی جریان را تحت تأثیر قرار دهد. در نسبت دبی بالا ($Q^*=0/917$) که بخش عمده جریان از بالادست تامین می‌شود در محل تقاطع آشفتگی کم‌تری از جریان دیده می‌شود و جریان بعد از اختلاط شتاب کم‌تری پیدا می‌کند. در این نسبت دبی به مومنتوم زیاد جریان بالادست، به جریان ورودی از کانال فرعی غلبه پیدا کرده و مانع ورود این جریان به کانال اصلی می‌شود. به دلیل تلاطم کم دو جریان پس از تلاقی در کانال اصلی، الگوی جریان در نزدیک سطح و کف کانال به هم نزدیک بوده و خطوط جریان تقریباً شکل یکسانی دارند. اما در نسبت دبی کم ($Q^*=0/083$) برعکس این پدیده رخ می‌دهد. با کاهش نسبت دبی و به عبارت دیگر افزایش مقدار دبی جریان در کانال فرعی جریان پس از برخورد به هم شتاب می‌گیرد و الگوی پیچیده‌ای از جریان در محل تلاقی شکل می‌گیرد. با مشاهده خطوط جریان سطحی و عمقی می‌توان گفت که جریان پیچشی از برخورد این دو جریان پدید می‌آید که به سمت پایین دست توسعه می‌یابد. این جریان پیچشی با ادامه به سمت پایین دست تحت تأثیر لزجت سیال به تدریج از بین می‌رود. در نسبت دبی بالا به دلیل تلاطم زیاد جریان خطوط جریان در نزدیک سطح و کف از الگوی متفاوتی برخوردار هستند.



نزدیک سطح ($Z^*=0.95$)

نزدیک کف ($Z^*=0.05$)

شکل ۹- تغییرات سرعت جریان در تقاطع ۹۰ در نسبت دبی ۰/۰۸۳ در مدل عددی.

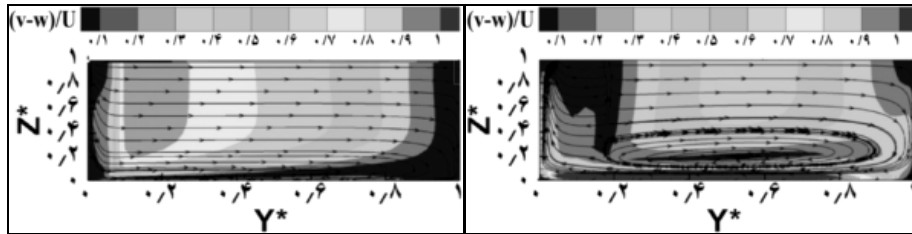


نزدیک سطح ($Z^*=0.95$)

نزدیک کف ($Z^*=0.05$)

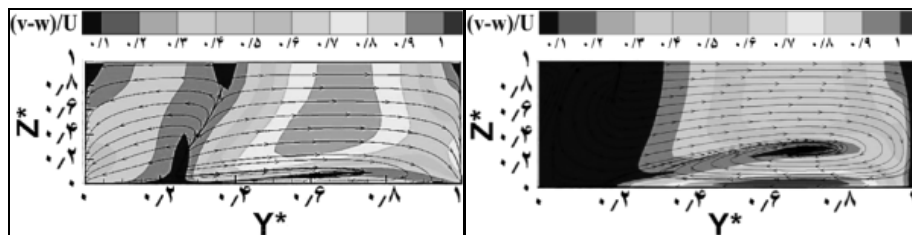
شکل ۱۰- تغییرات سرعت جریان در تقاطع ۹۰ در نسبت دبی $Q^*=0.917$ در مدل عددی.

میدان سرعت عرضی - عمقی ($v-w$): خطوط جریان و مقادیر هم‌سرعت عرضی - عمقی (در صفحه yz) در زوایای تقاطع مختلف و در نسبت دبی ۰/۰۸۳ در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل‌ها دیده می‌شود با برخورد دو جریان کانال اصلی و فرعی، جریان چرخشی در نزدیک کانال رخ می‌دهد که این جریان عرضی در تمامی زوایای تقاطع با شدت‌های مختلف مشاهده می‌شود. ابعاد این گردابه در زاویه ۳۰ درجه کمینه و در زاویه ۹۰ درجه بیشینه می‌باشد. به نظر می‌رسد که کاهش زاویه تقاطع می‌تواند با کاهش آشفتگی جریان ابعاد گردابه را کاهش دهد. تمرکز این گردابه در نزدیک کف می‌تواند باعث تغییرات شدید کف در مجاری با بستر متحرک شود.



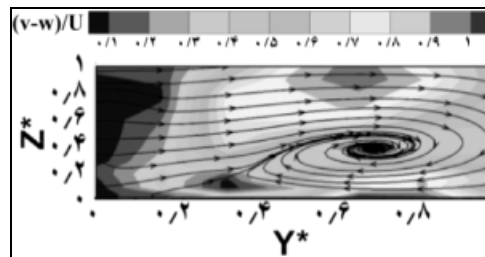
تقاطع ۳۰ درجه (مدل عددی)

تقاطع ۴۵ درجه (مدل عددی)



تقاطع ۶۰ درجه (مدل عددی)

تقاطع ۹۰ درجه (مدل عددی)



تقاطع ۹۰ درجه (مدل آزمایشگاهی)

شکل ۱۱- خطوط جریان و مقادیر هم‌سرعت در زوایای مختلف تقاطع $X^*=7/17$ و نسبت دبی $0/083$.

اثر زاویه اتصال کانال بر ابعاد ناحیه جدایی جریان: در این بخش، تأثیر زاویه تقاطع جریان بر ابعاد ناحیه جدایی جریان مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این منظور چهار زاویه تقاطع ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ در نسبت‌های مختلف جریان مورد بررسی قرار می‌گیرند. به منظور مقایسه بهتر تأثیر این پارامترها بر ابعاد ناحیه جدایی جریان، مقایسه نتایج در نزدیکی سطح آب ($Z^*=0/05$) و نزدیک کف کانال ($Z^*=0/95$) در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که در زاویه تقاطع ۹۰ درجه در نزدیک کف کانال و به‌ازای نسبت دبی جریان $Q^*=0/917$ کمینه ابعاد ناحیه جدایی جریان رخ داده و ابعاد این ناحیه به

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۵) ۱۳۹۳

صفر می‌رسد. در این حالت تنگ‌شدگی در جریان رخ نمی‌دهد و ضریب انقباض نیز بیش‌ترین مقدار خواهد بود. همچنین در زاویه تقاطع ۴۵ درجه و در نسبت دبی $Q^*=0/917$ نیز ابعاد ناحیه جدایی جریان بسیار ناچیز است.

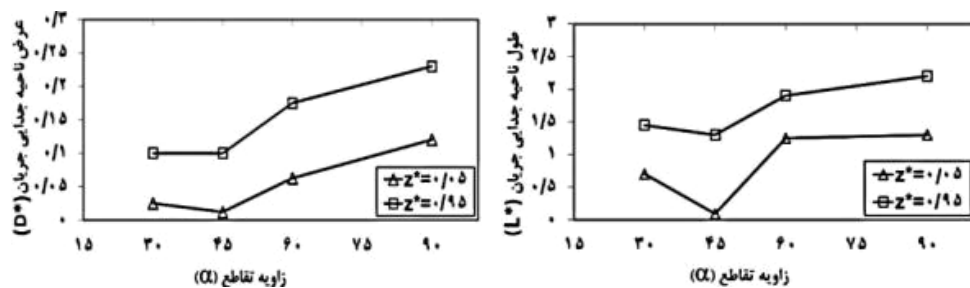
جدول ۲- مقادیر ابعاد ناحیه جدایی جریان در کانال اصلی نزدیکی بستر کانال ($Z^*=z/h=0/05$).

شماره	نسبت دبی $Q^*=Q_1/Q_2$	زاویه تقاطع (α)	طول ناحیه چرخشی $(L^*=L/B)$	عرض ناحیه چرخشی $(D^*=D/B)$	ضریب شکل $C=(D^*/L^*)$	ضریب انقباض $C=(B-D)/B$
۱	۰/۰۸۳	۹۰	۱/۳	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۸۲
۲	۰/۹۱۷	۹۰	۰	۰	۰	۱
۳	۰/۰۸۳	۶۰	۱/۲۵	۰/۰۶۲۵	۰/۰۵	۰/۹۳۷۵
۴	۰/۹۱۷	۶۰	۰/۰۴۷۵	۰/۰۰۵	۰/۱۱	۰/۹۹۵
۵	۰/۰۸۳	۴۵	۰/۰۹	۰/۰۱۲	۰/۱۳	۰/۹۸۸
۶	۰/۹۱۷	۴۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۴۳	۰/۹۹۷
۷	۰/۰۸۳	۳۰	۰/۷	۰/۰۲۵	۰/۰۴	۰/۹۷۵
۸	۰/۹۱۷	۳۰	۰/۰۲۲	۰/۰۰۴	۰/۱۸	۰/۹۹۶

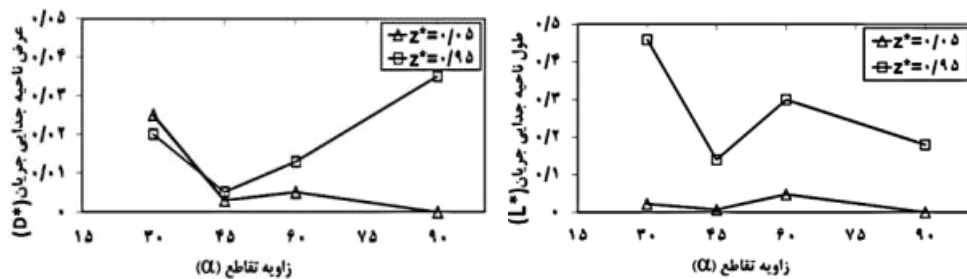
جدول ۳- مقادیر ابعاد ناحیه جدایی جریان بعد از تقاطع کانال اصلی در نزدیکی سطح جریان ($Z^*=z/h=0/05$).

شماره	نسبت دبی $Q^*=Q_1/Q_2$	زاویه تقاطع (α)	طول ناحیه چرخشی $(L^*=L/B)$	عرض ناحیه چرخشی $(D^*=D/B)$	ضریب شکل $C=(D^*/L^*)$	ضریب انقباض $C=(B-D)/B$
۱	۰/۰۸۳	۹۰	۲/۲	۰/۲۳	۰/۱	۰/۷۷
۲	۰/۹۱۷	۹۰	۰/۱۹	۰/۰۳۵	۰/۱۸	۰/۹۶۵
۳	۰/۰۸۳	۶۰	۱/۹	۰/۱۷۵	۰/۰۹	۰/۸۶۵
۴	۰/۹۱۷	۶۰	۰/۳	۰/۰۱۳	۰/۰۴۳	۰/۹۸۷
۵	۰/۰۸۳	۴۵	۱/۳	۰/۱	۰/۰۸	۰/۹
۶	۰/۹۱۷	۴۵	۰/۱۴	۰/۰۰۵	۰/۰۴	۰/۹۹۵
۷	۰/۰۸۳	۳۰	۱/۴۵	۰/۱	۰/۰۷	۰/۹
۸	۰/۹۱۷	۳۰	۰/۴۶	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۹۸

به منظور مقایسه بهتر تغییرات ابعاد ناحیه جدایی جریان مقادیر جدول‌های ۱ و ۲ در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ آمده است. در نسبت دبی $0/083$ ، افزایش زاویه تقاطع از 30 به 45 درجه باعث کاهش طول ناحیه جدایی در سطح و کف جریان شده است اما عرض ناحیه جدایی جریان تغییرات چشم‌گیری نداشته و تقریباً ثابت مانده است. با افزایش زاویه تقاطع از 45 درجه به 60 و 90 درجه ابعاد ناحیه جدایی جریان در سطح و کف کانال افزایش یافته است.



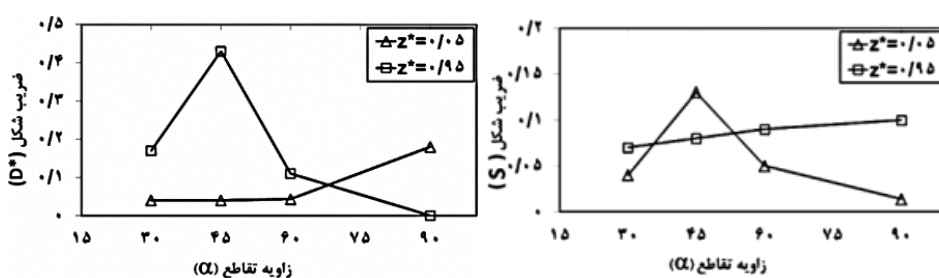
شکل ۱۲- تغییرات ابعاد ناحیه جدایی جریان در زوایای مختلف تقاطع کانال در $Q^*=0/083$.



شکل ۱۳- تغییرات ابعاد ناحیه جدایی جریان در زوایای مختلف تقاطع کانال در $Q^*=0/917$.

با مشاهده شکل‌های ۱۲ و ۱۳ می‌توان گفت که با ثابت ماندن زاویه تقاطع و با حرکت از سطح به کف جریان ابعاد ناحیه جدایی کاهش می‌یابد. شکل ۱۴ که تغییرات ضریب شکل ناحیه جدایی جریان (بیشینه طول ناحیه جدایی تقسیم بر بیشینه عرض ناحیه جدایی) را در سطح و کف جریان برای زوایای اتصال مختلف در نسبت دبی $0/083$ نشان می‌دهد. ضریب شکل ناحیه جدایی در کف کانال

یک روند نامنظمی داشته و از تقاطع ۳۰ به ۴۵ افزایش داشته که این امر به این دلیل می‌باشد که در نسبت دبی ۰/۰۸۳ در تقاطع ۴۵ درجه تغییرات عرض ناحیه جدایی نسبت به طول آن بیش‌تر از تقاطع ۳۰ درجه بود ولی از تقاطع ۴۵ به ۹۰ درجه ضریب شکل روند کاهشی داشته که باز به این دلیل می‌باشد که با افزایش زاویه تقاطع از ۴۵ به ۹۰ درجه تغییرات عرض ناحیه جدایی نسبت به طول آن کاهش یافته است. اما تغییرات ضریب شکل در سطح جریان روند منظم و یکنواختی را در پیش گرفته و با افزایش زاویه تقاطع مقدار آن افزایش می‌یابد و این بدین معنی است که با افزایش زاویه تقاطع تغییرات عرض ناحیه جدایی نسبت به طول بیش‌تر بوده است. در کل می‌توان دلیل تغییرات ضریب شکل در سطح و کف را اینگونه بیان کرد که در نسبت دبی ۰/۰۸۳ چون موئنتوم کانال فرعی بر کانال اصلی غالب بوده و جریان کانال اصلی به زیر رانده می‌شود بنابراین در سطح جریان با افزایش زاویه تقاطع ابعاد ناحیه جدایی دچار تغییرات بیش‌تری می‌شود که متأثر از تغییر زاویه تقاطع می‌باشد اما در کف چون جریان کانال اصلی دخالت می‌کند بنابراین تغییرات را کاهش داده و ابعاد ناحیه جدایی کم‌تر می‌شود.

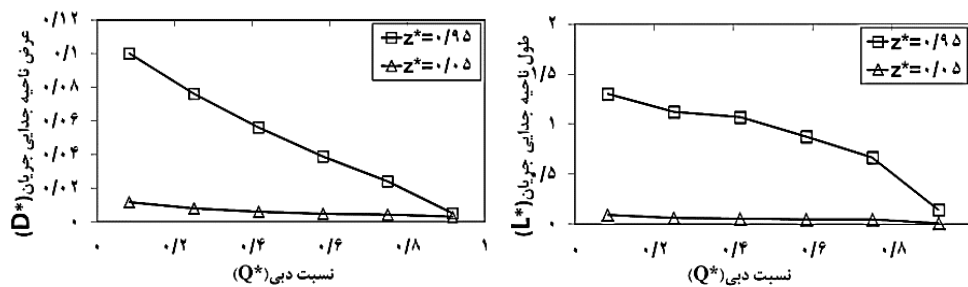


شکل ۱۴- تغییرات ضریب شکل ناحیه جدایی جریان در زوایای مختلف تقاطع کانال در $Q^*=0/083$.

در شکل ۱۴ تغییرات ضریب شکل ناحیه جدایی در نسبت دبی ۰/۹۱۷ در تقاطعات مختلف بیان شده است که می‌توان مشاهده نمود که در نزدیکی سطح جریان ضریب شکل تا تقاطع ۶۰ درجه ثابت مانده که به معنی ثابت ماندن نسبت تغییرات عرض به طول ناحیه جدایی در سطح جریان می‌باشد ولی از تقاطع ۶۰ به ۹۰ به یکباره تغییرات عرض نسبت به طول ناحیه جدایی چشمگیر می‌باشد اما در نزدیکی کف کانال، باز مشاهده می‌شود که تغییرات ضریب شکل نامنظم بوده و از تقاطع ۳۰ به ۴۵

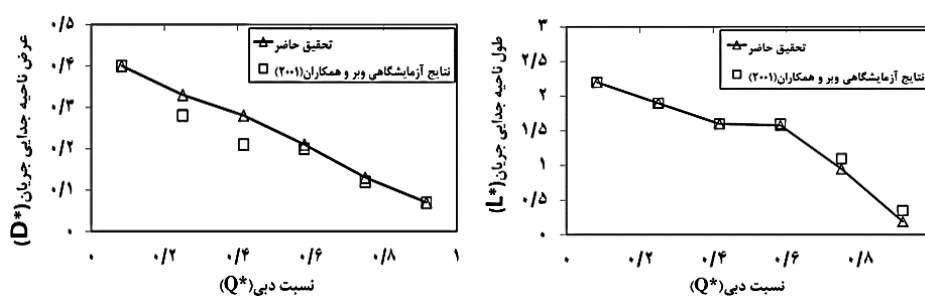
درجه افزایشی ولی از تقاطع ۴۵ به ۹۰ درجه کاهش می‌باشد. و این بدین دلیل است که در این نسبت دبی بر خلاف نسبت دبی ۰/۰۸۳ چون جریان کانال اصلی غالب بر جریان کانال فرعی می‌باشد و بخشی از جریان کانال فرعی به کف کانال اصلی رانده می‌شود به همین دلیل در سطح جریان تغییرات قابل ملاحظه نبوده و روند ثابتی را در ضریب شکل داریم اما در کف به دلیل حضور جریان کانال فرعی و ایجاد تغییرات در سرعت جریان در بستر کانال، تغییرات ابعاد ناحیه جدایی بیش‌تر بوده است. تنها تفاوت تغییرات ضریب شکل در این دو نسبت دبی در این می‌باشد که در نسبت دبی ۰/۹۱۷ مقادیر ضریب شکل خیلی کوچک‌تر از مقادیر ضریب شکل در نسبت دبی ۰/۰۸۳ می‌باشد که دلیل این امر نیز بالا بودن جریان کانال اصلی در نسبت دبی ۰/۹۱۷ بوده که باعث کاهش جریان کانال فرعی به داخل کانال اصلی شده و ابعاد ناحیه جدایی جریان نیز در این نسبت دبی کاهش یافته است.

اثر نسبت دبی جریان بر تغییرات ناحیه جدایی جریان: شکل ۱۵ تغییرات طول و عرض ناحیه جدایی جریان را در نزدیکی سطح و کف کانال به ازای ۶ نسبت دبی ارائه شده در جدول ۱ را نشان می‌دهد. در اینجا به عنوان نمونه زاویه تقاطع ۴۵ درجه انتخاب شده است. با افزایش نسبت دبی طول و عرض ناحیه جدایی جریان کاهش می‌یابد و در نسبت‌های دبی بالا ناحیه جدایی جریان ناپدید می‌شود. به نظر می‌رسد که افزایش مقدار نسبت دبی جریان به طور خطی ابعاد ناحیه جدایی جریان را کاهش می‌دهد. با افزایش نسبت دبی، جریان یکنواختی در بعد از تقاطع در کانال اصلی رخ می‌دهد که ابعاد ناحیه جدایی جریان را کاهش می‌یابد. با افزایش نسبت دبی، تغییرات ابعاد ناحیه جدایی در کف نسبت به سطح ناچیز بوده است و همچنین طول ناحیه جدایی جریان در سطح نسبت به کف کانال افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد.



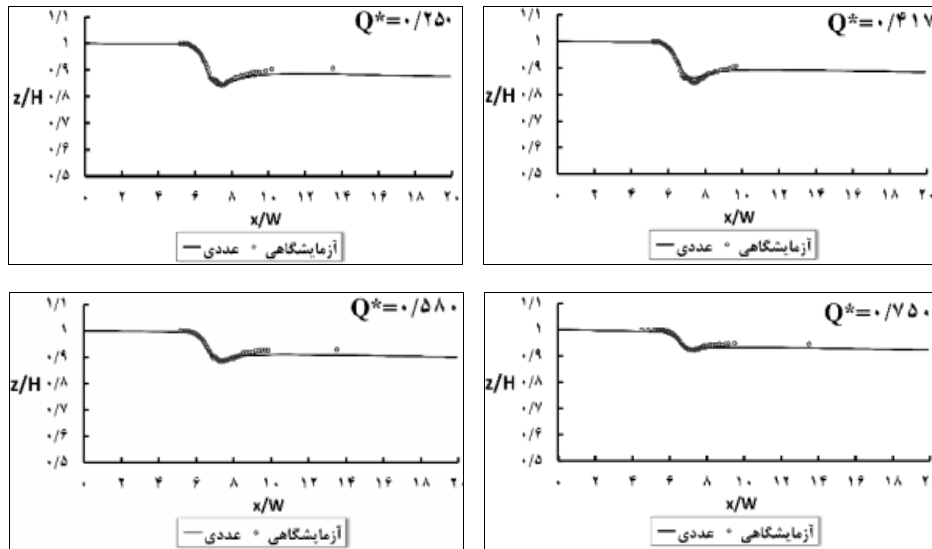
شکل ۱۵- تغییرات طول ناحیه جدایی جریان در تقاطع ۴۵ درجه در نزدیکی کف و سطح جریان.

مقایسه نتایج مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی: به منظور بررسی دقت مدل در شبیه‌سازی ابعاد ناحیه جدایی جریان، نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی با نتایج مدل آزمایشگاهی مقایسه شده است (شکل ۱۶). بدین منظور مقایسه نتایج برای زاویه تقاطع ۹۰ درجه با نتایج مطالعه انجام شده در مدل آزمایشگاهی در دانشگاه آیووا که توسط وبر و همکاران (۲۰۰۱) روی یک کانال متقاطع مستطیلی با زاویه ۹۰ درجه و نسبت‌های دبی ارایه شده در جدول ۱ مقایسه شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود مدل عددی پیش‌بینی مناسبی از ابعاد ناحیه جدایی جریان در نزدیکی سطح آب داشته است. میزان خطای مدل در محاسبه طول و عرض ناحیه جدایی جریان به ترتیب ۱۰ و ۸/۷ درصد بوده است.



شکل ۱۶- مقایسه نتایج اندازه گیری شده طول ناحیه جدایی جریان در مدل عددی و آزمایشگاهی در $Q^*=0.95$.

همچنین تغییرات سطح آب در نسبت دبی‌های مختلف و در خط مرکزی کانال اصلی (Y^*) در شکل ۱۷ نشان داده شده است. در این نمودارها که از داده‌های آزمایشگاهی شومیت (۱۹۹۸) استفاده شده زاویه تقاطع کانال‌ها ۹۰ درجه بوده است. مقایسه نتایج مدل عددی و مقادیر آزمایشگاهی در شبیه‌سازی تغییرات سطح آب نشان می‌دهد که به خوبی می‌تواند تغییرات سطح آب را با بیشینه خطای ۱ درصد شبیه‌سازی نماید. همچنان که در این نمودارها دیده می‌شود بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تغییرات سطح آب (به ترتیب ۱۶ و ۴ درصد عمق جریان بالادست کانال اصلی) در کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نسبت دبی (به ترتیب ۰/۰۸۳ و ۰/۹۱۷) رخ می‌دهد.



شکل ۱۷- تغییرات سطح آب در نسبت‌های مختلف دبی جریان و در خط مرکزی کانال اصلی.

با افزایش نسبت دبی جریان، مقدار دبی در بالادست کانال اصلی افزایش یافته و به دلیل مومنتوم بالای جریان بالادست، جریان فرعی کم‌تر می‌تواند کل جریان را تحت‌تأثیر قرار دهد. عکس این پدیده با کاهش نسبت دبی جریان رخ می‌دهد و با افزایش مقدار جریان در کانال فرعی و برخورد آن‌ها، جریان ترکیبی با شتاب به سمت پایین‌دست حرکت می‌کند. محل کمینه تراز سطح آب در پایین‌دست محل تقاطع جریان در کانال اصلی ($X^* = 7/33$) رخ می‌دهد که این محل مستقل از مقدار نسبت دبی جریان می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از مدل عددی فلونت اثر دو پارامتر مهم هندسی و هیدرولیکی (زاویه اتصال و نسبت دبی جریان) بر روی الگوی جریان و تغییرات ناحیه جدایی جریان در تقاطع کانال‌های مستطیلی مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که این مدل به‌خوبی قادر به شبیه‌سازی الگوی جریان در تقاطع کانال‌ها می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش زاویه تقاطع ابعاد ناحیه جدایی جریان نیز کاهش می‌یابد همچنین با کاهش زاویه کانال فرعی نسبت به کانال اصلی ابعاد ناحیه جدایی

جریان نیز کاهش می‌یابد. در تمامی زوایای تقاطع ابعاد ناحیه جدایی جریان در کف کانال کم‌تر از سطح می‌باشد. ابعاد این ناحیه جدایی جریان در زاویه تقاطع ۶۰ درجه بیش‌ترین مقدار می‌باشد. افزایش نسبت دبی جریان می‌تواند با تقویت سرعت طولی جریان ابعاد ناحیه جدایی جریان را کاهش دهد. نتایج نشان می‌دهد که در زاویه تقاطع ۹۰ درجه و در نزدیک کف کانال و به‌ازای نسبت دبی جریان $Q^* = 0.917$ ناحیه جدایی ناپدید می‌شود. همچنین تغییرات تراز سطح آب در نسبت دبی‌های مختلف نشان می‌دهد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تغییرات سطح آب به‌ترتیب در کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نسبت دبی رخ می‌دهد که محل کمینه عمق جریان مستقل از نسبت دبی جریان بوده و در پایین‌دست محل تقاطع جریان ایجاد می‌شود.

منابع

1. Dissanayake, K. 2009. Experimental and numerical modelling of flow and sediment characteristics in open channel junctions. Ph.D. dissertation, University of Wollongong, 313p.
2. Ghobadian, R. 2009. Influence of tailwater froude numbers on secondary flow pattern at a 60 degree 60-degree laboratory open channel-confluences by SSIIM2 model. Agricultural research, water, soil, plant. 9: 2. 209-220. (In Persian)
3. Gurram, S.K., Karki, K.S., and Hager, W.H. 1997. Subcritical junction flow. J. Hydraul. Eng. ASCE. 123: 5. 447-455.
4. Haifei, L., Jian, G.Z., and Richard, B. 2009. Multi-block lattice Boltzmann simulations of subcritical flow in open channel junctions. Computers and Fluids. 38: 6. 1108-1117.
5. Huang, J., Lai, Y.G., and Weber, J.L. 2002. Three-dimensional numerical study of flows in open channel junctions. J. Hydraul. Eng. ASCE. 128: 3. 268-280.
6. Leonardo, S.N., Gómez, M., Dolz, J., Comas, P., and Pomares, J. 2011. Experimental study of subcritical dividing flow in an equal-width, four-branch junction. J. Hydraul. Eng. 137: 10. 1298-1305.
7. Ni, H.G., and Liu, Y.K. 2004. Transitional flow in channel junctions. J. Hydrodyn. 16: 4. 464-467.
8. Ramamurthy, A.S., Junying, Q., and Diep, V. 2009. Closure to numerical and experimental study of dividing open-channel flows. J. Hydraul. Eng. ASCE. 135: 12. 1112-1113.
9. Shamloo, H., and Pirzadeh, B. 2008. Numerical investigation of velocity field in dividing open-channel flow. 3rd IASME / WSEAS int. conf. on water resources, hydraulics. hydrology (WHH 08). University of Cambridge, Cambridge, UK.

10. Shumate, E.D. 1998. Experimental description of flow at an open-channel junction. Master thesis, University of Iowa, 150p.
11. Trilita, M.N., Anwar, N., Legono, D., and Widodo, B. 2010. Dividing streamline formation channel, confluences by physical modeling. J. Technol. Sci. 21: 1. 11-17.
12. Weber, L.J., Shumate, E.D., and Mawer, N. 2001. Experiments on Flow at a 90° Open-Channel Junction. J. Hydr. Engin. 127: 5. 340-350.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(5), 2015
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Investigation the Effect of discharge ratio and stream angle on flow pattern at rectangular junction channels with fluent model

***S. Gohari¹, M. Amraei² and A. Falakdin²**

¹Assistant Prof., Dept. of Water Science and Engineering, Bu Ali Sina University, Hamadan, ²M.Sc. Student, Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Bu Ali-Sina University, Hamadan

Received: 01/22/2013; Accepted: 07/29/2013

Abstract

Open channel confluences occur in many natural and artificial waterways. Several hydraulic and geometric parameters such as discharge ratio, Froude number, junction angle, channel bed slope and bed roughness can affect flow pattern at channel junctions. Study of flow pattern in rigid boundary channels can help prediction of morphological changes in fluvial natural channels. In this research, the effect of discharge ratios and side channel junction angles on flow pattern for angles 30°, 45°, 60° and 90° using Fluent CFD model have been studied. Results showed that in $\theta=90^\circ$ junction angle, dimensions of separation zone disappear near bed ($Z^*=0.05$) for discharge ratio of $Q^*=0.917$. Also in 45°, the dimensions of separation zone near bed are negligible. The maximum dimensions of separation zone have taken place near water surface ($Z^*=0.95$) for discharge ratio of $Q^*=0.917$ and 90° degree junction channel. Increase in discharge ratio will lead to form a uniform flow downstream of junction area and therefore decrease in separation zone dimension. Also maximum and minimum values (16% and 4%) of surface water level occur in highest and lowest discharge ratios of 0.83 and 0.917 respectively.

Keywords: Junction channel, Separation zone, Junction angle, Discharge ratio, Fluent model

* Corresponding Author; Email: saeedgohari@yahoo.com