



بررسی الگوی جریان در آبگیر ۵۵ درجه با گردشگی ورودی با استفاده از مدل SSIM 2 و مقایسه آن با مدل فیزیکی

مهدی کرمی مقدم^۱، سید مرتضی سیدیان^۲ و محمود شفاعی بجزستان^۳

۱- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

۲- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

Email: s.m.seyedian@gmail.com

خلاصه

در این تحقیق ناحیه جدانشدگی در ورودی آبگیر با زوایای انحراف ۵۵ درجه با سه گردشگی و یا شعاع ورودی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر برای نسبت-های دبی ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ با استفاده از مدل سه بعدی SSIM 2 مورد بررسی قرار گرفت. ابعاد ناحیه جدانشدگی و محل تشکیل آن برای حالت‌های مختلف، بررسی و مقدار بهینه میزان گردشگی با توجه به حداقل ناحیه جدانشدگی تعیین گردید. به منظور تعیین دقت مدل نتایج بدست آمده با نتایج مدل فیزیکی مقایسه گردید. برای زاویه انحراف آبگیر ۵۵ درجه، با گردشگی و نسبت‌های دبی مختلف، اندازه‌گیری سرعت در مدل فیزیکی انجام شد. خطوط جریان برای هر حالت رسم شده و سپس ابعاد ناحیه جدانشدگی تعیین شده و میزان دقت مدل بررسی گردیده است.

کلمات کلیدی: آبگیر ۵۵ درجه، ناحیه جدانشدگی، مدل SSIM، گردشگی ورودی، الگوی جریان

مقدمه

در بسیاری از تاسیسات هیدرولیکی تعیین ساختار جریان از کانال اصلی به کانال‌های جانبی از اهمیت بالایی برخوردار است. آبگیرها عموماً در شبکه‌های توزیع آب، کانالهای آبیاری، شبکه‌های فاضلاب، تاسیسات مربوط به تصفیه خانه‌های آب و فاضلاب، ورودی به تاسیسات تولید برق و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. تا سال ۱۳۶۰ بر اساس تخمین‌های انجام شده، از مجموع ۲۷ تا ۳۲ میلیارد متر مکعب آبهای سطحی کشور که مورد استفاده آبیاری اراضی آبی قرار می‌گیرد، حدود ۱۴ میلیارد متر مکعب آب بوسیله سدهای مخزنی و سدهای انحرافی تأمین شده و مابقی یعنی حدود ۱۳ تا ۱۸ میلیون متر مکعب آب از طریق نهرهای سنتی یا سیستم سنتی متداول تأمین شده است. انحراف قسمتی از آب رودخانه به کانال باعث انحناء و گردش آب می‌گردد. این موضوع سبب ایجاد جریانهای عرضی می‌شود. جریانهای عرضی در اثر افزایش شتاب ثقل زمین، نیروی گریز از مرکز و یا در اثر برخورد جریان با موانع و یا تاسیسات و ابنیه فنی سر راه بوجود می‌آید.

عدم کنترل رسوبات ورودی به آبگیرها باعث انتقال رسوبات به داخل کانالهای آبیاری و تاسیسات شده و مشکلاتی را برای قسمت‌های مختلف به وجود می‌آورد. ذرات معلق در آب در صورتی که سرعت جریان زیاد باشد، خسارت زیادی را به تاسیسات بکار رفته مثل پمپ و توربین وارد می‌کنند. الگوی جریان در ورودی به آبگیر جانبی شباهت زیادی به پیچ رودخانه دارد. هنگامی که جریان به پیچ رودخانه نزدیک می‌شود، در قوس خارجی رودخانه نیروی گریز از مرکز موجب بوجود آمدن جریان عرضی می‌شود بطوریکه حداکثر سرعت در قوس خارجی و حداقل سرعت در قوس داخلی عمل می‌کند. نتیجه این تغییرات بوجود آمدن جریانهای ثانویه است که باعث ایجاد چرخش عرضی در طول مسیر می‌شود. افزایش سرعت در قوس خارجی رودخانه و دماغه پایین دست آبگیر جانبی باعث آبشستگی، و جریان ثانویه در قوس داخلی رودخانه و دماغه بالادست آبگیر جانبی باعث رسوب گذاری می‌شود. در آبگیرها هنگامی که جریان سیال از کانال اصلی به کانال فرعی وارد می‌شود، یک ناحیه محدود به نام ناحیه جدانشدگی جریان از دیواره ایجاد می‌گردد. در این ناحیه از جریان، ذرات سیال در فاصله‌ای از دیواره به دور خود در حرکت می‌باشند و در واقع این ناحیه از کانال جانبی تأثیری در مقدار تخلیه جریان نخواهد داشت. به عبارت دیگر ناحیه جدانشدگی از سطح مقطع مؤثر آبگیر می‌کاهد. همچنین به علت تغییراتی که در توزیع سرعت در منطقه آبگیری رخ می‌دهد، معمولاً عمل رسوب گذاری در دهانه آبگیر صورت می‌گیرد که باعث کاهش راندمان آبگیری، ورود رسوبات درشت‌دانه به داخل شبکه، افزایش

۱- دانشجو دکتری سازه‌های آبی دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

۲- دانشجو دکتری سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز



هزینه‌های اجرایی برای عملیات رسوب‌زدایی و در نهایت تغییر خط‌القعر رودخانه به سمت ساحل مقابل آبگیر می‌شود. هر اقدامی که باعث کاهش جریانهای ثانویه و گردابی در دهانه آبگیر شود، کاهش تجمع رسوب در دهانه آبگیر و همچنین کاهش رسوبات ورودی به آبگیر را تامین می‌کند. از جمله روشهای موثر و ارزان برای مقابله با فرسایش در قوس خارجی رودخانه و همچنین کنترل رسوب در آبگیرهای جانبی استفاده از صفحات مستغرق می‌باشد. از جمله اقدامات دیگری که می‌توان در این زمینه انجام داد، تعیین شرایط بهینه آبگیر از جمله زاویه انحراف آبگیر، شکل هندسی آبگیر و غیره می‌باشد که این امر باعث از بین رفتن و یا کاهش جدانشدگی جریان و در نتیجه کاهش جریانهای چرخشی می‌شود. بست و رید (۱۹۸۴) طرح جدانشدگی جریان را در یک تقاطع ساده برای عدد فرود کمتر از ۰/۳ در پایین دست آنالیز کردند. آنها نتیجه گرفتند که طول و عرض ماکزیم ناحیه جدانشدگی به زاویه انحراف و نسبت دبی فرعی به دبی کل بستگی دارد. نسبت عرض به طول جدانشدگی تنها به نسبت مومنتم که به وسیله میخانیل و همکاران (۱۹۷۵) پیش‌بینی شده بود وابسته نیست بلکه همچنین به اثراتی از سطح آزاد روی انحراف جریان نیز بستگی دارد. نیبری و اودگارد (۱۹۹۳) یک تحقیق آزمایشگاهی از ساختار جریان با زاویه انحراف ۹۰ درجه در کانال باز صورت دادند. نتایج اندازه‌گیری سرعت در یک فلوم آزمایشگاهی نشان داد که جریان در یک انحراف کانال باز سه‌بعدی است. نتایج این مطالعات تعیین نمود که توصیف رفتار انتقال رسوب در انحراف، نیاز به درک ساختار سه‌بعدی جریان و استفاده از تکنیک‌های مدل پیشرفته دارد. در این تحقیق ساختار جریان در ورودی آبگیر با زوایای انحراف ۵۵ درجه با سه گردشگی و یا شعاع ورودی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر در کنار یک کانال اصلی با انتهای باز با استفاده از مدل SSIIM مورد بررسی قرار گرفته و سپس با استفاده از نرم افزار Tecplot شبکه جریان رسم و مقدار جدانشدگی جریان اندازه‌گیری شد و سپس نتایج مدل با نتایج آزمایشگاهی مقایسه گردید. در شرایط کانال با انتهای باز، جدانشدگی جریان در نسبت دبی‌های ۸۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۴۰-۲۰ و ۲۰-۸۰ مورد بررسی قرار گرفت. در هر مورد رقم اول از سمت چپ بیانگر درصد جریان خروجی از انتهای کانال اصلی و رقم دوم بیانگر درصد دبی کانال فرعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مدل 2 SSIIM¹

مدل SSIIM در سال‌های ۹۱-۱۹۹۰ نوشته شده است. این مدل توسط پروفیسور السن در دانشگاه علوم تکنولوژی نروژ توسعه داده شده است. نسخه‌های ابتدایی تحت DOS، UNIX و OS/2 می‌باشد. در سال ۲۰۰۱ نسخه‌ی تحت ویندوز SSIIM توسط زیربرنامه‌های DLL نوشته شد که حاوی الگوریتم‌هایی برای انتقال رسوب و مقاومت جریان در برابر گیاهان می‌باشد. SSIIM مختصر شده جمله "شبیه‌سازی رسوب در آبگیرها همراه با چند بلوک" می‌باشد. این برنامه برای مهندسی رسوب، هیدرولیک، محیط زیست و رودخانه نوشته شده است. در ابتدا این برنامه برای شبیه‌سازی انتقال رسوب در کانال و رودخانه نوشته شده، سپس استفاده از این برنامه برای موضوعات مهندسی هیدرولیک دیگر مانند مدلسازی سرریز، افت هد در تونلها، روابط دبی-اشل در رودخانه‌ها، جریانات غلیظ و ... توسعه داده شده است.

محاسبات جریان

در یک هندسه سه‌بعدی معادلات ناویر استوکس برای محاسبه سرعت جریان حل می‌شوند. مدل‌های آشفتگی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا تنش برشی آشفتگی را محاسبه نمایند. معادله ناویر استوکس برای مایع غیر قابل فشرده با یک چگالی ثابت به صورت زیر می‌باشد.

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_i \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} (-P \delta_{ij} - \overline{\rho u_i u_j}) \quad (1)$$

در رابطه فوق U: سرعت جریان، P: فشار و δ_{ij} : دلتای کرونکر (در صورتی که $i = j$ مقدار آن ۱ و در صورتی که $i \neq j$ باشد مقدار آن صفر می‌باشد).

همچنین ترم اول سمت چپ ترم گذرا و ترم دوم ترم جابجایی می‌باشد. ترم اول و دوم در سمت راست معادله به ترتیب ترم فشار و تنش رینولدزی می‌باشد. این ترم توسط مدل‌های آشفتگی تعیین می‌گردد. اکثر مدل‌های آشفتگی معتبر در SSIIM 2 وجود دارد. تنها مدل آشفتگی معتبر $K - \omega$ در این نسخه قرار ندارد.

گرادیان جریان به سمت دیوار خیلی تند می‌باشد، لذا برای حل کردن گرادیان، نیاز به تعداد قابل توجهی از سلول‌های شبکه می‌باشد. برای حل این مشکل از قانون دیوار استفاده می‌گردد. برای مرزهای زیر از قانون دیوار با استفاده از رابطه اسچلیچتین استفاده می‌شود:

$$\frac{U}{u_*} = \frac{1}{K} \ln \left(\frac{30y}{K_s} \right) \quad (2)$$

که در آن U: سرعت در جهت جریان، u_* : سرعت برشی، K: ضریب فان کارمن، y: فاصله سلول از دیواره و K_s : اندازه زبری بستر می‌باشد. قانون دیوار برای سرعت و پارامتر آشفتگی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

1- Sediment Simulation In Intake With Multiblock Option



محاسبات رسوب

در مدل SSIIM 2 رسوب به دو بخش بار معلق و بار بستر تقسیم می‌شود. برای محاسبه بار معلق از معادله کانوکشن دیفیوژن که به صورت زیر می‌باشد استفاده می‌گردد.

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U_j \frac{\partial c}{\partial x_j} + \omega \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial c}{\partial x_j} \left(\Gamma_\Gamma \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) \quad (3)$$

در رابطه فوق c : غلظت رسوب، ω : سرعت سقوط، U : سرعت جریان، x : بعد فاصله و Γ_Γ : ضریب انتشار می‌باشد. ضریب انتشار از مدل $K - \mathcal{E}$ گرفته می‌شود.

فایل‌های ورودی و خروجی مدل

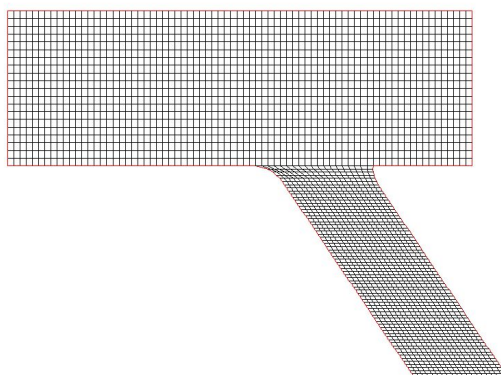
SSIIM 2 معمولاً با ایجاد شبکه و یا خواندن فایل ورودی اجرا می‌شود. بعد از ایجاد شبکه، مقدار و محل دبی ورودی و خروجی تعیین می‌شود. سپس فایل ایجاد شده قبل از انجام محاسبات هیدرولیک ذخیره می‌شود.

اطلاعات ورودی مدل در دو فایل اصلی unstruc و control قرار می‌گیرد. در فایل unstruc اطلاعات مربوط به شبکه‌بندی و دبی آب و در فایل کنترل، دیگر پارامترها به مدل معرفی می‌گردند.

پارامترهایی مانند سرعت جریان، تنش برشی و عمق آب، درصد تله‌اندازی و توزیع اندازه ذرات رسوب در فایل boogi نوشته می‌شود. همچنین مدل قادر است سرعت و پروفیل محاسبه شده را با مقادیر برداشت شده مقایسه نماید. قابلیت‌های گرافیکی مدل عبارتند از: ترسیم خطوط کنترل، پروفیل طولی، پروفیل مقاطع، نقشه سه‌بعدی و مقایسه پروفیل و نقشه محاسبه شده با مقادیر برداشت شده. در حالت پیش فرض فایل Result هنگام همگرا شدن معادلات نوشته می‌شود. Result فایل حاوی سرعت در سه‌بعد، K ، \mathcal{E} و فشار می‌باشد. همچنین میزان فلاکس جریان از دیواره‌های هر سلول در این فایل وجود دارد. اطلاعات این فایل برای محاسبات رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شبیه‌سازی شرایط جریان در آبگیر با استفاده از مدل SSIIM 2

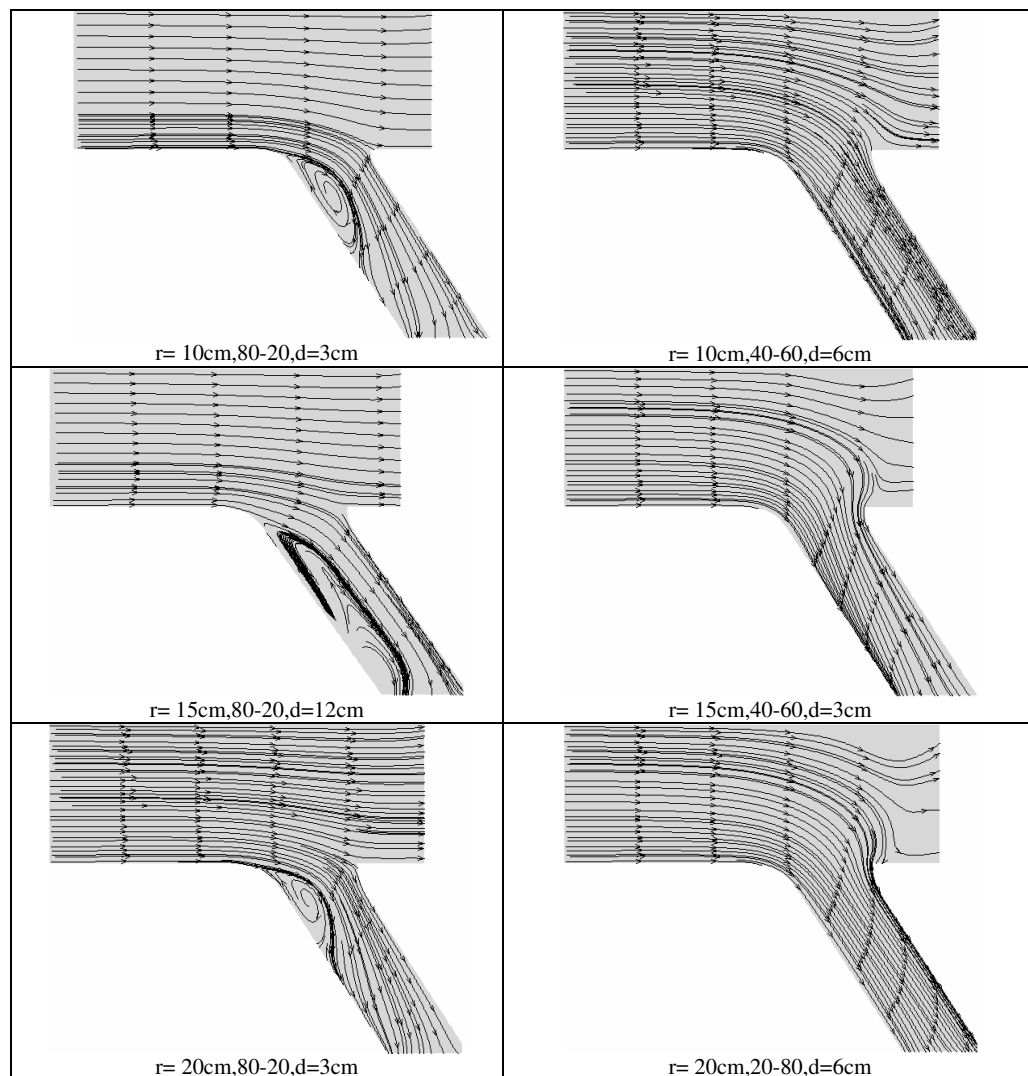
در این تحقیق با استفاده از مدل SSIIM 2 هیدرولیک جریان در آبگیر ۵۵ درجه شبیه‌سازی گردیده است. یکی از پارامترهای مهم در سرعت اجرای مدل، مش‌بندی منطقه‌ای می‌باشد که جریان در آن برقرار است. مش‌بندی باید با توجه به تمرکز منطقه مورد مطالعه صورت پذیرد. بدین منظور با توجه به اهمیت جداسازی جریان در کانال آبگیر و ایجاد قوسی دقیق در بالادست و پایین‌دست محل اتصال آبگیر به کانال اصلی، ابعاد شبکه‌های کانال اصلی $2/5\text{cm} \times 2\text{cm}$ و ابعاد شبکه‌های آبگیر $2\text{cm} \times 1\text{cm}$ انتخاب شد. همچنین به منظور افزایش دقت، در جهت قائم خطوط شبکه در $0/1$ ، $0/2$ ، ... $0/9$ عمق انتخاب شد. مش‌بندی برای آبگیر با شعاع گردشگی 10 سانتیمتر در شکل ۱ نشان داده شده است. در شبکه سه‌بعدی محاسبات برای تعداد 22321 سلول صورت گرفت. پس از شبکه‌بندی مقدار دبی ورودی برای کانال اصلی و خروجی برای کانال اصلی و آبگیر با توجه به نسبت‌های دبی ذکر شده وارد مدل گردید. معادله آشفستگی $K - \mathcal{E}$ که معادله پیش فرض مدل می‌باشد مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- مش‌بندی آبگیر با شعاع گردشگی 10 سانتیمتر

نتایج و بحث:

به منظور تعیین رابطه‌ای بین شعاع دهانه ورودی و میزان جدانشدگی جریان، با استفاده از سرعت های بدست آمده از مدل SSIIM در نقاط مختلف کانال اصلی و فرعی و نرم افزار Tecplot، شبکه جریان برای حالات مختلف جریان و شعاع های ورودی رسم و ابعاد جدانشدگی جریان مشخص شد. نمونه ای از این شبکه جریان برای شعاع، نسبت دبی و عمقهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به این اشکال نتیجه می شود که در حالت انتها باز هر چه نسبت دبی عبوری از آبگیر به دبی ورودی به کانال اصلی کمتر باشد، مقدار جدانشدگی جریان بیشتر است، مثلا در شکل ۲ مشاهده می کنید که در نسبت دبی ۲۰-۸۰ مقدار جدانشدگی جریان بیشتر است. به نظر می رسد در نسبت آبگیری ۰/۲ عرض آبگیر همراه با عرض ناحیه جدانشدگی توانایی عبور جریان مورد نیاز آبگیر را دارند. با افزایش نسبت آبگیری، جریان با کاهش عرض ناحیه جدانشدگی و در نتیجه افزایش سطح مقطع مؤثر آبگیر شرایط لازم برای عبور جریان مورد نیاز آبگیر را تأمین می نماید. همچنین در اکثر مواقع مقدار جدانشدگی در لایه نزدیک کف کم و در لایه نزدیک سطح آب ماکزیمم می باشد.



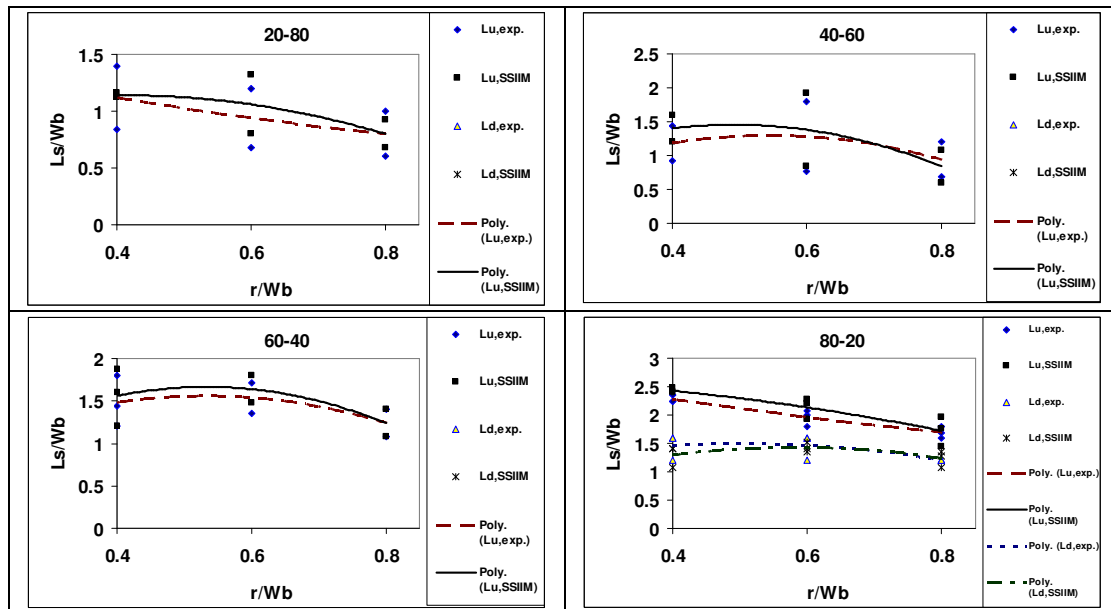
شکل ۲- نمونه هایی از شبکه جریان برای شعاع های ورودی، نسبت های دبی و عمقهای مختلف

اندازه گیری جدانشدگی جریان:

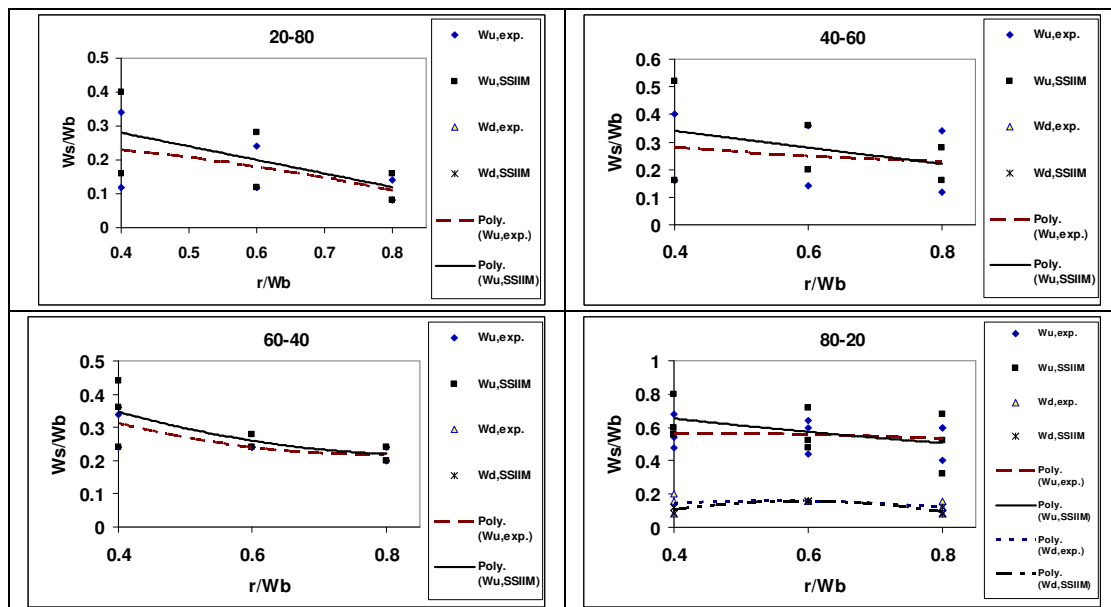
بعد از رسم خطوط جریان برای اینکه مقدار جدانشدگی جریان مشخص شود، طول و عرض جدانشدگی جریان در بالادست و پایین دست آبگیر در نسبت دبی های مختلف اندازه گیری شد. ابعاد جدانشدگی جریان در آبگیر ۵۵ درجه در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. L_s مقدار طول جدانشدگی و W_s عرض جدانشدگی می باشد. همچنین L_u طول جدانشدگی جریان در بالادست آبگیر، L_d طول جدانشدگی جریان در پایین دست آبگیر، W_u عرض



جداشدگی جریان در بالادست آبگیر، Wd عرض جداشدگی جریان در پایین دست آبگیر و r شعاع دهانه ورودی آبگیر می باشد. در این اشکال محور طولی و عرضی با استفاده از Wb که عرض آبگیر می باشد بدون بعد شده است. محور طولی وضعیت ورودی آبگیر را نشان می دهد که شامل ورودی گرد شده با شعاع ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متر می باشد.



شکل ۳- مقایسه طول جداشدگی جریان در شعاعهای ورودی مختلف در دو مدل فیزیکی و SSIM



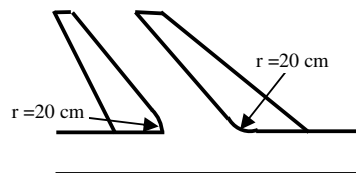
شکل ۴- مقایسه عرض جداشدگی جریان در شعاعهای ورودی مختلف در دو مدل فیزیکی و SSIM

مقایسه الگو و جداشدگی جریان بین مدل فیزیکی و مدل SSIM 2

در اشکال ۳ و ۴ ابعاد ناحیه جداشدگی در نسبت های دبی و گردشگی مختلف آورده شده است. به منظور تعیین دقت مدل SSIM 2، با نتایج مطالعات کرمی مقدم (۱۳۸۶) که با استفاده از مدل فیزیکی انجام شده است، مقایسه گردید. مدل فیزیکی مورد مقایسه در زیر توضیح داده شده است.



کانال اصلی و فرعی مورد مطالعه به ترتیب دارای عرض ۵۰ و ۲۵ و ارتفاع ۴۰ سانتیمتر می‌باشد. شیب کانال اصلی ۰/۰۳ و شیب کانال فرعی صفر در نظر گرفته شده است. برای انجام آزمایشات، ابتدا لبه‌های ورودی آبگیرها با شعاع مشخص گرد شد. با توجه به مقدار جداسازی جریان در کارهای قبلی که بر روی آبگیرها با لبه ورودی تیزگوشه انجام شده، شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر برای دهانه ورودی انتخاب شد. لبه‌های بالادست ورودی آبگیرها باید طوری با شعاع معین گرد شود که قوس ایجاد شده بر راستای کانال فرعی و کانال اصلی مماس باشد. همچنین لازم به ذکر است که بر طبق مطالعات گذشته، در پایین‌دست ورودی آبگیر ۹۰ درجه کمترین جداسازی وجود دارد، بنابراین لبه قسمت پایین دست کانال فرعی طوری گرد شده که قوس ایجاد شده از یک طرف بر راستای کانال فرعی مماس و از طرف دیگر بر راستای کانال اصلی عمود باشد به عبارت دیگر لبه پایین‌دست قسمت ورودی حالت قائمه داشته باشد. برای نمونه گردشگری در کانال فرعی ۵۵ درجه برای شعاع ۲۰ سانتی‌متر به صورت شکل ۵ می‌باشد. بعد از اینکه شعاع مورد نظر ایجاد شد، با استفاده از دریچه‌های انتهایی کانال اصلی و فرعی میزان دبی و عمق آب در دو کانال تنظیم گردید. لازم به ذکر است این دبی و عمق باید تا پایان انجام آزمایشات هر مرحله ثابت باشد. آزمایشات در نسبت دبی‌های ۲۰-۸۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۲۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۴۰، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ (۰/۸) مورد بررسی قرار گرفت. در هر مورد رقم اول از سمت چپ بیانگر درصد خروجی جریان از انتهایی کانال اصلی و رقم دوم بیانگر درصد دبی کانال فرعی می‌باشد و نسبت ۲۰-۸۰ با نسبت آبگیری ۰/۸ یکسان می‌باشد. شرایط آزمایشات در جدول ۱ نشان داده شده است. به منظور تعیین طول و عرض ناحیه جداسازی در فلوام آزمایشگاهی با دیواره بتنی و به عبارتی با زبری ثابت و با شعاعهای مختلف در دهانه ورودی، اندازه‌گیری پارامترهای سرعت و عمق جریان انجام می‌شود. اندازه‌گیری سرعت در کل عرض کانال انشعاب و تا فاصله ۶۵ سانتی‌متری از ابتدای ورودی کانال فرعی و برای سه عمق ۰/۳، ۰/۶ و ۱/۲ سانتی‌متری از کف برای هر شعاع انجام شد. بعد از انجام آزمایشات خطوط جریان برای هر حالت رسم شده و سپس ابعاد ناحیه جداسازی برای هر حالت محاسبه گردید.



شکل ۵- گردشگری ورودی آبگیر ۵۵ درجه با شعاع ۲۰ سانتیمتر

عرض، طول و شعاع گردشگری با عرض کانال بی‌بعد شده است. همان‌گونه که قابل مشاهده می‌باشد در تمامی اشکال با افزایش شعاع گردشگری طول و عرض جداسازی در بالادست آبگیر کاهش پیدا می‌نماید. مدل 2 SSIIM نیز به خوبی این شرایط را شبیه‌سازی نموده است. هر دو مدل فیزیکی و 2 SSIIM جداسازی جریان در پایین دست آبگیر را فقط برای نسبت دبی ۰/۲ نشان می‌دهند. همچنین با توجه به نتایج هر دو مدل تأثیر گردشگری بر روی ابعاد ناحیه جداسازی در پایین دست آبگیر بسیار کم می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات آزمایش‌های انجام شده در مدل فیزیکی

Discharge Ratio	Radius (cm)	Discharge (Lit/Sec)	Main Channel Discharge (Lit/Sec)	Intake Channel Discharge (Lit/Sec)	Flow Depth Upstream Main Channel (cm)	Flow Depth Downstream Main Channel (cm)	Flow Depth Intake Channel (cm)	Upstream Main Channel Frude N.	Downstream Main Channel Frude N.	Intake channel Frude N.
20-80	10	17.22	3.44	13.78	15.5	15.5	15.2	0.180	0.036	0.280
	15	17.22	3.44	13.78	15.1	15.1	15.8	0.187	0.037	0.280
	20	17.22	3.44	13.78	15.1	15.1	15.8	0.187	0.037	0.280
40-60	10	20.08	8.033	12.04	15.9	16	15.9	0.202	0.080	0.243
	15	20.08	8.033	12.04	15	16	15	0.221	0.080	0.265
	20	20.08	8.033	12.04	14.6	16	14.6	0.23	0.080	0.276
60-40	10	33.05	19.83	13.222	16.5	15.5	16.5	0.315	0.208	0.252
	15	33.05	19.83	13.222	15.2	16.8	15.8	0.356	0.184	0.269
	20	33.05	19.83	13.222	14.7	15	15.8	0.375	0.218	0.269
80-20	10	28.89	23.11	5.778	16.7	16.3	16.5	0.270	0.224	0.110
	15	28.89	23.11	5.778	14.9	15	16.2	0.321	0.254	0.113
	20	28.89	23.11	5.778	14.9	15	16.2	0.321	0.254	0.113

نتیجه‌گیری

امروزه مدل‌های ریاضی به یک ابزار کارآمد و کم‌هزینه برای انجام کارهای مهندسی تبدیل شده‌اند. مهمترین موضوع هنگام تحلیل نتایج حاصل از مدل ریاضی، میزان دقت مدل مورد استفاده می‌باشد. اگرچه استفاده از مدل ریاضی، ارزانتر و سریعتر از مدل فیزیکی می‌باشد اما در صورت عدم وجود تحقیقات معتبر در مورد یک مدل ریاضی برای یک کاربرد خاص، استفاده از آن مدل برای شرایط حساس و پیچیده باید محتاطانه صورت گیرد. آبگیرها یکی از سازه‌هایی می‌باشند که شرایط جریان در آنها بسیار پیچیده می‌باشد. با توجه به این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود مدل سه‌بعدی 2 SSIIM



شرایط جریان در یک آبگیر ۵۵ درجه با نسبت‌های دبی و گردش‌گی‌های متفاوت را با دقت بالایی شبیه‌سازی نموده است. هر دو مدل رابطه معکوسی بین شعاع گردش‌گی و ابعاد ناحیه جدادشدگی بالادست آبگیر نشان می‌دهند و عدم تأثیر گردش‌گی بر ابعاد جدادشدگی پایین‌دست آبگیر در هر دو مدل قابل مشاهده می‌باشد. همچنین هر دو مدل نشان می‌دهند که شعاع ۲۰ سانتیمتر یا $r/W_b=0.8$ با کمترین مقدار جدادشدگی به عنوان شعاع بهینه شناخته می‌شود و تأثیر گردش‌گی بر روی ابعاد ناحیه جدادشدگی در پایین‌دست آبگیر بسیار کم می‌باشد.

مراجع

- 1- Best, j. L. and Reid, I. (1984) Separation zone open-channel junctions. J. Hydr. Engrg, ASCA, 110 (11), 1588-1594.
- 2- Mikhail, R., Chu, V.H. and Savage, S. B. (1975) The reattachment of a two-dimensional turbulent jet in a confined cross flow. Proc., 16th IAHR Congr., 3 (48), 414-419.
- 3- Neary, V.S. and Odgaard, A.J. (1993) Three Dimensional Flow Structure at Open Channel Diversions. J. Hydr. Engrg., ASCE, 119 (11), 1223-1230.
- ۴- کرمی مقدم. (۱۳۸۶). تعیین شعاع یا گردش‌گی بهینه در دهانه ورودی آبگیر ۵۵ درجه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز