



اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار  
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲



## مطالعه عددی تأثیر نسبت استغراق آبشکن تی شکل بر مولفه سه بعدی

### سرعت در قوس تند

محمد واقفی

استادیار سازه های هیدرولیکی دانشگاه خلیج فارس بوشهر و [vagefi52@gmail.com](mailto:vagefi52@gmail.com)

هادی زره پوش شیرازی

کارشناس ارشد مهندسی عمران و [hadizerehpoushshirazi@gmail.com](mailto:hadizerehpoushshirazi@gmail.com)

### چکیده

آبشکن سازه ای هیدرولیکی می باشد که برای حفاظت از سواحل رودخانه و کانال به کار می رود. استقرار آبشکن در قوس خارجی کانال، به دلیل وجود جریان های ثانویه، باعث پیچیدگی خاصی در جریان می گردد. در این مطالعه به بررسی تأثیر درصد استغراق آبشکن تی شکل بر الگوی جریان در کانالهایی با شعاع انحناء نسبی ۲ (قوس تند) پیرامون آبشکن تی شکل مستغرق مستقر در موقعیت ۴۵ درجه در یک قوس ۹۰ درجه با بستر صلب برای چهار استغراق صفر، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ درصد با استفاده از نرم افزار FLOW 3D پرداخته شده است. نتایج بیانگر ایجاد جریانهای ثانویه در محل تنگ شدگی عرض کانال و گردابه های پاد ساعتگرد است. که این گردابه ها در پایین دست آبشکن باعث سکون نسبی جریان خواهند شد و همچنین نتایج نشان دهنده این است که با افزایش درصد استغراق آبشکن تی شکل و به دلیل افزایش سطح مقطع کانال سرعت عرضی جریان کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: آبشکن تی شکل، الگوی جریان، درصد استغراق، قوس ۹۰ درجه تند

### مقدمه

از دیرباز تمدن های باستانی و بزرگ بشری در حاشیه رودخانه ها شکل گرفته اند و به دلیل اینکه منبع اصلی تامین آب می باشند نقش حائز اهمیتی در شکل گیری و تداوم زندگی و تمدن بشری دارا می باشند. و باعث شده کسه بسیاری از سازه ها در حاشیه آنها احداث گردد و با توجه به اینکه اکثر رودخانه ها دارای مسیرهای قوسی شکل می باشند باید مدیریت رودخانه ای برای جلوگیری از تغییرات تراز بستر انجام پذیرد. برای حفظ و حراست از سواحل و عدم آسیب به سازه هایی که در حاشیه رودها و کانال ها احداث می شوند از سازه های هیدرولیکی به نام آبشکن استفاده می شود باید توجه داشت که استقرار آبشکن باعث ایجاد و تقویت آبشستگی موضعی می گردد و با توجه به طبیعت سه بعدی و پیچیده جریان در مسیر های قوسی شکل ، در صورت وجود آبشکن به دلیل وجود جریان حلزونی و جریان ثانویه الگوی جریان و آبشستگی حول آبشکن ها از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. آنچه که ضرورت انجام تحقیقات بیشتر در قوسها را الزام می دارد این است که با

ورود جریان به قوس در اثر به وجود آمدن گرادیان های فشار عرضی و اندرکنش آن با نیروی گریز از مرکز جریانی ثانویه شکل می گیرد و در نتیجه ترکیب پروفیل سرعت در راستای جریان با جریان ثانویه شاهد شکل گیری جریان حلزونی می باشیم که خود بر پیچیدگی جریان می افزاید. از جمله مطالعات انجام گرفته در این راستا می توان به موارد زیر اشاره کرد:

واقفی و قدسیان در سال ۱۳۸۸ به بررسی طول بال آبشکن تی شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه بر میزان آبستتگی اطراف آنها پرداخته اند. بر اساس این تحقیق با افزایش طول بال آبشکن عمق چاله آبستتگی کاهش می یابد. (واقفی و قدسیان، ۱۳۸۸). واقفی و عباس پور در سال ۱۳۸۹ به بررسی نسبت استغراق آبشکن تی شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه درجه بر توپوگرافی بستر پرداختند. بر اساس این تحقیق با افزایش نسبت استغراق میزان آبستتگی افزایش می یابد. (واقفی و عباس پور، ۱۳۸۹). ناجی ابهری و قدسیان در سال ۱۳۸۷ به بررسی عددی و آزمایشگاهی تاثیرات طول آبشکن بر الگوی جریان در قوس ۹۰ درجه پرداختند و نشان دادند که با افزایش طول آبشکن تغییرات محسوسی روی موقعیت تنش برشی ماکزیمم رخ نمی دهد ولی افزایش ابعاد گردابه ها به دنبال خواهد داشت (ناجی ابهری و قدسیان، ۱۳۸۷). واقفی و موسوی نائینی در سال ۱۳۸۸ به بررسی آزمایشگاهی تاثیر شعاع انحناء نسبی بر تغییرات ورتیسیتهی پیرامون آبشکن تی شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه پرداختند و نشان دادند با افزایش مقدار شعاع انحناء نسبی مقدار حداکثر ورتیسیتهی افزایش می یابد. (واقفی و موسوی نائینی، ۱۳۸۸). واقفی و قدسیان در سال ۱۳۸۹ به بررسی تنگ شدگی مقطع بر تغییرات توپوگرافی بستر ناشی از آبشکن تی شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه پرداختند. و نشان دادند که با افزایش نسبت تنگ شدگی مقطع مقدار نسبت تنش برشی حداکثر به تنش برشی متوسط مسیر مستقیم بالا دست، در ابتدای قوس تا محلی که آبشکن نصب شده تغییری نمی کند. ولی این نسبت در جایی که آبشکن نصب شده با افزایش تنگ شدگی مقطع افزایش می یابد و بعد از آن دوباره کاهش می یابد و تا خروجی قوس این اختلاف وجود دارد ولی روند آن کاهش می یابد. (واقفی و قدسیان، ۱۳۸۹). شکری در سال ۱۹۵۰ با استفاده از مدل فیزیکی به بررسی الگوی جریان در قوس پرداخت. او مشاهده نمود که برای یک قوس با انحنای ملایم محل وقوع حداکثر سرعت در نیمه اول قوس به سمت جداره داخلی و با حرکت به سمت خروجی قوس به طرف جداره خارجی متمایل می شود. (شکری، ۱۹۵۰). راجر اتنام و ناواچوکرا در سال ۱۹۸۳ به بررسی اثر شکل مقطع آبشکن ها در مسیر مستقیم پرداخت و نتیجه گرفت که شکل مقطع آبستتگی تاثیر مهمی بر روی طول حفاظت شده دیوار دارد و برای یک آبشکن با مقطع قائم و نازک تیغه ای این فاصله برابر طول آبشکن بوده. در صورتی که مقطع نیمه استوانه ای یا دوزنقه ای معادل پنج برابر طول آبشکن است (اتنام و ناواچوکرا، ۱۹۸۳). گیل در سال ۱۹۷۲ در یک تحقیق آزمایشگاهی نشان داد که طول حفاظت شده یا فاصله بین آبشکن وابستگی زیادی به شعاع انحناء دارد. در مسیرهای تقریباً مستقیم طول پاره ای دیوارهای حفاظت شده در حدود پنج برابر طول آبشکن می باشد در حالی که در پیچ ها حدود یک تا دو برابر طول آبشکن خواهد بود و فاصله بین آبشکن ها باز بیشتر از بسته است (گیل، ۱۹۷۲).

### نرم افزار FLOW 3D و مدل ها:

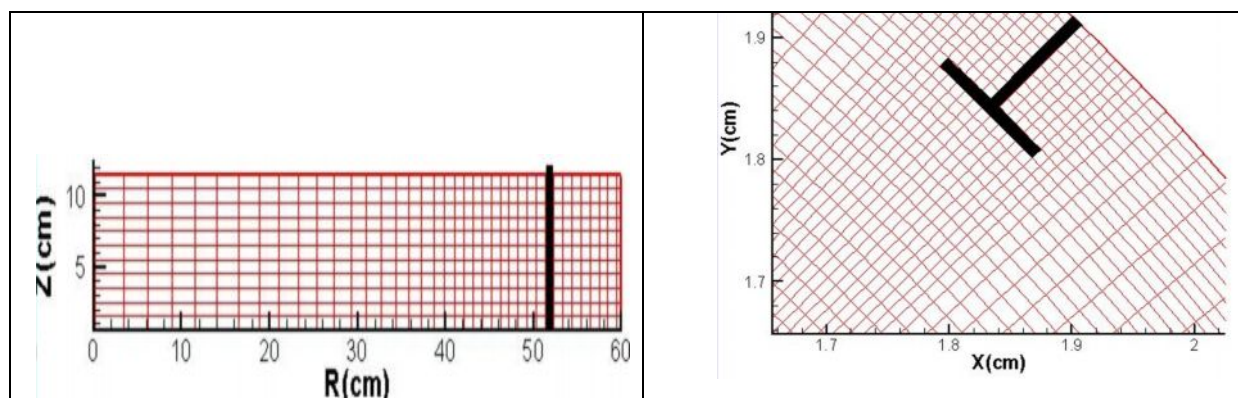
در این تحقیق برای بررسی الگوی جریان و آبستتگی از نرم افزار FLOW 3D استفاده می شود.

نرم افزار FLOW 3D یک نرم افزار قوی برای تحقیق در زمینه رفتار دینامیکی مایعات و گازها می باشد و برای کاربردهای وسیعی از جمله مدل سازی سازه های هیدرولیکی مانند کانال ها، آبشکن ها، سرریزها و ... طراحی شده است. این نرم افزار بر روی قوانین، بقای انرژی پایه گذاری شده و برای مسائل یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی کارایی دارد. این نرم افزار از روش حجم محدود در شبکه بندی با ساختار استفاده می نماید. از آنجایی که این نرم افزار برای مدل کردن سطح آزاد از روش VOF استفاده می کند، احتیاج به تعریف تابع حجم (F) دارد که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{V_s} \left[ \frac{\partial(FAXU)}{\partial x} + \frac{\partial(FAYV)}{\partial y} + \frac{\partial(FAZW)}{\partial z} \right] = FDIF \quad (1)$$

$$FDIF = \frac{1}{V_f} \left( \frac{\partial (VFAX \frac{\partial F}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial (VFAY \frac{\partial F}{\partial y})}{\partial y} + \frac{\partial (VF AZ \frac{\partial F}{\partial z})}{\partial z} \right) \quad (2)$$

که در آن  $V_f$  کسر حجم باز به جریان،  $\rho$  چگالی حجم سیال است. مؤلفه های سرعت  $(u, v, w)$  در جهات  $(x, y, z)$  می باشند.  $A_x$  سطح جریان در جهت  $x$  است.  $A_y$  و  $A_z$  بطور مشابه در جهت  $y$  و  $z$  می باشند. ضرب نفوذ بصورت  $V_F = C_F \mu$  می باشد که  $C_F$  یک عدد ثابت است. شکل  $F$  وابسته به نوع مسئله ای است که مدل می شود. مسائل غیر قابل تراکم شامل یک سیال با سطح آزاد یا دو سیال با سطح مشترک هستند. برای سیال یک فازی،  $F$  تابع حجم سیال است و بیانگر حجم اشغال شده توسط سیال می باشد. بنابراین  $F=1$  نشانگر وجود سیال و  $F=0$  نشانگر وجود حباب و حفره است از مدل های FLOW3D در زمینه ریخته گری مواد، مهندسی فرایند، آبستگي، هیدرولیک مهندسی، مهندسی محیط زیست، هوا و فضا، علوم دریایی، نفت، گاز و..... استفاده می شود. مدل طراحی شده برای نرم افزار FLOW 3D شامل یک کانال مستطیل شکل به عرض ۰/۶ متر و ارتفاع ۰/۷ متر می باشد که به وسیله نرم افزار اتوکد طراحی می شود و سپس به نرم افزار FLOW 3D انتقال می یابد. شعاع مرکزی انحنا قوس  $(R_c = 1.2)$  طراحی شده است که برای نسبت  $(R_c/b = 2)$  می باشد. و آبشکن ها به ابعاد  $9 \times 9$  سانتیمتر، با ارتفاع های ۱۲، ۱۰/۲، ۹ و ۶ سانتیمتر، با ضخامت ۱ سانتیمتر، و به صورت تی شکل (سر سپری) طراحی می شوند. که هر یک به ترتیب برای استغراق صفر، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ درصد مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین دبی جریان برابر ۲۵ لیتر بر ثانیه، عمق جریان معادل ۱۲ سانتیمتر و عدد فرود برابر ۰/۳۴ می باشد.

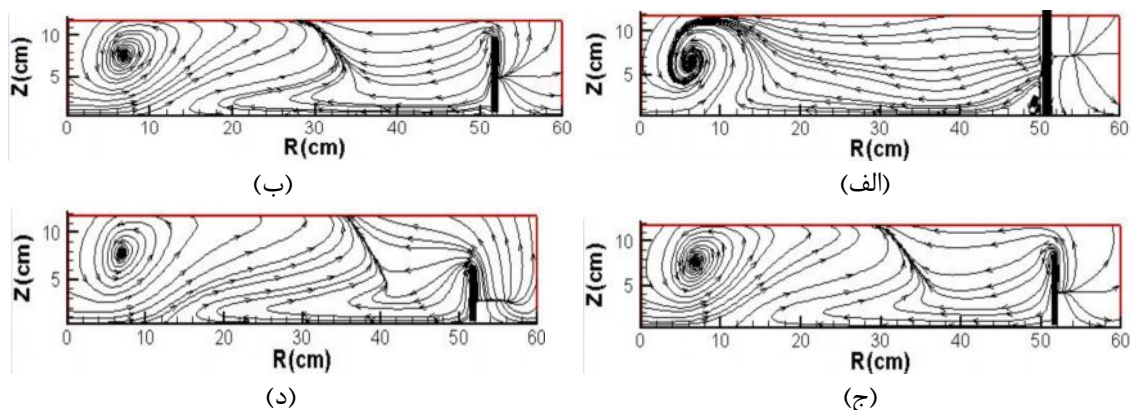


شکل (۱): نمایش شماتیک مش بندی کانال حول آبشکن در الف) سطح کانال ب) مقطع عرضی کانال

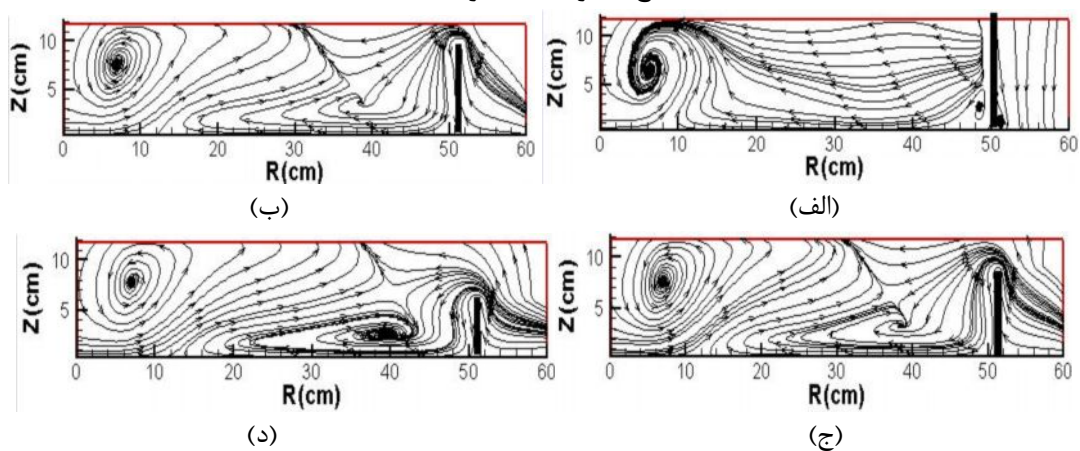
## متن اصلی

در این قسمت الگوی جریان و تغییرات سرعت پیرامون آبشکن تی شکل در قوس ۹۰ درجه تند  $(R_c/b=2)$  مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل (۲) و (۳) به بررسی الگوی عرضی جریان در دو مقطع ۴۴/۴ و ۴۵/۶ درجه که به ترتیب در بالا دست و پایین دست جان آبشکن قرار دارند پرداخته شده است در شکل (۱-الف) مشاهده می شود که به دلیل عدم استغراق آبشکن در فاصله بین بال آبشکن و دیواره خارجی سکون نسبی جریان به وجود آمده است. در فاصله آبشکن و ساحل داخلی جهت خطوط جریان به سمت ساحل داخلی است و شاهد ایجاد گردابه پاد ساعتگرد در فاصله ۶ سانتی متری دیواره داخلی هستیم. همچنین در اشکال (۲) و (۳) با افزایش درصد استغراق و به دلیل ورود جریان به قوس و در اثر به وجود آمدن گرادیان های فشار عرضی و اندرکنش آن با نیروی گریز از مرکز جریانی ثانویه شکل می گیرد، که شاهد به وجود آمدن این جریان های ثانویه در

اواسط کانال و ایجاد گردابه های پاد ساعتگرد در نزدیکی ساحل داخلی خواهیم بود که می توان وجود آبشکن و تنگ شدگی مقطع را در این امر دخیل دانست. در فاصله بین بال آبشکن تی شکل و ساحل خارجی در شکلهای (۳-ب)، (۳-ج) و (۳-د) شاهد جریان Up flow و عبور جریان از روی بال آبشکن هستیم که دلیل آن افزایش درصد استغراق آبشکن در شکل های ذکر شده است. با افزایش درصد استغراق همچنین شاهد افزایش شدت این جریان ها می باشیم. در شکل (۲-الف) مشاهده می شود که جهت خطوط جریان در فاصله بین بال آبشکن و دیواره خارجی به سمت کف کانال می باشد که به آن جریان Down flow می گوییم.

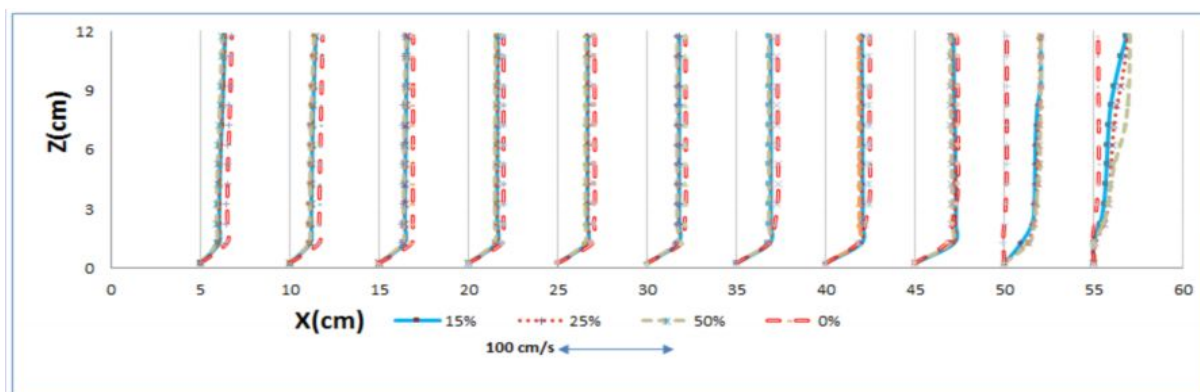


شکل (۲): تغییرات الگوی عرضی جریان در فاصله ۵ درصد طول جان آبشکن در بالا دست برای استغراق الف) صفر درصد ب) ۱۵ درصد ج) ۲۵ درصد د) ۵۰ درصد

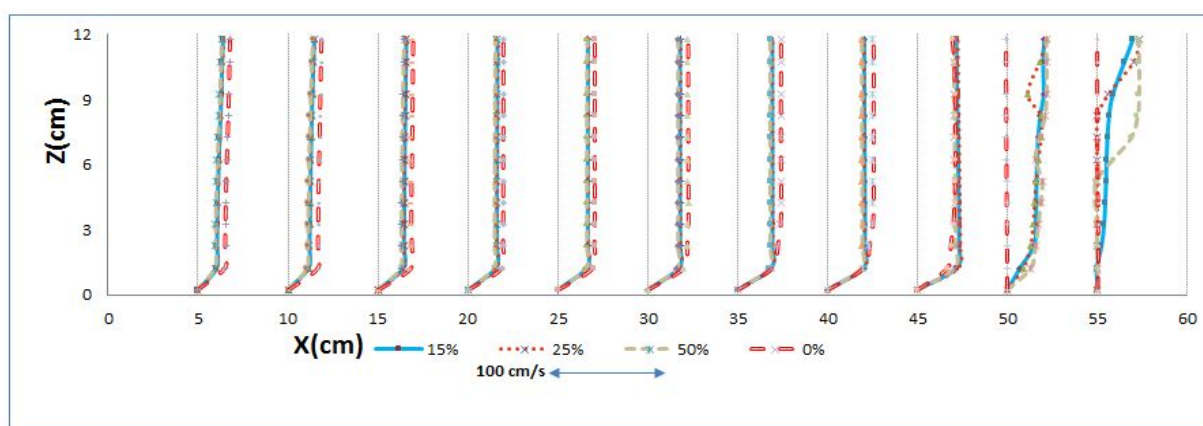


شکل (۳): تغییرات الگوی عرضی جریان در فاصله ۵ درصد طول جان آبشکن در پایین دست برای استغراق الف) صفر درصد ب) ۱۵ درصد ج) ۲۵ درصد د) ۵۰ درصد

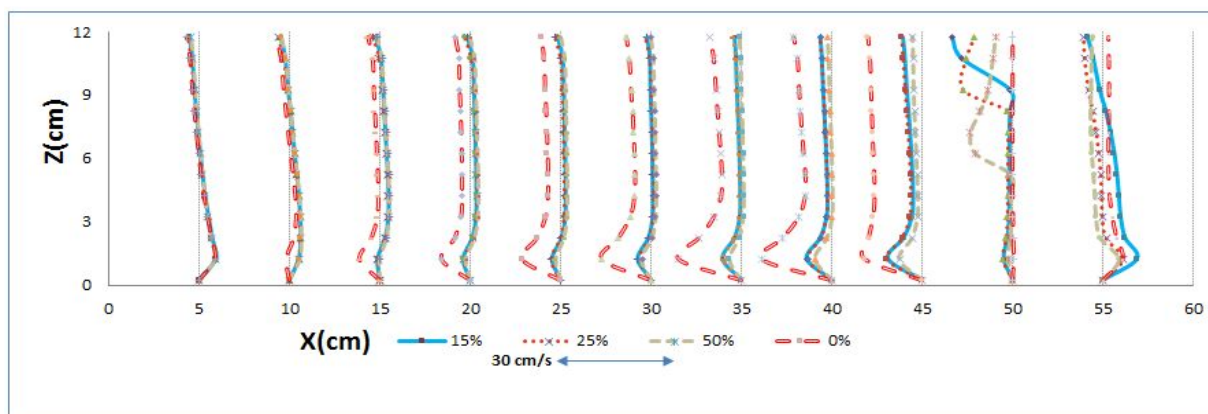
در اشکال (۴) و (۵) به بررسی سرعت طولی جریان در مقاطع عرضی کانال که به ترتیب در بالا دست و پایین دست آبشکن قرار دارند پرداخته می شود. در شکل های ذیل شاهد هستیم که بیشینه سرعت در فاصله لبه بالایی بال آبشکن تی شکل و ساحل خارجی کانال قرار می گیرد. در این شکل ها مشهود است که در محل قرارگیری آبشکن جریان دچار آشفتگی خواهد شد و همچنین مشاهده می شود که در بالا دست آبشکن سرعت بسیار بیشتر از پایین دست آبشکن است که نشان دهنده تاثیر آبشکن بر کاهش شدت جریان و همچنین کنترل جریان در پایین دست این سازه هیدرولیکی می باشد. در محل برخورد جریان با آبشکن همانگونه که انتظار می رفت سرعت جریان صفر خواهد بود همچنین در پایین دست آبشکن شدت جریان از دیواره ها فاصله گرفته و به سمت میانه کانال منحرف خواهد شد.



شکل (۴): پروفیل مولفه طولی سرعت در ۱۰ درصد طول جان آبشکن در بالا دست کانال برای ۴ درصد استغراق متفاوت

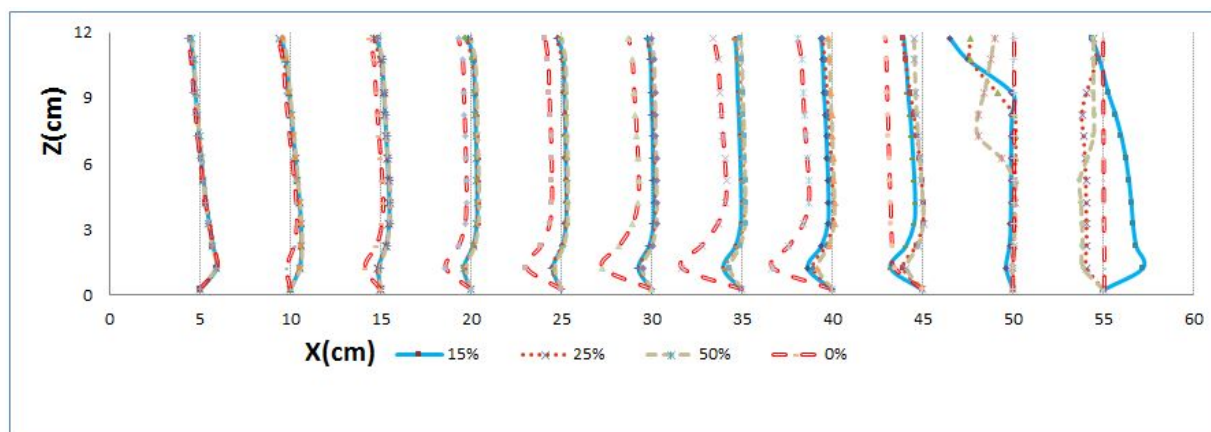


شکل (۵): پروفیل مولفه طولی سرعت در ۱۰ درصد طول جان آبشکن در پایین دست کانال برای ۴ درصد استغراق متفاوت

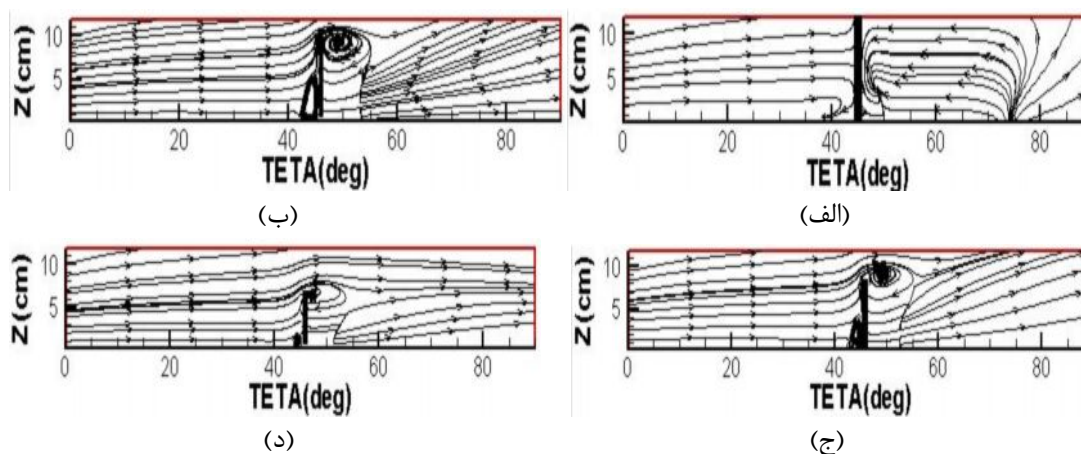


شکل (۶): پروفیل مولفه عرضی سرعت در ۱۰ درصد طول جان آبشکن در بالا دست کانال برای ۴ درصد استغراق متفاوت

در اشکال (۶) و (۷) به بررسی سرعت عرضی جریان در مقاطع عرضی کانال که به ترتیب در بالا دست و پایین دست آبشکن قرار دارند پرداخته می شود. در شکل های مذکور شاهد هستیم که بیشینه سرعت در فاصله لبه بالایی بال آبشکن تی شکل و ساحل خارجی کانال قرار می گیرد همچنین مشهود است که در محل فرارگیری آبشکن جریان دچار آشفتگی خواهد شد و همچنین مشاهده می شود که در بالا دست آبشکن سرعت بسیار بیشتر از پایین دست آبشکن است.

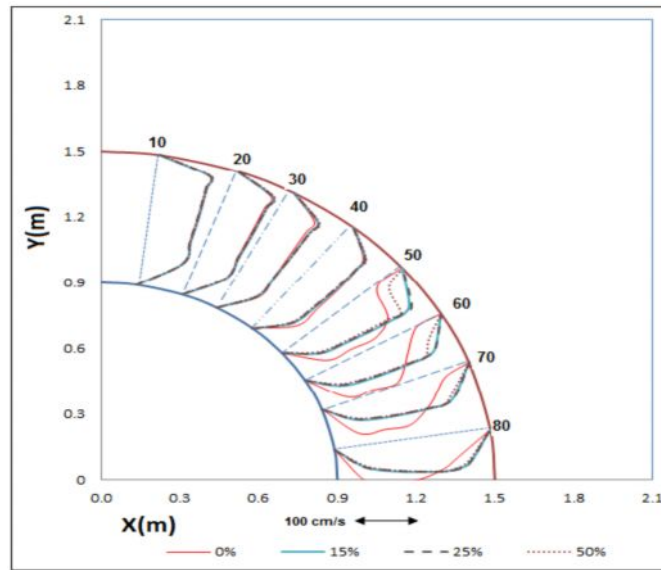


شکل (۷): پروفیل مولفه عرضی سرعت در ۱۰ درصد طول جان آبشکن در پایین دست کانال برای ۴ درصد استغراق متفاوت

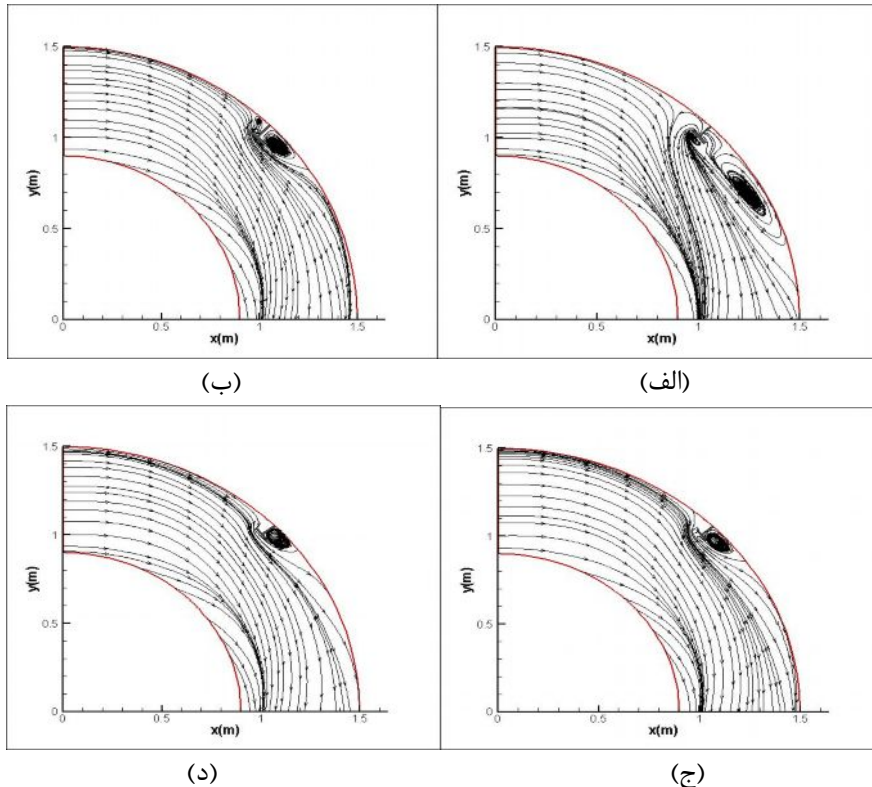


شکل (۸): الگوی جریان طولی در فاصله ۳/۵ درصد عرض کانال از دیواره خارجی قوس برای استغراق (الف) صفر درصد (ب) ۱۵ درصد (ج) ۲۵ درصد (د) ۵۰ درصد

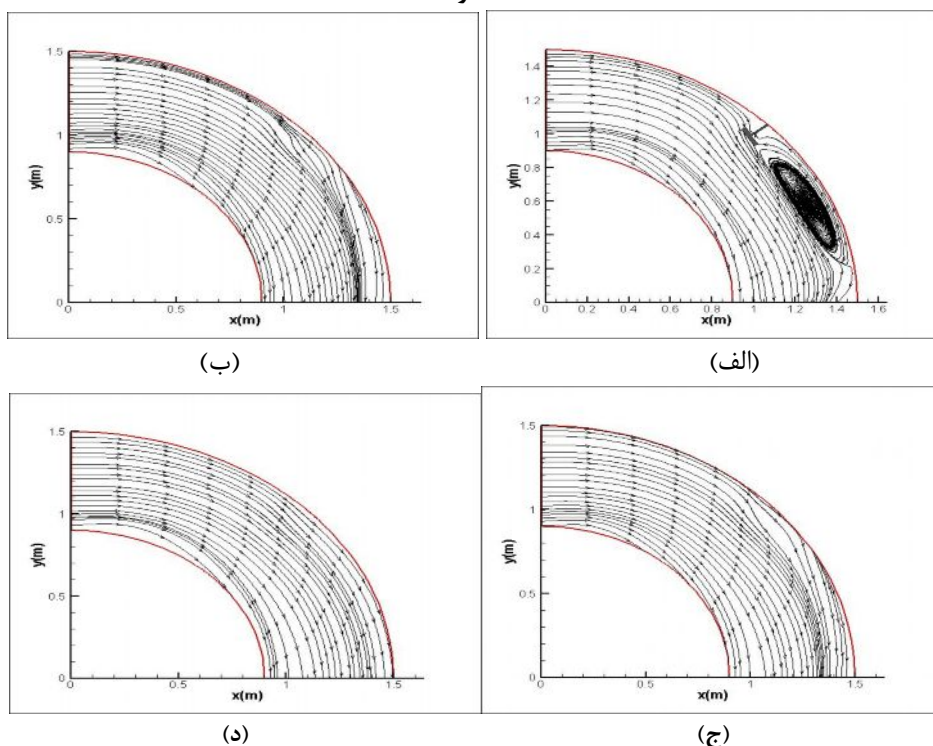
در شکل (۸) نمونه ای از الگوی طولی جریان در کانال با قوس تند در چهار استغراق مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. همانطور که در شکل (۸-الف) مشاهده می شود جهت خطوط جریان قبل از آبشکن از ابتدای کانال به سمت جان آبشکن است و پس از جان آبشکن به دلیل ایجاد گردابه شاهد بر عکس شدن جهت خطوط به سمت جان آبشکن خواهیم بود. در حالتی که این خطوط با آبشکن های مستغرق برخورد می کنند در محل آبشکن شاهد تشکیل گردابه ساعتگرد هستیم که از شدت این گردابه، با افزایش درصد استغراق کاسته می شود. در شکل (۹) به بررسی برآیند سرعت در استغراق های مختلف پرداخته شده است در نسبت استغراق های مختلف مشاهده می شود که سرعت در کنارهای کانال نزدیک به صفر است و هر چه به اواسط کانال نزدیک می شویم این سرعت افزایش می یابد و همانطور که انتظار می رود بیشترین سرعت در تمام نسبت های استغراق در مقاطع نزدیک به آبشکن مستقر در زاویه ۴۵ درجه رخ می دهد که دلیل آن تنگ شدن سطح مقطع کانال به علت وجود آبشکن تی شکل می باشد.



شکل (۹): تغییرات برآیند سرعت جریان در فاصله ۵۰ درصد عمق جریان از تراز کف برای درصد استغراق مختلف در شکل (۱۰) نمونه ای از چهار تراز نزدیک به کف کانال در کانال تند نشان داده شد است. در این شکل ها از جمله موارد مشهود تشکیل گردابه های پادساعتگرد در پایین دست و بالا دست آبشکن می باشد که این گردابه ها باعث کاسته شدن از سرعت جریان خواهد شد همچنین با افزایش درصد استغراق ابعاد گردابه های مذکور کاهش پیدا می کند. خطوط جریان در تراز نزدیک بستر به سمت ساحل خارجی انحراف می یابند. که این انحراف با افزایش درصد استغراق آبشکن تی شکل کاهش پیدا می کند. در شکل (۱۱) نمونه ای از چهار تراز نزدیک به سطح کانال در کانال تند نشان داده شد است. که از جمله موارد مشهود تشکیل گردابه های پادساعتگرد در پایین دست آبشکن در شکل (۱۱-الف) می باشد. در شکل (۱۱-ب) خطوط جریان به دلیل عبور از روی آبشکن تی شکل به سمت مرکز کانال منحرف می شوند و همچنین مشاهده می شود هرچه درصد استغراق آبشکن افزایش می یابد الگوی جریان به سمت الگوی جریان در کانال بدون آبشکن پیش می رود



شکل (۱۰): تغییرات الگوی جریان در فاصله ۵ درصد عمق جریان از تراز کف برای استغراق الف) صفر درصد ب) ۱۵ درصد ج) ۲۵ درصد د) ۵۰ درصد



شکل (۱۱): تغییرات الگوی جریان در فاصله ۹۵ درصد عمق جریان از تراز کف برای استغراق الف) صفر درصد ب) ۱۵ درصد ج) ۲۵ درصد د) ۵۰ درصد

### نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی اثر استغراق آبشکن تی شکل بر الگوی جریان در کانالهایی با شعاع انحناء ۲ پرداخته شده است. نتایج بیانگر این است که در قوس تند ( $R_c/b=2$ ) در مقاطع عرضی در پایین دست آبشکن گردابه پدید می آید که در فاصله ۸۹ درصد طول آبشکن از دیواره داخلی کانال شکل خواهد گرفت. در محل استقرار آبشکن شاهد ایجاد جریان های ثانویه و حلزونی خواهیم بود و همچنین این گردابه ها باعث کاهش شدت و سرعت جریان در پایین دست آبشکن می شود و تعداد این گردابه ها در حالت غیر مستغرق بیشتر است. در فاصله بال آبشکن و ساحل خارجی سکون نسبی جریان مشاهده می گردد. از جمله موارد مشهود دیگر این است که سرعت جریان در بالا دست آبشکن بسیار بیشتر از سرعت جریان در پایین دست آبشکن می باشد که نشان دهنده نقش آبشکن در کاهش سرعت می باشد همچنین در حالت غیر مستغرق نسبت به حالت مستغرق، این کاهش سرعت بیشتر مشهود است. آبشکن باعث انتقال شدت جریان از دیواره های کانال به سمت میانه کانال می باشد که باعث حفاظت دیواره ها خواهد شد. در تراز های سطح کانال مشاهده می گردد که با افزایش درصد استغراق آبشکن تی شکل، الگوی رفتاری جریان شباهت بسیاری به الگوی جریان در کانال های بدون آبشکن خواهد داشت که با افزایش درصد استغراق این شباهت ها بیشتر مشاهده می گردد.

### منابع

- ۱- عباس پور مرتضی ، واقفی محمد ، قدسیان مسعود " بررسی اثر نسبت استغراق آبشکن های تی شکل مستغرق در قوس ۹۰ درجه بر توپوگرافی بستر " نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران ، آبان ماه ۱۳۸۹ دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- موسوی نائینی سید عباس ، واقفی محمد و قدسیان مسعود " تاثیر موقعیت استقرار آبشکن تی شکل مستغرق در قوس ۹۰ درجه با بستر تخت بر تغییرات ورتیسیته پیرامون آبشکن " هشتمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، آذرماه ۱۳۸۸، دانشگاه تهران



۳- ناجی ابهری ماندانا و قدسیان مسعود " شبیه سازی عددی الگوی جریان در قوس ۹۰ درجه با استفاده از نرم افزار سیم " چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران ، اردیبهشت ۱۳۸۷ ، دانشگاه تهران

۴- واقفی محمد، قدسیان مسعود " بررسی اثر طول بال آبشکن T شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه بر میزان آبستگي اطراف آنها " هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی رودخانه، بهمن ماه ۱۳۸۸، دانشگاه اهواز.

۵- واقفی محمد و قدسیان مسعود " تاثیر تنگ شدگی مقطع بر تغییرات توپوگرافی بستر ناشی از آبشکن تی شکل مستقر در انتهای قوس ۹۰ درجه " پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران ، دانشگاه مشهد ، اردیبهشت ۱۳۸۹

6- Gill M. A " Erosion of sand Beds around spur dike" Journal of Hydraulic Divison ,1972. VoL. 98, NO. Hy9

7- Rajaratnam N and Nwachukwu B.A " Erosion near Groin –lik structures".Journal of Hydrau Research, 1983,21(4),277-287.

8- Shukry A " Flow around bends in an open flume " Transactions ASCE (1950) Vol