

بررسی عددی هیدرولیک جریان در آبگیرهای جانبی رودخانه ای به کمک نرم افزار FLUENT

بهاره پیرزاده^۱، حمید شاملو^۲

۱-مهندس بهاره پیرزاده

۲- دکتر حمید شاملو

تهران - خیابان ولی عصر - بالاتر از تقاطع میرداماد- دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

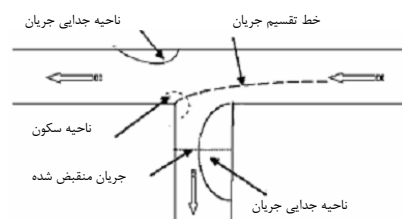
خلاصه

در این مطالعه شبیه سازی عددی جریان در آبگیری از مسیر مستقیم یک کانال مستطیلی به کمک نرم افزار FLUENT صورت گرفته است. محاسبات جریان در حالت دوبعدی بر مبنای قیاس بین مدل‌های آشفتگی مختلف موجود در نرم افزار انجام شده که بر اساس مقایسه پروفیل‌های سرعت جریان، مدل‌های آشفتگی $k-\omega$ و RSM بهترین نتایج را نشان دادند. در این تحقیق از میان پارامترهای اصلی موثر بر جریان فوق، شکل مقطع عرضی کانال، شیب کانال‌های اصلی و انشعاب و شکل دهانه ورودی ثابت در نظر گرفته شده و اثر نسبت عرض دو کانال، زاویه انشعاب و نسبت دبی توزیع شده در دو کانال بر ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب مورد بررسی قرار گرفته اند. همچنین با انتخاب مدل‌های آشفتگی RSM و $k-\omega$ ارزیابی پروفیل‌های سرعت جریان در حالت سه بعدی نیز صورت گرفت که مطابقت خوبی بین مقادیر حاصله و نتایج آزمایشگاهی دیده شد.

کلمات کلیدی: آبگیر جانبی، ناحیه جدایی جریان، زاویه بهینه، آشفتگی، FLUENT

مقدمه

انحراف آب از مسیر اصلی خود از گذشته های دور تا کنون جهت مصارف گوناگونی از جمله کشاورزی، آبرسانی شهری و ... صورت می گرفته است. جریان منحرف شده به درون انشعاب خصوصیات پیچیده ای داشته و منجر به ایجاد نواحی جدایی جریان در کانال اصلی و انشعاب می شود. این نواحی در شکل ۱ نشان داده شده است که شامل یک ناحیه جدایی در دیواره داخلی انشعاب و بلافاصله بعد از ورودی آبگیر، یک ناحیه جدایی در کانال اصلی و بعد از تقاطع و یک نقطه رکود و ایستایی نزدیک گوشه پایین دست انشعاب است که البته تشکیل دو ناحیه نامبرده اخیر به نسبت دبی انحرافی بستگی دارد.



شکل ۱- انواع نواحی جدایی جریان ایجاد شده در تقاطع ۹۰ درجه

مطالعه روی انحراف جریان در مسیر مستقیم توسط محققین مختلفی صورت گرفته است. نخستین این مطالعات مربوط به Taylor و در سال ۱۹۴۴ بوده است. وی با مطالعه آزمایشگاهی انحراف جریان در یک کانال روباز، یک راه حل گرافیکی مبتنی بر سعی و خطا ارائه کرد. او پیشنهاد کرد که تغییرات عمق آب در مجاورت آبگیر در حدود ۲ درصد حداکثر عمق برای دامنه وسیعی از نسبت‌های دبی و اعداد فرود در یک انشعاب ۹۰ درجه منظور شود. Priest و Grace در سال ۱۹۵۸ تقسیم جریان در یک کانال را به ازای مقادیر مختلف زاویه تقاطع و نسبت عرض کانالها مورد آزمایش قرار دادند و نتایج

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

^۲ استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



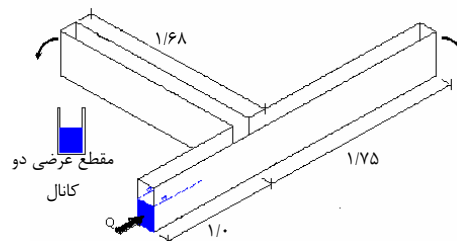
را با استفاده از پارامترهای بی بعد و بصورت گرافیکی ارائه نمودند. Reynolds و Law در سال ۱۹۶۶ مطالعه ای تحلیلی و آزمایشگاهی روی کانال اصلی و انحراف با عرض مساوی انجام داده و موفق به ارائه رابطه ای برای نسبت دبی ها و عدد فرود بعد از تقاطع در کانال اصلی با عدد فرود قبل از تقاطع در این کانال و نسبت عرض کانال انحرافی به کانال اصلی شدند.

بر اساس نتایج حاصل از کار محققین مختلفی چون Seetharamiah و Krishnappa (۱۹۶۳)، Sridharan (۱۹۶۶) و Ramamurthy، Satish (۱۹۸۷) مشخص شد که اگر عدد فرود در انشعاب ۹۰ درجه بیشتر از $0.36U_0/U_1$ الی 0.35 باشد، شرایط جریان در ورود به انشعاب معمولاً غیر مستغرق است. Brakdol و همکاران در سال ۱۹۹۸ به مقایسه جریان در یک کانال روباز با نسبت عرض به عمق ۱ به ۲ با یک لوله جریان با نسبت عرض به عمق ۱ به ۴ پرداختند و اختلاف سرعت در نزدیک سطح آب را که برابر $0.36U_0/U_1$ بود به وجود جریانهای ثانویه در آبراه روباز و عدم وجود این جریانها در لوله نسبت دادند. HSU و همکاران در سال ۲۰۰۲ جریان زیرجرانی در یک تقاطع ۹۰ درجه از یک کانال با شیب صفر را بصورت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج کار آنها حاکی از آن بود که اگر عرض موثر آبگیر به عرض W با $C_c W$ نشان داده شود (که در آن C_c ضریب تنگ شدگی مقطع آبگیر در اثر ایجاد جریان گردابی در آن باشد)، این ضریب به طور خطی با افزایش نسبت دبی آبگیر به دبی کل افزایش می یابد. Ramamurthy و همکاران در سال ۲۰۰۷ مطالعه آزمایشگاهی در یک انشعاب ۹۰ درجه و برای یک آبراهه روباز با مقطع مستطیلی انجام دادند و از ابزارهای دقیق سه بعدی جهت اندازه گیری سرعت در مقاطع مختلف استفاده نمودند. آنها همچنین یک مدل عددی سه بعدی برای تشخیص خصوصیات جریان توسعه داده و مقادیر سرعت بدست آمده از نتایج آزمایشگاهی را با آن مقایسه کردند و تطبیق خوبی را مشاهده کردند. کشاورز و حبیبی در سال (۲۰۰۵) مطالعه آزمایشگاهی به منظور تعیین زاویه آبگیری بهینه بر اساس حداقل ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انحراف قائم از یک کانال مستطیلی با شیب صفر درجه با انتهای بسته را انجام دادند. آنها بعد از انجام آزمایشات گوناگون برای زوایای انحراف 45° ، 56° ، 67° و 79° و 90° درجه، زاویه 55° را بعنوان زاویه ای که حداقل ابعاد ناحیه جدایی جریان در انشعاب بوقوع می پیوندد معرفی نمودند.

مطالعه حاضر شامل شبیه سازی جریان در آبگیری از مسیر مستقیم با مقطع مستطیل و جداره های صاف با شیب صفر درجه است که به کمک نرم افزار FLUENT صورت پذیرفته است. مدل سازی بر مبنای مطالعه آزمایشگاهی Brakdol و همکاران (۱۹۹۸) صورت گرفته و سرعت جریان در نزدیک سطح آب با استفاده از مدل های آشفتگی مختلف در حالت سه بعدی محاسبه و با نتایج آزمایشگاهی مذکور مقایسه شده است. همچنین با شبیه سازی دو بعدی میدان حل، تاثیر زاویه انشعاب ۲۰ الی ۸۰ درجه، نسبت دبی انحراف 0.32 ، 0.52 و 0.81 ، نسبت های مختلف عرض از 0.25 تا ۳ و عدد فرود جریان ورودی بین 0.15 تا 0.3 بر ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب بررسی شده است.

مشخصات مدل آزمایشگاهی مورد مطالعه

در مطالعه آزمایشگاهی Brakdol و همکاران طول کانال اصلی $2/75$ متر بوده و کانال انشعاب به طول $1/68$ متر بوده که با زاویه 90° درجه نسبت به آن قرار گرفته است. دبی ورودی به کانال اصلی $0/11$ متر مکعب بر ثانیه، عمق جریان $0/31$ متر و عرض هر دو کانال $0/15$ متر می باشد. شکل شماتیک کانال مزبور در شکل ۲ و مشخصات هیدرولیکی جریان در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲ - مشخصات میدان حل مورد مطالعه

جدول ۱ - مشخصات هیدرولیکی میدان حل

دبی ورودی (Q_1) (lit/s)	عمق جریان (m)(d)	عدد فرود جریان ورودی (Fr)	عدد رینولدز جریان ورودی (Re)
۱۱	۰/۳	۰/۱۳	۷۳۲۰۰

توصیف نرم افزار عددی مورد استفاده

FLUENT نرم افزار تحلیل دوبعدی و سه بعدی جریان است که برای تحلیل جریان از معادلات پیوستگی و ناویراستوکس استفاده می کند و قادر به مدل کردن جریان سیال و انتقال حرارت در هندسه های پیچیده است. این نرم افزار به زبان برنامه نویسی C نوشته شده و از روش حجم محدود



استفاده می‌کند. روشهای انفصال مختلف بکار گرفته شده توسط این نرم افزار شامل پیشرو مرتبه اول^۱ و مرتبه دوم^۲، قاعده توانی^۳ و روش QUICK می‌باشد. به منظور کوپل کردن میدان سرعت و میدان فشار نیز الگوریتم های simple و simpleC و PISO در برنامه موجود است. این نرم افزار در تحلیل جریانهای آشفتنه از مدل‌های آشفتگی مختلفی همچون k-ε (استاندارد، محسوس^۴ و RNG)، k-ω، RSM و LES استفاده می‌کند که کاربر با توجه به نوع جریان مورد مطالعه یکی از این مدلها را انتخاب می‌کند.

پیچیدگی معادلات حاکم بر مسأله، بالا بودن هزینه های مربوط به تجهیزات آزمایشگاهی و محدودیت استفاده از دستگاههای اندازه گیری در بسیاری از کاربردهای علمی، از جمله دلایلی هستند که استفاده از روشهای تحلیلی و آزمایشگاهی را در مقایسه با روشهای عددی محدود می‌کند. مجموعه عوامل فوق باعث شد که نرم افزار Fluent 6.1.18 در این تحقیق مورد استفاده قرار گیرد.

معادلات حاکم بر جریان

معادلات حاکم بر جریان در رودخانه ها و کانالها عموماً بر اساس معادلات سه بعدی میانگین گیری رینولدز برای جریان آشفتنه و ناماندگار نوشته می‌شود که عبارتند از:

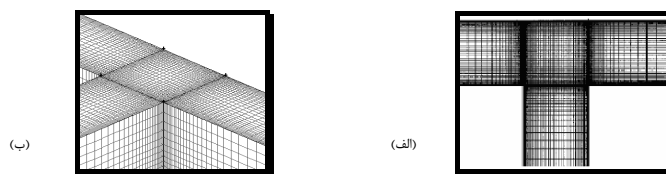
$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + g_{xi} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \bar{u}_i \bar{u}_j \right) \quad (2)$$

در معادلات فوق $u_{i(j)}$ مولفه سرعت در جهت i ، t زمان، P فشار، ν ویسکوزیته مولکولی، ρ چگالی سیال، g_{xi} شتاب جاذبه در جهت x_i می‌باشد، پارامتر همان تنش رینولدز است که بر سیال عمل کرده و اثر گردابه های آشفتگی را در سیال اعمال می‌کند. مدل‌های آشفتگی مختلف مورد استفاده در این شبیه سازی، مدل‌های آشفتگی موجود در نرم افزار یعنی مدل آشفتگی k-ε (سه حالت استاندارد، RNG و محسوس)، مدل آشفتگی k-ω و مدل آشفتگی تنش رینولدز (RSM) می‌باشند. جهت مقایسه مدل‌های آشفتگی فوق در تحلیل میدان سرعت جریان در حالت دوبعدی کلیه مدل‌های مذکور بکار رفته و در نهایت مدل‌های k-ω و RSM جهت تحلیل جریان در حالت سه بعدی انتخاب شده است. تحلیل جریان در حالت ماندگار صورت گرفته و از الگوریتم SIMPLE برای کوپل سرعت و فشار استفاده شده است. روش گسسته سازی معادلات مومنتوم، افت و انرژی جنبشی آشفتگی و تنشهای رینولدز روش پیشرو مرتبه دو و روش گسسته سازی معادله فشار، روش Standard می‌باشد. مقادیر ضرایب زیرتخفیف تا حد امکان کاهش داده شده اما طبق توصیه راهنمای نرم افزار همواره در محدوده ۰/۲ تا ۰/۸ بوده است.

شبکه بندی و شرایط مرزی میدان محاسباتی

هندسه میدان حل در نرم افزار Gambit2.0 تهیه شده است. در مدل k-ε استاندارد و RSM فاصله اولین گره واقع در ناحیه کاملاً آشفتنه از دیواره (y_1) برابر ۳ میلیمتر لحاظ شده اما در مدل k-ω شبکه بندی بگونه ای انجام شده که حداقل دو گره در زیر لایه لزج ($y_1=0.000155$ m) وجود داشته باشد. بتدریج با دور شدن از دیواره، فواصل گره ها از یکدیگر بیشتر و شبکه درشت تر شده است. در حالت دوبعدی حداقل ۵۷۲۸ گره و در حالت سه بعدی حداقل ۱۹۵۸۶۴ گره بکار رفته است. شکل ۳ شماتیک شبکه بندی میدان محاسباتی در محل انشعاب را نشان می‌دهد.



شکل ۳ - شبکه بندی محاسباتی در دو حالت (الف) دو بعدی و (ب) سه بعدی

در ورودی کانال اصلی از شرط مرزی سرعت معین استفاده شده است و مقدار سرعت میانگین بعنوان سرعت ورودی اعمال گردیده است. چون در عمل پروفیل سرعت در مقطع ورودی در عمق یکنواخت نمی‌باشد و به منظور نزدیک شدن به شرایط آزمایشگاهی، طول کانال اصلی در ورودی جریان افزایش داده شده تا حدی که با اعمال مقدار سرعت میانگین در مقطع ورودی جدید، پروفیل سرعت واقعی در محل مقطع ورودی آزمایشگاهی تشکیل شود. برای مرزهای خروجی میدان (خروجی آبگیر و کانال اصلی)، از شرط مرزی جریان خروجی استفاده شده و نسبتهای دبی مورد مطالعه در هر حالت

¹ First order upwind

² Second order upwind

³ Power law

⁴ Realizable



به آن اعمال شده است. با توجه به ماهیت شرط مرزی مورد استفاده مبنی بر عدم تغییرات مشخصات جریان در جهات عمود بر این مرزها، طول کانال انشعاب افزایش داده شده تا از حصول پروفیل سرعت یکنواخت در این مرز اطمینان حاصل شود. شرط مرزی دیواره برای مرزهای صلب میدان اعمال شده و دیواره ها از لحاظ هیدرولیکی صاف در نظر گرفته شده اند.

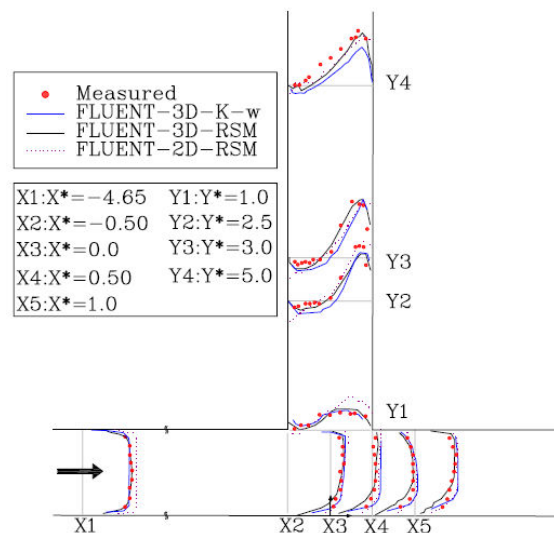
در حالت سه بعدی، با توجه به نتایج Taylor (۱۹۴۴) مبنی بر تغییرات ناچیز سطح آب در شرایط جریان مذکور، از شرط مرزی تقارن در سطح آب استفاده شده و عمق جریان در کل میدان ثابت لحاظ شده است؛ به این ترتیب نیازی به استفاده از مدلسازی جریان دوفازی نمی باشد.

مقایسه نتایج مدل عددی و آزمایشگاهی

در این بخش و در سه قسمت، به بررسی نتایج مدل‌های آشفتگی و میدان سرعت، بررسی اثرات نسبت عرض آبگیر (b) به عرض کانال اصلی (B)، نسبت توزیع دبی در دو کانال (R) و همچنین اثر تغییرات زوایای مختلف آبگیری بر طول (S_L) و عرض (S_w) ناحیه جدایی جریان پرداخته شده است.

مقایسه مدل‌های آشفتگی مختلف روی میدان سرعت جریان

بدلیل محدودیت تعداد صفحات از بین نمودارهای متعدد مقایسه مدل‌های مختلف آشفتگی، تنها شکل ۳ مربوط به قیاس بین مدل آشفتگی RSM و $k-\omega$ بکار رفته در دو حالت دو بعدی و سه بعدی با نتایج آزمایشگاهی برای نسبت دبی ۰/۳۱ آورده شده است، X^* و Y^* از تقسیم X و Y بر عرض کانال بدست (b) می آید.

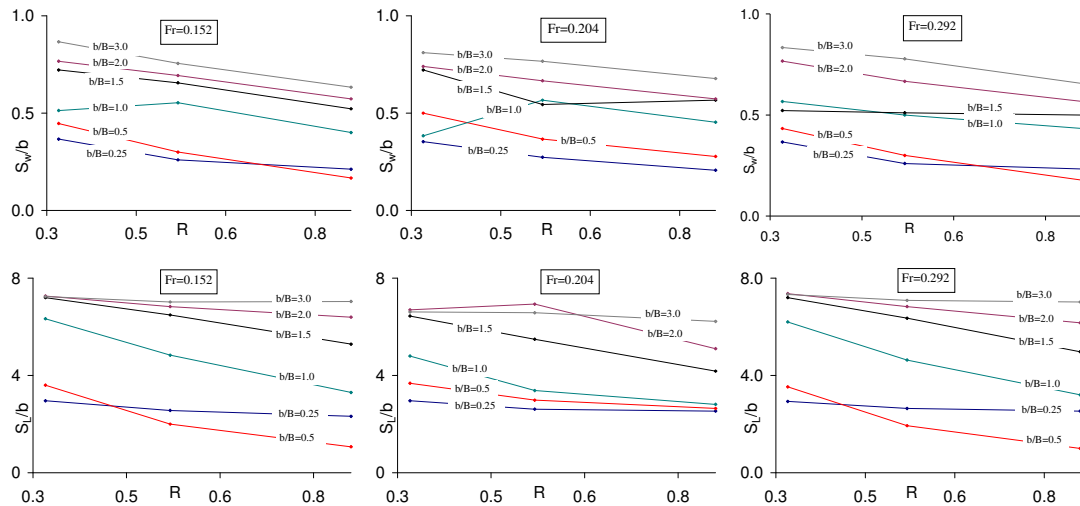


شکل ۳- مقایسه مقادیر سرعت در نزدیک سطح آب در دو کانال اصلی و انشعابی

شکل ۳ نشان می دهد که مدل آشفتگی RSM در تخمین مقادیر سرعت در مقاطع مختلف، بهتر از مدل آشفتگی $k-\omega$ عمل نموده و مقادیر سرعت مثبت و منفی در دو کانال را با تطبیق بسیار خوبی با نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد (در حالت سه بعدی)، در حالت دوبعدی نیز این مدل بجز در مقاطع اولیه آبگیر که جریان به شدت آشفته بوده و خصوصیات سه بعدی دارد؛ مقادیر قابل قبولی را در قیاس با نتایج آزمایشگاهی ارائه می دهد. شکل ۳ همچنین نشان میدهد که تا فاصله ای قبل از ورودی آبگیر، پروفیل سرعت حالت گسترش یافته خود را حفظ می کند و با نزدیک شدن به دهانه آبگیر، به دلیل فشار مکشی اعمالی از طرف آبگیر، سرعت حداکثر بطرف دهانه آبگیر جابجا میشود. با ورود جریان به آبگیر، برآیند سرعت در طول دهانه آبگیر کاهش پیدا کرده و در دیواره پائین دست ورودی آبگیر، سرعت حداکثر از دیواره داخلی کانال اصلی دور میشود. جریان باقی مانده در طول کانال اصلی بعد از گذر از دهانه آبگیر، در داخل مقطع توسعه می یابد ولی بخاطر وجود تاثیرات ناشی از انحنا خطوط جریان در دهانه آبگیر، حداکثر سرعت باز بطرف دیواره داخلی منحرف میشود.

اثر نسبت عرض آبگیر به عرض کانال اصلی در ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در آبگیر

در این حالت ۶ نسبت عرض مختلف (b/B) ۰/۲۵، ۰/۵، ۱/۵، ۲ و ۳ برای سه نسبت توزیع دبی (R) برابر ۰/۳۲، ۰/۵۲ و ۰/۸۱ و سه نوع جریان ورودی با اعداد فرود نظیر (Fr) ۰/۱۵۲، ۰/۲۰۴ و ۰/۲۹۲ مورد مطالعه قرار گرفته است. با اندازه گیری طول (S_L) و عرض (S_w) ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب (با استفاده از خطوط هم سرعت رسم شده در نرم افزار TecPlot10) نمودارهای زیر برای طول و عرض بی بعد شده ناحیه جدایی جریان که از تقسیم ابعاد این ناحیه بر عرض انشعاب حاصل شده، رسم گردیده است.

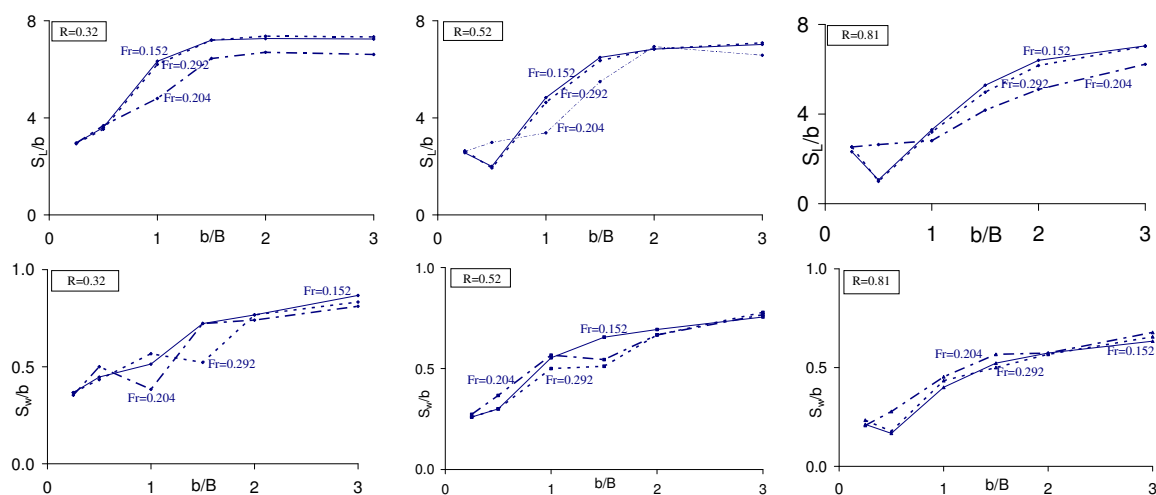


شکل ۴- عرض و طول بی بعد شده ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب بر حسب نسبت توزیع دبی در جریانهای ورودی یکسان

با توجه به شکل ۴ می توان دریافت که با افزایش نسبت عرض کانال انشعاب به کانال اصلی، طول و عرض ناحیه جدایی در انشعاب افزایش می یابد که از دلایل اصلی آن می توان به ثابت بودن جریان ورودی در عین افزایش عرض آبگیر اشاره کرد که در نتیجه آن دبی در واحد عرض و سرعت در انشعاب کم شده و امکان گسترش ناحیه جدایی جریان و انباشت رسوب افزایش می یابد. همچنین می توان دید که به ازای تمام جریانهای ورودی در نسبتهای عرض مختلف، نسبتهای دبی بالاتر نواحی جدایی جریان کوچکتری را در انشعاب ایجاد می کنند.

مقادیر طول و عرض بی بعد شده ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب، بر حسب نسبتهای مختلف عرض و در شرایط یکسان دبی ورودی به کانال اصلی و با ثابت بودن مقدار توزیع دبی، در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به این شکل می توان ملاحظه نمود که عرض ناحیه جدایی به ازای جریانهای ورودی مختلف از $b/B=2$ به بعد تقریباً ثابت مانده و مقدار آن با افزایش نسبت توزیع دبی، کاهش می یابد. با دقت بیشتر می توان دید که در همه نمودارهای رسم شده در این شکل، ابعاد ناحیه جدایی جریان با افزایش عدد فرود جریان ورودی از 0.152 به 0.204 کاهش و مجدداً از 0.204 به 0.292 افزایش می یابد اما مقدار آن از مقادیر متناظر برای عدد فرود 0.152 کمتر است.

شکل ۵ همچنین نشان می دهد که در دو نسبت دبی 0.152 و 0.204 ، برای دو جریان ورودی با اعداد فرود نظیر 0.152 و 0.292 ، کمترین ابعاد ناحیه جدایی مربوط به نسبت عرض 0.5 و در جریان با عدد فرود نظیر 0.204 مربوط به نسبت عرض 0.25 است؛ عبارتی دیگر می توان گفت ابعاد ناحیه جدایی از نسبت دبی 0.25 تا 0.5 کاهش یافته و پس از آن روند افزایشی را در پیش می گیرند. در نسبت دبی 0.32 طول ناحیه جدایی با افزایش نسبت عرض زیاد شده اما تغییرات عرض آن روند مشخصی ندارد.

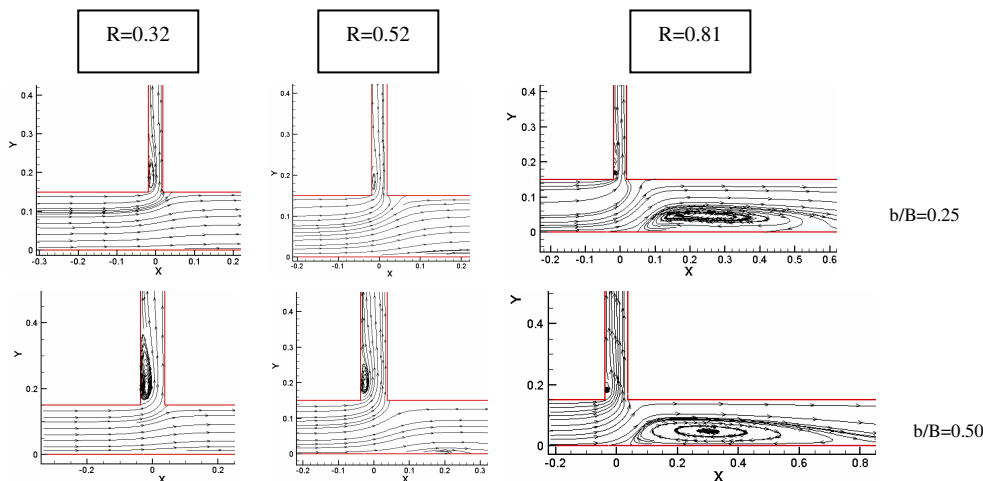


شکل ۵- عرض و طول بی بعد شده ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب بر حسب نسبت عرض در جریانهای ورودی یکسان

بطور نمونه و جهت نشان دادن میزان تأثیرات نسبت عرض و نسبت توزیع دبی، شکل ۶ خطوط جریان در دو نسبت عرض 0.25 و 0.5 را به ازای



نسبتهای توزیع دبی ۰/۳۲، ۰/۵۲ و ۰/۸۱ و در حالت ورود جریان با عدد فرود ۰/۲۹۲ نشان می دهد. با توجه به این شکل، وجود ناحیه چرخشی در داخل آبگیر کاملاً واضح بوده و اشغال عرض عمده ای از دهانه ورودی آبگیر توسط این پدیده کاملاً مشهود است. موضوع دیگری که می توان در این شکل مشاهده کرد آن است که در نسبتهای دبی کم معمولاً ذرات رسوب از ابتدای دهانه آبگیر وارد آن می شوند در صورتیکه در نسبتهای بالای دبی آبگیری، بیشترین رسوبات از مجاورت ضلع پایین دست کانال آبگیر وارد آن شده و در طول آبگیر ته نشین می شوند. علت این امر را می توان به کم شدن دبی و سرعت جریان در کانال اصلی بعد از انشعاب نسبت داد که سبب کاهش ظرفیت حمل رسوب جریان در کانال اصلی در پایین دست آبگیر می شود و در نتیجه رسوبگذاری در دهانه آبگیر رخ داده و بخشی از آن وارد کانال آبگیر می گردد.



شکل ۶ - خطوط جریان در نزدیک انشعاب در نسبتهای دبی ۰/۲۵ و ۰/۵۰

با جمع بندی نتایج بدست آمده و به کمک نرم افزار SPSS15 روابط ۳ و ۴ برای تعیین طول و عرض بی بعد شده ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب در محدوده آزمایشات انجام شده پیشنهاد شده است؛ مقدار میانگین مربعات مربوط به هر رابطه در کنار آن نوشته شده است.

$$\frac{S_L}{b} = 3.709 \left(\frac{b}{B} \right)^{0.446} Fr^{-0.002} R^{-0.278} \quad , \quad r^2 = 0.839 \quad (3)$$

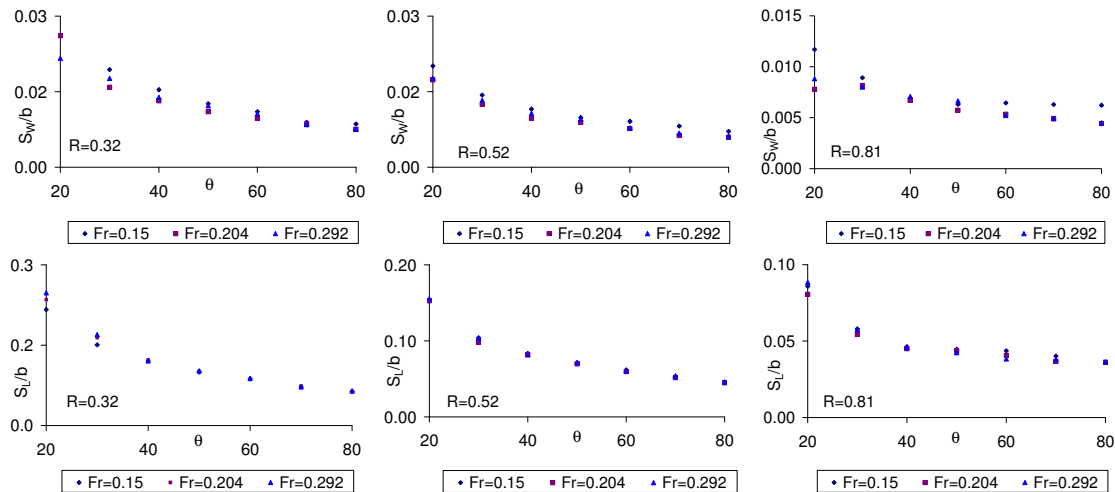
$$\frac{S_W}{b} = 0.358 \left(\frac{b}{B} \right)^{0.418} Fr^{-0.064} R^{-0.294} \quad , \quad r^2 = 0.914 \quad (4)$$

اثر زوایای مختلف آبگیری در ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در آبگیر

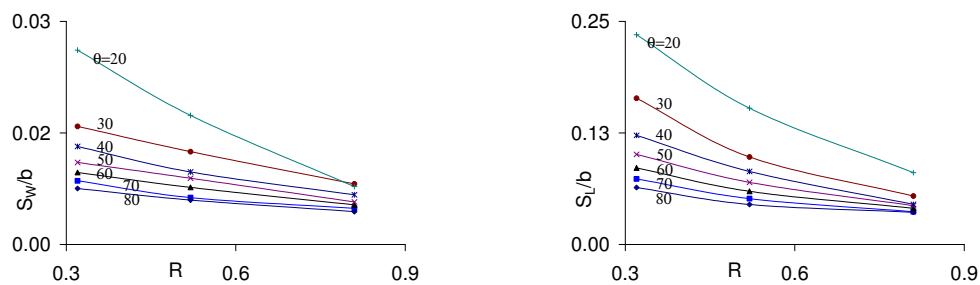
در این حالت ۷ زاویه ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه برای سه نسبت دبی خروجی ۰/۳۲، ۰/۵۲ و ۰/۸۱ و سه نوع جریان ورودی با اعداد فرود نظیر ۰/۱۵۲، ۰/۲۰۴ و ۰/۲۹۲ مورد مطالعه قرار گرفته است.

شکل ۷ نشان دهنده این مطلب است که اگر بتوان شرایط دو خروجی را به نحوی تنظیم نمود که در دبی های مختلف جریان ورودی، نسبت دبی خروجی از انشعاب به دبی خروجی از کانال اصلی (R) ثابت باشد؛ می توان امیدوار بود که گستره ابعاد ناحیه جدایی جریان شکل گرفته در انشعاب برای شرایط متفاوت ورودی، یکسان مانده و اندازه آن با افزایش زاویه انحراف کاهش یابد. با توجه به گرافهای مختلف موجود در شکل ۷ می توان دید که در همه حالاتها شدت تغییرات طول و عرض ناحیه جدایی جریان از زاویه ۶۰ درجه به بعد شدت کاهش می یابد لذا این زاویه را بعنوان زاویه مناسب آبگیری معرفی می نمایم که به زاویه انتخابی کشاورز و حبیبی (۲۰۰۵) (زاویه ۵۵ درجه) بسیار نزدیک است.

Kasthuri & Pandarikanthan در سال ۱۹۸۷ ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در یک انشعاب ۹۰ درجه را تنها به نسبت دبی توزیع شده بین دو کانال ارتباط دادند؛ با نتایج بدست آمده از این تحقیق می توان گفت که این مطلب در مورد سایر زوایای آبگیری نیز، در محدوده شرایط جریانهای ورودی تست شده و با ثابت نگاه داشتن مقدار نسبت توزیع دبی (با تنظیم درجه های انتهایی خروجی ها)، صادق بوده و مهمترین پارامتر در تعیین ابعاد ناحیه جدایی جریان نسبت دبی توزیع شده است. عبارتی در زاویه انشعاب یکسان، تغییر در شرایط جریان ورودی (با ثابت نگاه داشتن R) تأثیر چندانی روی ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب نداشته و پارامتر مؤثرتر نسبت دبی انحرافی است که با افزایش آن ابعاد ناحیه مذکور کوچکتر می شود. منحنی تغییرات ابعاد ناحیه جدایی جریان در زوایای مختلف آبگیری بر حسب تغییرات نسبت دبی در شکل ۸ نشان داده شده است.

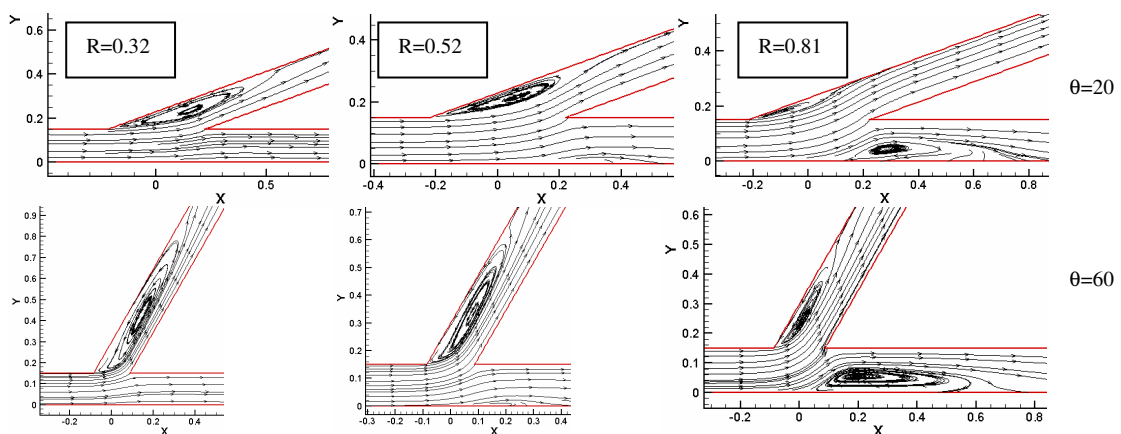


شکل ۷- عرض و طول بی بعد شده ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب بر حسب زاویه انشعاب به ازای نسبتهای یکسان جریان خروجی



شکل ۸- نحوه تغییرات طول و عرض بی بعد شده ناحیه جدایی جریان در زوایای مختلف آبگیری بر حسب نسب توزیع دبی

به منظور نشان دادن میزان تأثیرات زاویه انحراف و نسبت توزیع دبی شکل ۹ خطوط جریان در دو زاویه ۲۰ و ۶۰ درجه را به ازای نسبتهای توزیع دبی ۰/۳۲، ۰/۵۲، و ۰/۸۱ و به ازای جریان ورودی با عدد فرود ۰/۲۹۲ را نشان می دهد. در این شکل ساختار صفحه تقسیم جریان، نواحی جدایی و چرخشی مشهود است. با نگاه دقیق به آن می توان دریافت که به ازای هر زاویه آبگیری معین، با افزایش نسبت دبی، طول گردابه داخل آبگیر کوتاهتر شده و از عرض آن کاسته میشود علاوه بر آن با افزایش نسبت دبی، فاصله خط تقسیم جریان از دیواره داخلی کانال اصلی بیشتر میشود.



شکل ۹- خطوط جریان در نزدیک انشعاب در زوایای آبگیری ۲۰ و ۶۰ درجه

با مقایسه خطوط جریان حاصله برای کلیه زوایا به این نتیجه رسیدیم که با افزایش زاویه انشعاب، مقطع دارای حداکثر عرض ناحیه جدایی به دهانه آبگیر نزدیک می شود، این مطلب بخصوص برای زوایای بیشتر از ۴۰ درجه مشهودتر بوده بطوریکه از این زاویه به بعد بیشتر عرض ورودی آبگیر توسط



رسوبات اشغال می شود. در این حالت نیز روابط ۵ و ۶ جهت تخمین ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب پیشنهاد شده است؛ در این روابط زاویه بر حسب رادیان است و r^2 میانگین مربعات رابطه مربوطه را نشان می دهد.

$$\frac{S_L}{b} = 0.035\theta^{-0.878} Fr^{0.086} R^{-0.957}, \quad r^2=0.984 \quad (5)$$

$$\frac{S_W}{b} = 0.004\theta^{-0.744} Fr^{-0.182} R^{-0.752}, \quad r^2=0.952 \quad (6)$$

نتیجه گیری

در این مطالعه با مدل سازی سه بعدی مدل آزمایشگاهی Brakdol و همکاران (۱۹۹۸) به کمک نرم افزار FLUENT، مقادیر سرعت حاصله از نرم افزار در نزدیک سطح آب با نتایج آزمایشگاهی محققین مذکور مقایسه و انطباق خوبی بین نتایج دیده شد. سپس اثر تغییر زاویه و نسبت عرض بر ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب، بطور جداگانه و با مدل سازی دو بعدی میدان مذکور مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع نتایج حاصله برای جریانهای با شرایط اعمال شده در این تحقیق عبارتند از:

- مدل های آشفتگی دو معادله ای به دلیل فرض لزجت گردابه ای هموزن، در پیش بینی الگوی سه بعدی جریان در داخل آبگیر ضعیف عمل می کنند. مدل آشفتگی k-ε در پیش بینی ناحیه چرخشی داخل آبگیر بسیار ضعیف عمل کرده ولی مدل آشفتگی k-ω بخاطر قابلیت پیش بینی جریان های با عدد رینولدز کم، عدم استفاده از تابع دیواره و نیز قابلیت پیش بینی نواحی متاثر از گرادیان معکوس فشار، بهتر از مدل قبلی عمل می کند. مدل آشفتگی RSM به علت مدل سازی کامل تنش های آشفتگی و عدم اعمال محدودیت هموزنی لزجت گردابه ای، نواحی برگشت جریان را بهتر از مدل های دو معادله ای پیش بینی می کند.
- نسبت دبی یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار روی ابعاد ناحیه جدایی جریان است و افزایش آن منجر به کاهش ابعاد ناحیه جدایی جریان می شود (شکل های ۴ و ۷).
- به ازای دبی یکسان ورودی به کانال اصلی، با افزایش نسبت عرض کانال انشعاب به کانال اصلی، طول و عرض ناحیه جدایی جریان در انشعاب در غالب موارد افزایش می یابد و در همه موارد با افزایش نسبت دبی، روند کاهش ابعاد ناحیه جدایی مشاهده می شود.
- کاهش زاویه آبگیری، علاوه بر کاهش عرض ناحیه جدایی داخل آبگیر، باعث هموار تر شدن خطوط جریان در پائین دست دهانه میشود.
- در زاویه انشعاب یکسان، در صورت ثابت نگاه داشتن مقدار R، تغییر در شرایط جریان ورودی تأثیر چندانی روی ابعاد ناحیه جدایی جریان ایجاد شده در انشعاب نداشته و پارامتر مؤثرتر نسبت دبی انحرافی است که با افزایش آن ابعاد ناحیه مذکور کوچکتر می شود.
- با افزایش زاویه آبگیری، مقطع با حداکثر فشردگی جریان به دهانه ورودی آبگیر نزدیکتر می شود.
- بر اساس روابط ۳ تا ۶، ابعاد ناحیه جدایی ایجاد شده در انشعاب به پارامترهای هندسی و هیدرولیکی جریان ورودی و خروجی بستگی دارد.

مراجع

- 1- Neary, V.S., Odgaard, A., Sotiropoulos, F. (1999) Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows. J. Hydraulics. Eng. ASCE, 125(2), 126-140
- 2- Taylor, E.H. (1944) Flow characteristics at rectangular open-channel junctions. Trans. Am. Soc. Civil Eng. 109, 893-912
- 3- Grace, J. L. and Priest, M. S. (1958) Division of flow in open channel junctions. Bulletin No. 31, Engineering Experimental Station, Alabama Polytechnic Institute.
- 4- Law, Reynolds. (1966) Dividing flow in an open channel. ASCE, 192 (2), 207-231
- 5- Krishnappa, G. and Seetharamiah, K. (1963) A new method of predicting the flow in a 90° branch channel. La Houille Blanche, No. 7
- 6- Sridharan, K. (1966) Division of flow in open channels. Thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India
- 7- Ramamurthy, A.S. and Satish, M.G. (1987) Internal hydraulics of diffusers with uniform lateral momentum distribution. J. Hydr. Eng. ASCE, 113(3), 449-463
- 8- Brakdoll, B.D., Hagen, B.L., Odgaard, A.J. (1998) Experimental comparison of dividing open-channel with duct flow in T-junction. J. Hydr. Eng. ASCE, 124(1), 92-95
- 9- Hsu, Chung-Chieh, Tang, Chii, Jau, Lee, Wen-Jung and Shieh, Mon-Yi. (2002) Subcritical 90° Equal-Width open-channel dividing flow. J. Hydr. Eng. ASCE, 128(7), 716-720
- 10- Ramamurthy A.S., Junying, QU and Diep, VO. (2007) Numerical and Experimental study of Dividing open-channels flows. Journal of Hydraulic Engineering, 133(10), 1135-1144
- 11- Habibi, L., Keshavarzi, A. (1385) Optimizing river intake angle by flow separation analysis in Damless Water Intake. 7th International River Engineering Conference, Iran, Ahvaz
- 12- FLUENT user's guide manual-version 6.1.18. (2003) Fluent Incorporated, N.H.