

## اثر زاویه آبیاری بر کنترل رسوب در دهانه آبیگر در قوس U شکل همراه با آبشکن و دیوار جداکننده

حسن گلیج<sup>۱</sup>، امیر حمزه حقی آبی<sup>۲</sup>، مجتبی صانعی<sup>۳</sup>، حجت الله یونسی<sup>۴</sup>

مقاله برگرفته از پایان نامه دوره دکترا

### چکیده

یکی از اهداف اصلی آبیگری از قوس رودخانه، هدایت دبی جریان بیشینه توام با رسوب کمینه به دهانه آبیگر است. بنابراین موقعیت و زاویه آبیگری از قوس رودخانه با وجود سازه‌های کنترل رسوب از مهمترین پارامترهایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در این پژوهش، با انجام مطالعه آزمایشگاهی در یک کانال U شکل، به بررسی تاثیر تغییر زاویه آبیگری با وجود سازه‌های آستانه و دیوار جداکننده ۱۰ درجه در سه درصد آبیگری ۱۷، ۲۱ و ۲۶ درصد پرداخته شد. نتایج نشان داد مقدار عدد فرود ورودی جریان با کاهش زاویه آبیگری، کمتر می‌گردد. همچنین با افزایش زاویه آبیگری از ۴۵ به ۷۵ درجه مقدار رسوب ورودی به آبیگر جانبی افزایش می‌یابد، بطوریکه با ترکیب سازه آستانه و دیوار جداکننده، مقدار رسوب و روی به آبیگر نسبت به حالت شاهد بیشتر کاهش می‌یابد. با افزایش زاویه آبیگری از ۴۵ به ۷۵ درجه در تمامی درصدهای آبیگری عرض جدایی جریان در سطح آب کاهش می‌یابد. بررسی قدرت جریان ثانویه در امتداد دهانه آبیگر نشان داد که در تمامی حالت‌های آزمایش، کاهش زاویه آبیگری از ۷۵ درجه به ۴۵ درجه، باعث می‌شود که قدرت جریان ثانویه در امتداد دهانه آبیگر کاهش کمتری یابد و در نتیجه، رسوب کمتری وارد دهانه آبیگر شود.

**واژه‌های کلیدی:** قوس رودخانه، ناحیه جدایی جریان، عدد فرود، آبیگر جانبی.

۱- دانشجو دکتری سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، محل سکونت: تهران، نواب، خیابان مرتضوی، بالاتر از جیحون، پلاک ۶۷۰، تلفن تماس: ۰۹۱۱۶۷۸۲۵۵۸، پست الکترونیکی: hassan\_goleij37@yahoo.com

۲- استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان، تلفن تماس: ۰۹۱۶۱۶۱۰۵۸۰، پست الکترونیکی: haghiahi.a@lu.ac.ir

۳- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تلفن تماس: ۰۹۱۲۳۲۴۶۸۷۷، پست الکترونیکی: Saneie\_m@scwmri.ac.ir

۴- استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان، تلفن تماس: ۰۹۱۶۶۶۱۳۴۰۸، پست الکترونیکی: yonesi.h@lu.ac.ir (نویسنده مسئول)

## مقدمه

مطالعه بر روی رودخانه‌ها بصورت کلاسیک و تحقیق در مورد موضوعات مختلف مهندسی رودخانه، سابقه چندین طولانی نداشته و علمی جوان نسبت به سایر زمینه‌های مهندسی آب بحساب می‌آید. بطور کلی می‌توان عملیات مهندسی رودخانه را به سه گروه تقسیم بندی نمود: الف) اصلاح و تنظیم مقاطع طولی و یا عرضی رودخانه ب) اصلاح و تنظیم دبی جریان ج) اصلاح و تنظیم سطح تراز آب. فرایندهای فرسایش ساحل به طور مستقیم به مهاجرت جانبی آبراهه های آبرفتی مربوط می‌شود. اندرکنش نیروهای فعال حاصل از جریان آب و نیروهای مقاوم به جریان ناشی از مواد بستر باعث فرسایش ساحل می‌شود. نیروهای هیدرودینامیکی در خم رودخانه‌ها جریان های ثانوی به وجود می‌آورند که خطوط جریان سطحی را به سمت ساحل بیرونی و خطوط جریان نزدیک به بستر را به سمت ساحل داخلی منحرف می‌سازند. این وضعیت برای حرکت کشتیها در رودخانه های مئاندری مشکلاتی را بوجود می‌آورد. در مقطع جریان در امتداد قائم، خطوط جریان مجاور ساحل بیرونی بطرف پایین و خطوط جریان پشته متمرکز داخلی بطرف بالا هستند در نتیجه پایداری ذره در نزدیکی ساحل خارجی بهم می‌خورد و بستر رودخانه گود می‌شود و از طرف دیگر در مجاورت پشته متمرکز داخلی به پایداری ذره اضافه می‌شود و تراز بستر افزایش پیدا می‌کند. آبشستگی در پنجه ساحل خارجی، خط القعر را به بطرف ساحل بیرونی خم جابجا می‌کند و شیب ساحل را افزایش می‌دهد که در نهایت به شکست ساحل می‌انجامد. از آنجایی که بیشتر تحقیقات انجام شده در رابطه با حفاظت ساحل خارجی و انتخاب محل مناسب آبگیر در محدوده ساحل خارجی، همچنین در رودخانه‌های با دبی زیاد جهت انجام امور کشتیرانی در پیچانرودها با استفاده از قوس‌های ملایم و با کمک مدل‌های عددی انجام شده است.

اطلاع از ساختار یا الگوی جریان در بسیاری از پدیده‌های هیدرولیکی بخصوص سازه‌های آبگیر بسیار ضروری است، زیرا میزان دبی جریان و نیز رسوب ورودی به آبگیر تا حد زیادی به خصوصیات این الگو بستگی دارد. پیش بینی شرایط الگوی جریان کمک خواهد کرد تا مهندسین طراح، در شرایط بار آبی یکسان آبگیرها را با بیشترین دبی

و کمترین رسوب انحرافی طراحی و یا روش‌های مناسب کنترل رسوب ورودی به آبگیرها را در نظر گیرند. مشخصه اصلی جریان در خم رودخانه‌ها وجود جریان حلزونی است که بر اثر اختلاف نیروهای گریز از مرکز بین لایه‌های بالایی و پایینی جریان ایجاد می‌شود. وجود این جریان باعث می‌شود که تمایل بردارهای سرعت در سطح آب به طرف قوس خارجی و در کف به طرف قوس داخلی باشد و همین پدیده باعث انتقال بار بستر به طرف قوس داخلی می‌شود. بنابراین جانمایی آبگیر در قوس خارجی رودخانه یکی از راه‌های کاهش رسوب ورودی به آبگیرهای جانبی است. مطالعات متعددی روی الگوی جریان در آبگیری از مسیرهای مستقیم صورت گرفته است. Blench و همکاران (۱۹۵۲) را می‌توان جزو اولین پژوهشگرانی عنوان کرد که در زمینه الگوی جریان در دهانه آبگیر و جریان‌های انحرافی مطالعاتی را انجام داده اند، براساس ۱۴ سال پژوهش بر روی ۱۱ آبگیر، بهترین محل را درست در پایین دست طرف مقعر خم رودخانه پیشنهاد کردند. نظری و شفافی بجستان (۲۰۱۱) اثر همگرایی قوس را بر زاویه آبگیر در قوس ۹۰ درجه بررسی نمودند. در مطالعات ایشان تحت ۵ زاویه آبگیری ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه در موقعیت ۶۰ درجه از قوس، شرایط آبگیری و میزان رسوبات ورودی مورد مطالعه قرار گرفت. تمامی آزمایشات تحقیق در شرایط زیر بحرانی شکل گرفته و قطر میانگین رسوبات آزمایش ۱ میلی‌متر بود. نتایج نشان می‌دهد که برای تأمین شرایط هیدرولیکی مناسب یعنی درصد دبی آبگیری کافی و حداقل رسوب ورودی به آبگیر زاویه ۴۵ درجه در موقعیت ۶۰ درجه از قوس ۹۰ درجه همگرا، مناسب می‌باشد. منتصری و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از الگوی جریان جلوی آبگیر نشان دادند در یک کانال U شکل، عرض مجرای جریان جلوی آبگیر که در لایه‌های بالایی بیشتر از لایه‌های پایینی جریان است، در نزدیک سطح، مقداری کاهش می‌یابد همچنین حداکثر قدرت جریان ثانویه در مقطع ۴۵ درجه از قوس قرار دارد و یک حداکثر نسبی نیز در مقطع ۱۳۰ درجه وجود دارد. عطارزاده و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی آزمایشگاهی تاثیر آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب در آبگیر ۹۰ درجه پرداختند. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان

موقعیت و زاویه انحراف آبگیر را بر میزان رسوب ورودی به آبگیر بررسی کردند. ابوالقاسمی (۲۰۰۶) در تحقیقی اثر زاویه آبگیری ( $\beta$ ) را بر نسبت انحراف رسوب در دو زاویه حدی ۵۲ و ۹۰ درجه، به ازای دبی‌های مختلف و نسبت‌های انحراف جریان متفاوت مورد بررسی قرار داد. نتایج مطالعات وی نشان می‌دهد که ظرفیت آبگذری در زاویه آبگیری ۵۲ درجه نسبت به زاویه ۹۰ درجه، حدود ۲۱ درصد در دبی‌های مختلف افزایش داشته است. Hashied و همکاران (۲۰۱۵) به صورت تحلیلی و آزمایشگاهی جریان عبوری از آبگیرهای دایره‌ای شکل را با و بدون تبدیل زنگوله‌ای بررسی نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان می‌دهد ضریب شدت جریان این نوع آبگیرها در شرایط جریان یکنواخت به عدد فرود جریان متمایل به آبگیر و نسبت عرض روزنه به عرض کانال آبگیر بستگی خواهد داشت.

با توجه به خلاصه پژوهش‌ها می‌توان گفت که مطالعات قبلی بیشتر روی استفاده از صفحات مستغرق، آستانه و آبشکن و یا اصلاح دهانه آبگیر جهت جلوگیری از ورود رسوب و افزایش راندمان آبگیری متمرکز بوده است و اثر تغییر زاویه آبگیری بر روی پارامترهای آبگیری همراه با سازه‌های کنترل رسوب در قوس ۱۸۰ درجه کمتر مورد تحقیق قرار گرفته است. لذا، این پژوهش با هدف بررسی اثر تغییر زاویه آبگیری بر کنترل رسوب ورودی و افزایش راندمان آبگیری آبگیر واقع بر قوس ۱۸۰ درجه با استفاده از دیوار جدا کننده و ترکیب آن با سازه‌ی آستانه انجام خواهد گرفت.

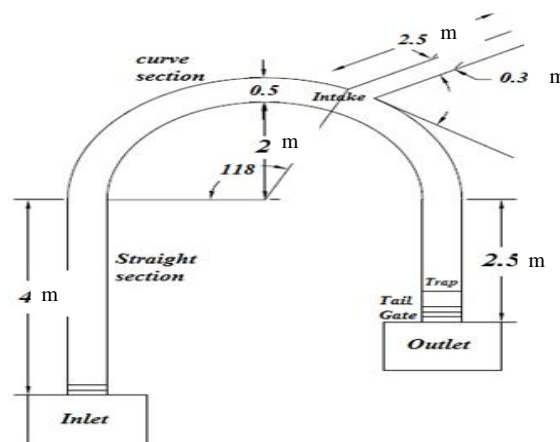
#### مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در کانالی با قوس مرکزی ۱۸۰ درجه و شعاع متوسط ۲/۰۴ متر و با عرض ۰/۵ متر انجام گرفته است. شکل (۱) نمایی از کانال آزمایشگاهی موجود را نشان می‌دهد. در قسمت بالادست قوس یک کانال مستقیم به طول ۴ متر و در پایین دست قوس کانال مستقیمی به طول ۲/۵ متر وجود دارد. جداره‌ها و کف کانال از جنس پلکسی گلاس بود. در موقعیت ۱۱۸ درجه از قوس، کانال آبگیر با زوایای ۴۵ و ۷۵ درجه نسبت به امتداد جریان در کانال اصلی استفاده گردید. عرض و طول کانال آبگیر به ترتیب ۳۰ سانتیمتر و ۲/۵ متر می‌باشد. دبی جریان در کانال اصلی و فرعی به ترتیب توسط سرریزهای مثلثی و مستطیلی استاندارد که در

داد که هر یک از سازه‌های مذکور تاثیرات قابل توجه‌ای بر عرض جدایی جریان و کنترل رسوب ورودی به آبگیر دارند. تاثیر آبشکن و صفحات مستغرق بر عرض جدایی جریان بسیار بیشتر است در حالیکه در کنترل رسوب ورودی به آبگیر، تاثیر آبشکن بیش از بقیه است و در حالت استفاده همزمان از آبشکن و آستانه نسبت رسوب انحرافی به آبگیر نسبت به حالت استفاده از فقط آستانه، بیش از ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. داوودی و شفافی بجستان (۲۰۱۲) به بررسی کنترل رسوب با استفاده از صفحات مستغرق در مقابل آبگیر جانبی در کانال‌های دوزنقه‌ای پرداختند. نتایج آزمایشات آنان نشانگر آن است که صفحات مستغرق قادر به اصلاح الگوی جریان در مقابل آبگیر بوده و ورود رسوب به آبگیر را تا ۳۱٪ کاهش می‌دهند. گوهری و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر آبشکن و صفحات مستغرق بر خط جدایی جریان در آبگیرهای جانبی پرداختند. بیگی پور و همکاران (۲۰۱۳) عملکرد صفحات مستغرق را در شرایط فاصله صفحات مستغرق از آبگیر جانبی با نصب آن‌ها در زوایای مختلف در برابر جریان بررسی نمودند. دالوند و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه عددی تأثیر همزمان آبشکن و صفحات مستغرق بر خط جدایی جریان در آبگیرهای ۹۰ درجه پرداختند. نتایج حاصل از مدل نشان داد که خط جدایی جریان در سطح در حضور آبشکن و صفحات مستغرق ۶۳ درصد نسبت به حالت بدون کاربرد سازه‌ها افزایش می‌یابد. Dey و همکاران (۲۰۱۷) به مطالعه آزمایشگاهی روی فرسایش ساحل و حفاظت به وسیله صفحات مستغرق قرار گرفته در یک زاویه بهینه از کانال U شکل پرداختند. بهرامی و شفافی بجستان (۲۰۱۶) با قرار دادن صفحات مثلثی شکل در ساحل رودخانه به مدیریت رسوب و بررسی الگوهای جریان در خم رودخانه پرداختند. Ouyang and Lu (۲۰۱۶) به بهینه‌سازی فاصله‌ی بین صفحات مستغرق در عرض رودخانه در جهت حفاظت از سواحل در قوس رودخانه پرداختند. واقفی و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل SSIIM به بررسی اثر فاصله بین آبشکن‌های T شکل بر روی میدان جریان و الگوی آبشستگی در قوس ۹۰ درجه پرداختند. دهقانی و همکاران (۱۳۸۵) به مطالعه کنترل رسوب در آبگیری جانبی از قوس ۱۸۰ درجه در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس پرداختند و در ۵ موقعیت آبگیری ۹۰، ۱۰۲، ۱۱۵، ۱۳۵ و ۱۵۰ درجه از قوس با زوایای آبگیری ۴۵، ۶۰ و ۷۵، تأثیر

انتهای کانال تنظیم می‌شد. در ابتدای آزمایش لایه‌ای به ضخامت ۱۵ سانتیمتر از ماسه یکنواخت با قطر متوسط ۱ میلی‌متر در کل کانال گسترده می‌گردد. سطح رسوب توسط یک صفحه فلزی که به ارابه متصل شده است صاف می‌شود. در ابتدا برای راه‌اندازی آزمایشات، دریچه انتهایی کانال اصلی بالا آورده شده و آب به آرامی وارد کانال می‌گردد تا سطح آب تا حد مورد نظر بالا آید. سپس پمپ به تدریج باز می‌گردد تا دبی جریان به دبی مورد نظر برسد و در نهایت با تنظیم دریچه‌های انتهایی کانال اصلی و آبگیر جانبی درصد آبگیری به مقدار مورد نظر رسانیده می‌شود. آزمایشات تا زمانی ادامه می‌یابد که بستر کانال به حالت تعادل رسیده باشد. حالت تعادل نیز زمانی است که نسبت رسوب منحرف شده به داخل آبگیر به رسوب جابجا شده تا دهانه آبگیر به میزان ثابتی برسد و ابعاد ناهمواری‌های بستر نیز با زمان زیاد تغییر ننماید. پس از انجام هر آزمایش بستر و میزان رسوب ورودی به آبگیر اندازه‌گیری می‌گردد.

انتهای مخازن کانال اصلی و فرعی وجود دارد، اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها در دو فاز انجام پذیرفته است. در مرحله اول آزمایش‌ها، پروفیل سرعت در کانال با آبگیر جانبی اندازه‌گیری شده است. در این مرحله از آزمایشات هدف بررسی الگوی جریان در کانال U شکل با آبگیر جانبی بود. برای برداشت سرعت جریان در طول و عرض فلووم در موقعیت‌های مختلف با استفاده از دستگاه فلومگنت (Flow magnet) در دو بعد استفاده گردید. در فاز دوم آزمایش‌ها، پروفیل بستر در کانال با آبگیر جانبی اندازه‌گیری شد که هدف از انجام این فاز از آزمایش‌ها، بررسی پروفیل بستر و کنترل رسوب ورودی به آبگیر بود. پروفیل بستر نیز توسط دستگاه Bed Profiler که دارای سنسور الکترومغناطیس است برداشت می‌شود. همچنین جریان آب از مخازن زیرزمینی موجود در کف آزمایشگاه به مخزن ورودی کانال پمپ شده و سپس به درون کانال هدایت می‌شود. سطح آب درون کانال نیز با یک دریچه در



شکل ۱- نمایی از کانال آزمایشگاهی

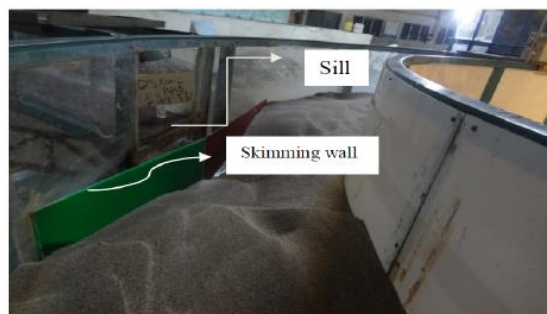
این سازه با زاویه مشخص در بالادست و در طول آبگیر جانبی در اجرای آزمایشات جانمایی می‌شود. زاویه در نظر گرفته شده برابر ۱۰ درجه می‌باشد. با توجه به پیشنهاد Barkdoll و همکاران (۱۹۹۹) مقدار استغراق دیوار جداکننده برابر  $0/3$  عمق جریان بالادست کانال آبگیر می‌باشد که در این تحقیق ۴ سانتی متر در نظر گرفته شد.

### جانمایی سازه‌ها

آستانه

نصب آستانه در ورودی آبگیر که دارای ارتفاعی معادل ۳۰ درصد عمق نرمال جریان بالادست کانال اصلی است، رسوب ورودی به آبگیر را کنترل می‌کند (عطارزاده و همکاران، ۱۳۹۴) که در این تحقیق  $3/5$  سانتی متر در نظر گرفته شد.

سازه‌ی Skimming Wall



شکل ۲- سازه‌های کنترل رسوب، الف) آبشکن ب) آستانه و Skimming Wall

### برنامه‌ی آزمایش‌ها

نام آزمایشات و سازه‌های به کار رفته در جدول (۱)، نشان داده شده است.

جدول ۱- جزئیات آزمایشات

نام آزمایش	سازه‌ی به کار رفته
A	شاهد
B	آستانه
C	آستانه - Skimming Wall

جدول (۲) دامنه تغییرات پارامترهای آزمایشی را در این تحقیق نشان می‌دهد.

جدول ۲- دامنه تغییرات پارامترهای آزمایشی

پارامتر	مقدار
دبی جریان	۲۰-۱۲ لیتر بر ثانیه
عمق جریان	۱۲-۶ سانتی متر
عدد فرود	$Fr < 0.5$
نسبت آبگیری	۱۷ و ۲۶ درصد

رابطه بین دبی بار بستر ورودی به آبگیر و عوامل موثر بر آن است.

(۱)

$$Q_{SI} = f(Q_{SM}, Q_M, Q_L, y_M, U_M, B_M, B_L, S_M, D_{50}, \delta_g, t, \rho, \rho_s, g, \nu, \alpha, \theta, k_s, H_s)$$

بر اساس روش باکینگهام و با حذف عوامل ثابت در تحقیق، با تعیین ابعاد مسئله و انتخاب متغیرهای تکراری، به پارامترهای بی‌بعد مستقل و موثر بر میزان رسوب ورودی به آبگیر خواهیم رسید که رابطه (۲) آن به شکل زیر خواهد بود:

$$G_r = \frac{Q_{SI}}{Q_{SM}} = f\left(\frac{Q_L}{Q_M}, Fr_M, \theta\right) \quad (2)$$

### تحلیل ابعادی

متغیرهای مؤثر در میزان دبی بار بستر ورودی به کانال آبگیر ( $Q_{SI}$ ) به شرح زیر می‌باشند:

$Q_{SM}$ : دبی بار بستر کانال اصلی،  $Q_M$ : دبی جریان در کانال اصلی،  $Q_L$ : دبی جریان در کانال آبگیر،  $y_M$ : عمق جریان در کانال اصلی،  $U_M$ : سرعت در بالادست کانال اصلی،  $B_M$ : عرض کانال اصلی،  $B_L$ : عرض کانال آبگیر،  $S_M$ : شیب کانال اصلی،  $D_{50}$ : قطر متوسط بار بستر،  $\delta_g$ : انحراف معیار رسوبات بستر،  $g$ : شتاب ثقل،  $\rho$ : جرم حجمی آب،  $\rho_s$ : جرم حجمی رسوبات،  $\theta$ : لزجت سینماتیک،  $\alpha$ : زاویه آبگیری،  $H_s$ : ارتفاع زاویه دیوار جداکننده،  $t$ : زمان آزمایش، و  $k_s$ : ارتفاع آستانه، بنابراین می‌توان گفت که رابطه (۱) نشان دهنده

بررسی تغییرات عدد فرود با زاویه آبیاری در  
نسبت‌های آبیاری مختلف  
برای بررسی اثر زوایای آبیاری بر مقدار عدد فرود  
جریان شکل‌های (۳) ترسیم گردید.

$G_r$  نسبت رسوبات ورودی به کانال آبیگر به رسوبات  
عبوری از کانال اصلی،  $Q_r = \frac{Q_i}{Q_M}$  نسبت دبی انحرافی  
کانال آبیگر به کانال اصلی،  $Fr_u$  عدد فرود در بالادست  
آبیگر.

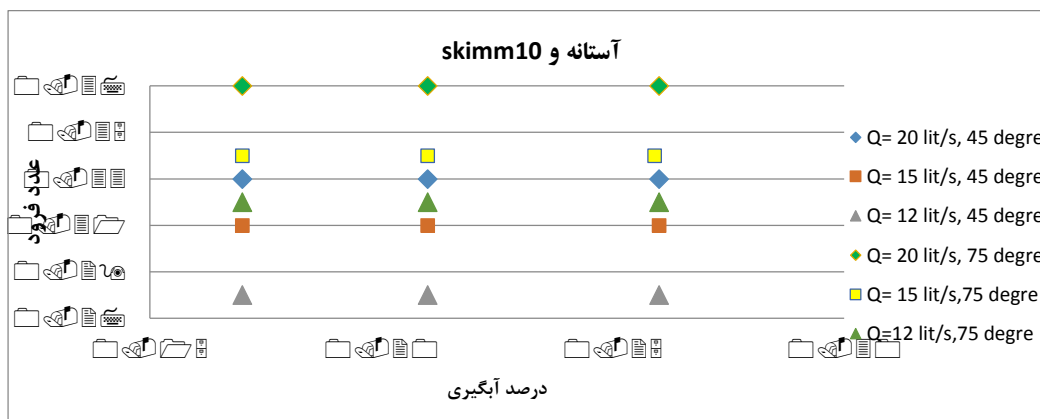
نتایج و بحث



(الف)



(ب)



(ج)

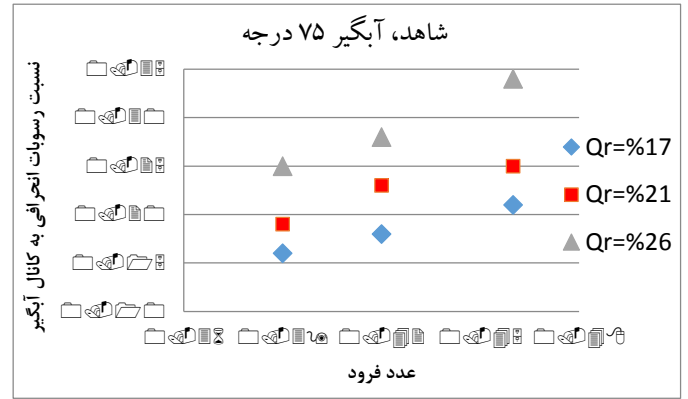
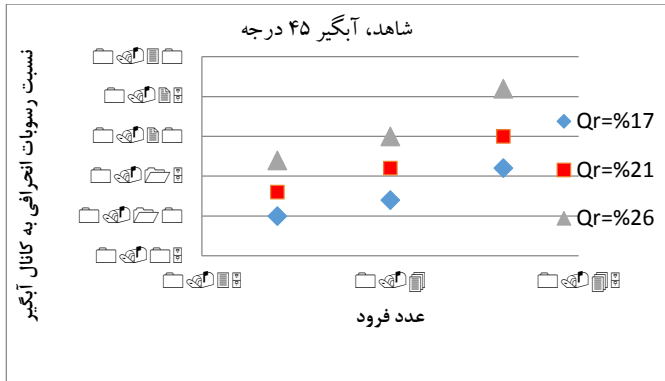
شکل ۳- تغییرات عدد فرود با درصد آبیاری با کاربرد سازه‌های کنترل با زوایای مختلف آبیاری

افزایش دبی ورودی مقدار عدد فرود جریان افزایش پیدا کرده است.

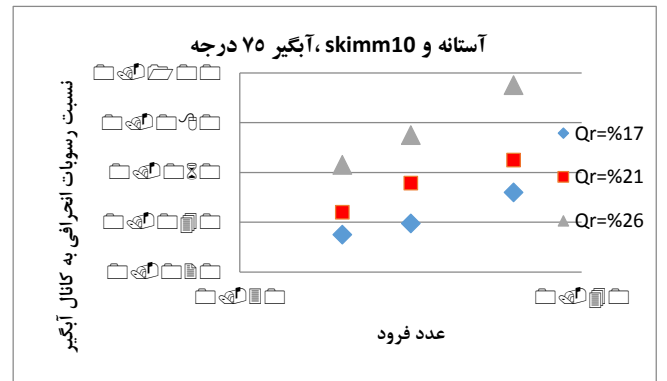
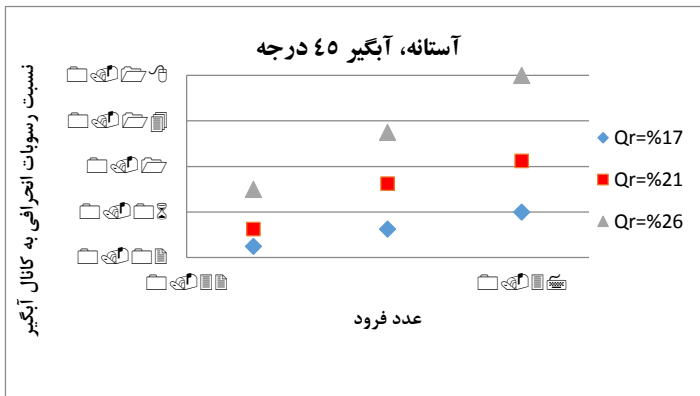
### بررسی پارامترهای موثر بر $G_r$ در نسبت‌های آبیاری مختلف

برای نشان دادن تاثیر عدد فرود بر  $G_r$ ، تغییرات آن در مقابل عدد فرود برای درصد‌های مختلف آبیاری مختلف ترسیم گردید. شکل (۴) نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد.

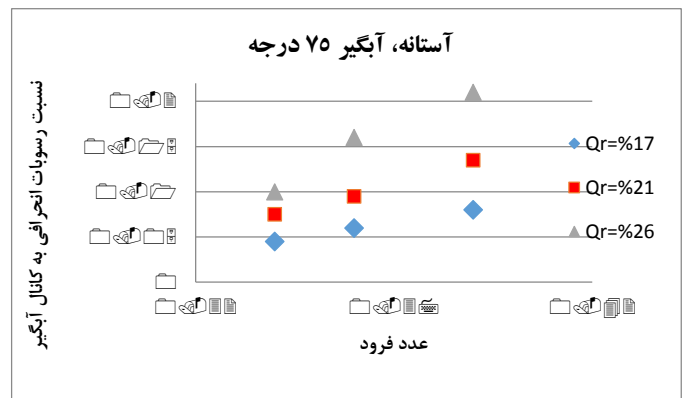
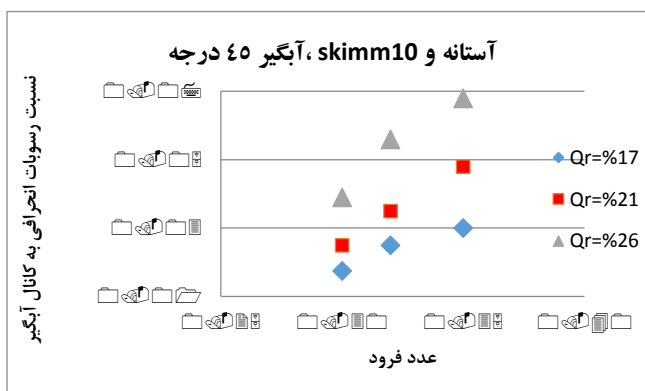
با توجه به شکل‌های (۳) مشخص است که در تمامی دبی‌های کانال اصلی مقدار عدد فرود برای زاویه آبیاری ۷۵ درجه نسبت به زاویه ۴۵ درجه در یک درصد آبیاری ثابت بیشتر بوده است. همچنین مشخص شد که با افزایش درصد آبیاری مقدار عدد فرود در یک دبی مشخص ثابت بوده ولی در یک درصد آبیاری ثابت، با



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۴- تغییرات  $G_r$  با عدد فرود برای درصد‌های مختلف آبیاری با کاربرد سازه‌های کنترل رسوب

همچنین برای نشان دادن تاثیر زاویه آبیاری بر مقدار  $G_r$  در حالت‌های مختلف آزمایش شکل‌های (۵) ترسیم گردید.

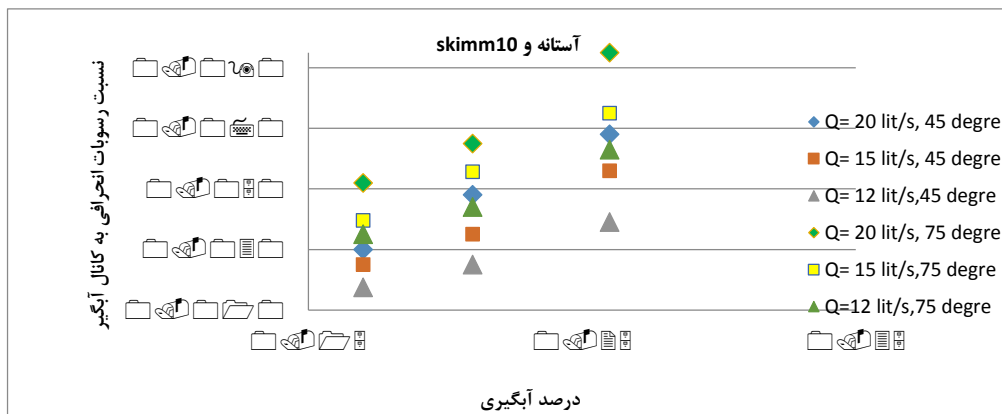
با توجه به شکل (۴) مشخص است که در تمامی حالت‌های آزمایش برای درصد آبیاری ثابت با افزایش مقدار عدد فرود ورودی (دبی جریان)، مقدار  $G_r$  افزایش یافته است. همچنین با افزایش درصد آبیاری برای یک عدد فرود ثابت مقدار  $G_r$  افزایش می‌یابد.



(ب)



(ب)



(ج)

شکل ۵- تغییرات  $G_r$  با درصدهای مختلف آبیاری برای زوایای مختلف آبیاری با دبی جریان ورودی مختلف.

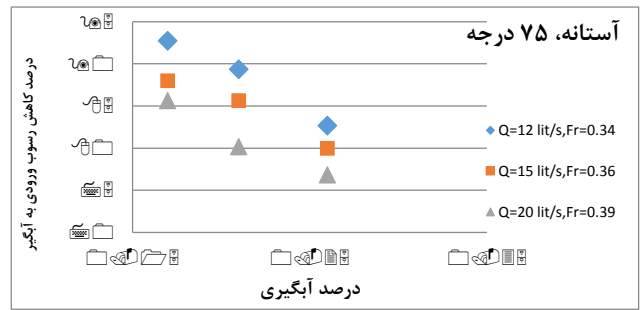
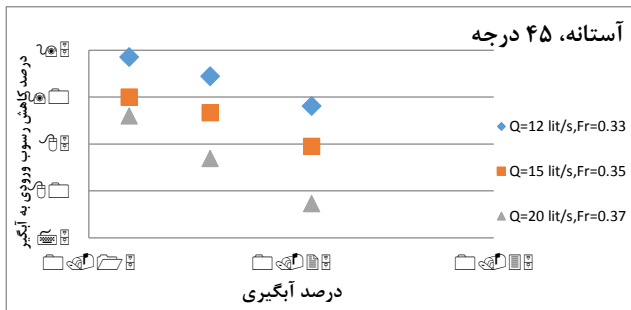
آبیاری بیشتر می‌گردد. همچنین با افزایش درصد آبیاری در یک دبی ورودی ثابت، مقدار  $G_r$  افزایش می‌یابد و در یک درصد آبیاری ثابت با افزایش دبی ورودی جریان

با توجه به شکل (۵) مشخص است که در تمامی حالت‌های آزمایش مقدار  $G_r$  در زاویه ۴۵ درجه نسبت به ۷۵ درجه کمتر است و این اختلاف با افزایش درصد

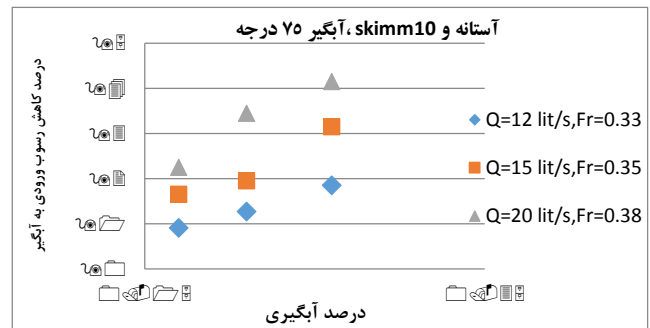


نمودارهای درصد کاهش رسوب ورودی به آبگیر  
گردید. شکل (۶) نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد.

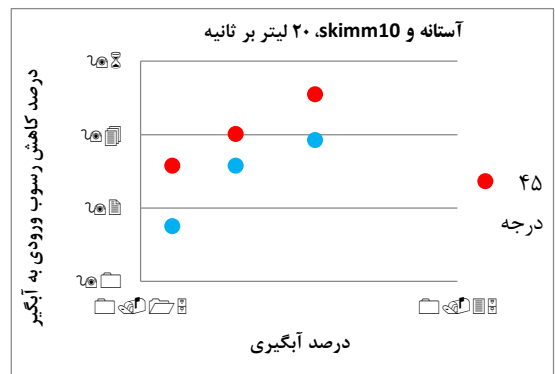
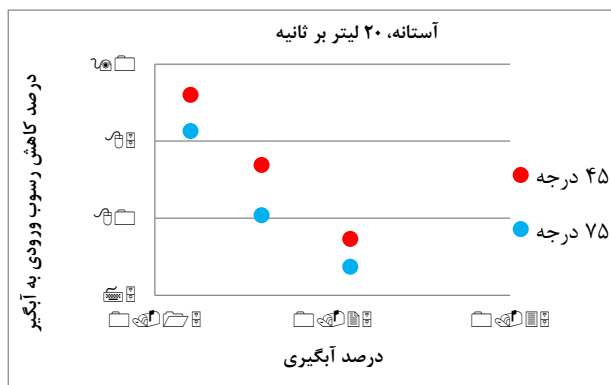
(عدد فرود) مقدار Gr افزایش یافته است. برای اینکه  
تاثیر زاویه آبگیر بر مقدار Gr بهتر مشخص شود



(ف)



(ب)



(ج)

شکل ۶- درصد کاهش رسوب ورودی به آبگیر با درصدهای مختلف آبگیری برای زوایای مختلف آبگیری.

افزایش درصد آبگیری درصد کاهش رسوب ورودی بیشتر می‌گردد و نشان‌دهنده تاثیر این سازه بر مقدار Gr است. همچنین با توجه به شکل (۶-ج) مشخص است در هر سه درصد آبگیری، مقدار درصد کاهش رسوب ورودی به آبگیر برای زاویه ۴۵ درجه نسبت به آبگیر ۷۵ درجه کمتر می‌باشد که می‌توان علت کاهش بیشتر را در پارامترهای

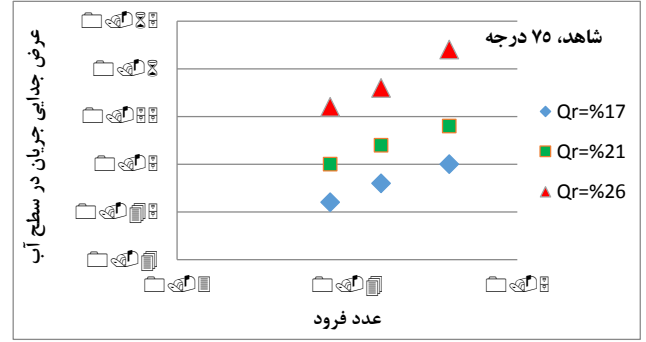
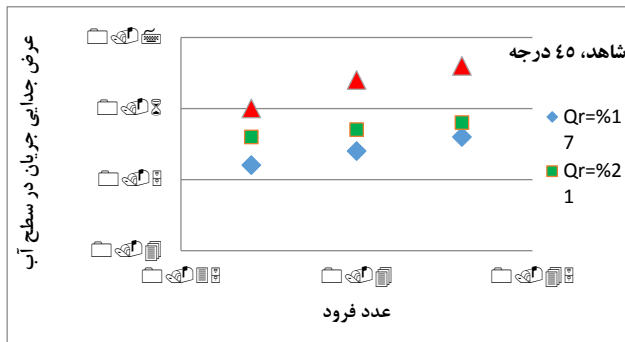
با توجه به شکل (۶) مشخص است که روند درصد کاهش رسوب در آزمایش آستانه نسبت به حالتی که با سازه 10-skimm ۱۰ درجه استفاده شده است متفاوت است. بطوریکه در آزمایش آستانه با افزایش درصد آبگیری درصد کاهش رسوب ورودی به آبگیر کاهش می‌یابد و تاثیر این سازه در درصدهای پایین بیشتر است، اما با اضافه شدن سازه 10-skimm ۱۰ درجه به آستانه در جلوی آبگیر، با

آبگیر می‌باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. هر چه عرض جدایی جریان بیشتر باشد، میزان جریان ورودی به کانال آبگیر افزایش می‌یابد. عرض جدایی جریان در سطح مطابق شکل‌های (۷) ترسیم گردید.

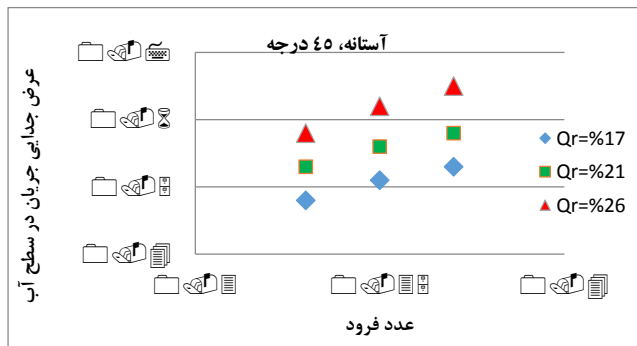
هیدرولیکی مانند عرض خط جدایی جریان و قدرت جریان ثانویه بررسی کرد.

### بررسی عرض خط جدایی جریان در کانال اصلی

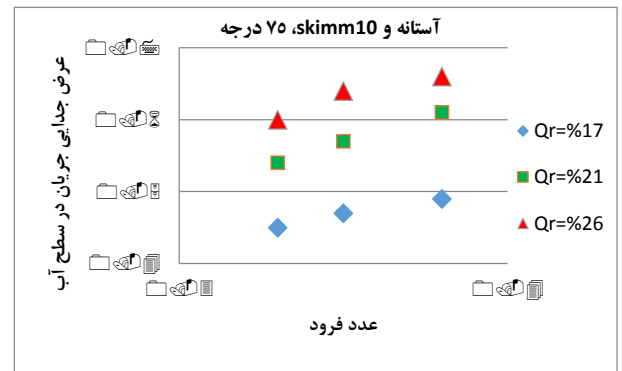
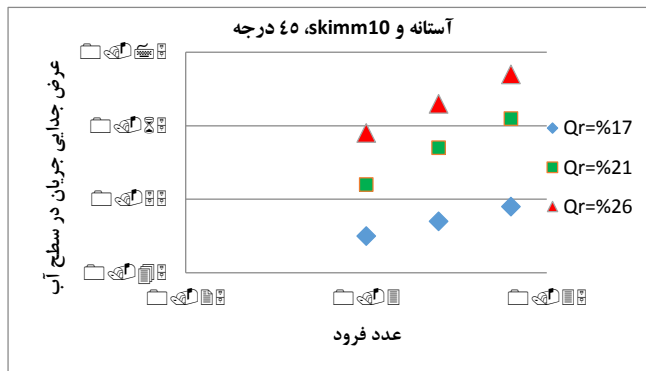
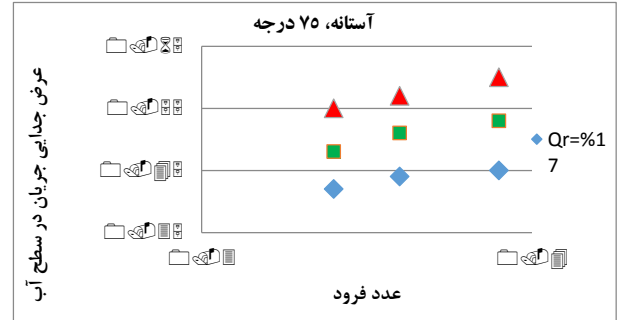
عرض جدایی جریان در دهانه آبگیر از این جهت که تعیین‌کننده میزان دبی جریان و رسوب ورودی به کانال



(الف)



(ب)



(ج)

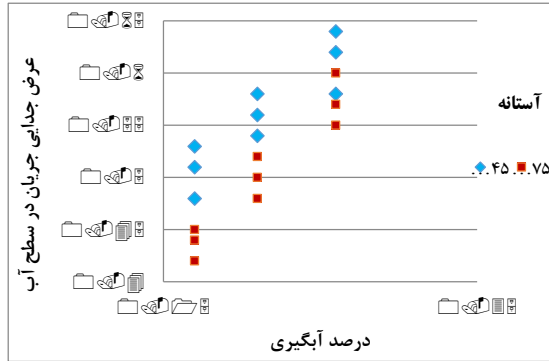
شکل ۷- عرض جدایی جریان در سطح آب برای زوایای مختلف آبگیری، (الف) شاهد (ب) آستانه (ج) آستانه و 10 skimming wall

افزایش می‌یابد. همچنین بکارگیری سازه‌های کنترل رسوب باعث افزایش سطحی جریان می‌گردد. همان‌طوری که در شکل نشان داده شده است بکارگیری سازه skimming wall ۱۰ درجه در داخل کانال اصلی بخاطر

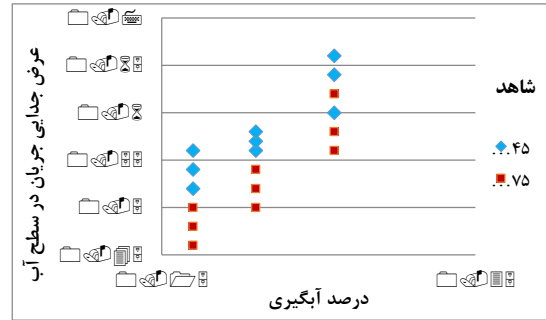
با توجه به شکل‌های (۷) مشخص است که اولاً با افزایش عدد فرود تغییرات عرض جدایی جریان ناچیز است و این روند برای هر دو زاویه‌ی آبگیری ۴۵ و ۷۵ درجه یکسان می‌باشد. دوماً برای جریان در سطح آب با افزایش درصد آبگیری در یک عدد فرود ثابت، مقدار عرض جدایی جریان

جریان زیاد می‌شود. همچنین برای تاثیر زاویه آگیری بر عرض جدایی جریان سطحی، شکل (۸) ترسیم شد

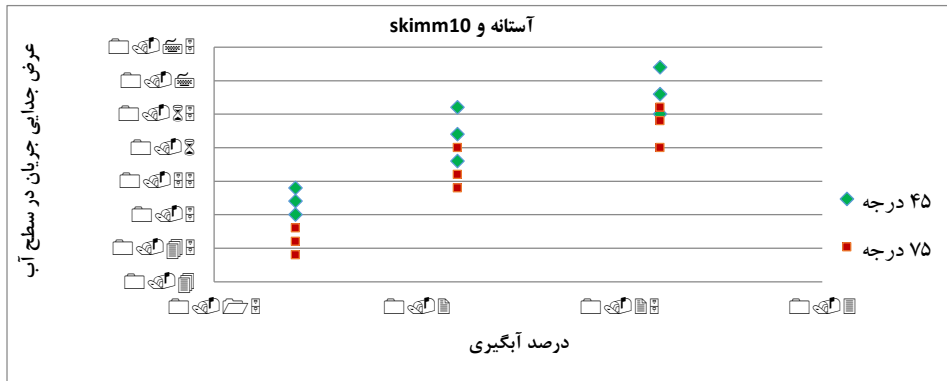
ساختار هندسی باعث ایجاد گردابه‌هایی در اطراف آن می‌شود که به سطح منتقل شده و جریان سطحی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و از این رو تاثیر آن بر خط جدایی



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۸- مقایسه عرض جدایی جریان در سطح آب برای زوایای مختلف آگیری، الف) شاهد ب) آستانه ج) آستانه و skimming wall

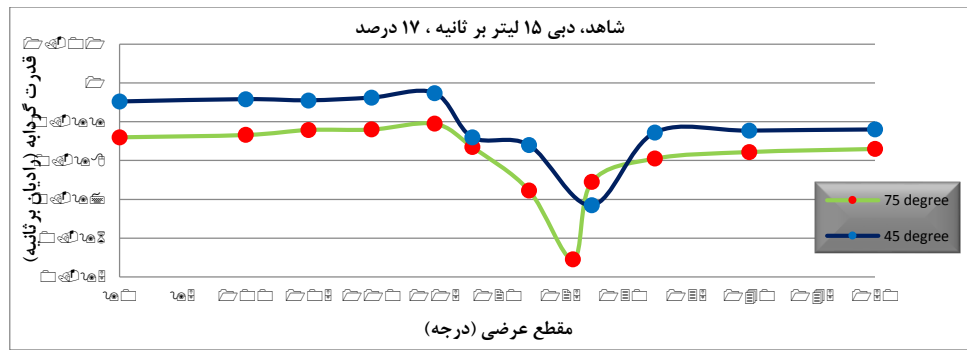
$$\omega_z = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (1)$$

در این رابطه  $u$  و  $v$  سرعت در دو راستای  $x$  و  $y$  و  $\omega_z$  مقدار چرخشی جریان می‌باشد که واحد آن رادیان بر ثانیه است. شکل (۹) اثر تغییر زاویه آگیری را برای دبی ورودی جریان ۱۵ لیتر بر ثانیه در درصد آگیری ۱۷ درصد را نشان می‌دهد.

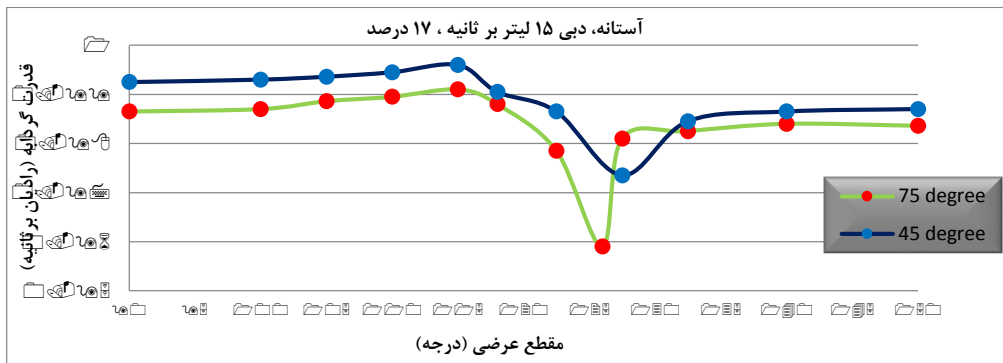
با توجه به شکل (۸) مشخص است که با کاهش زاویه آگیری از ۴۵ درجه به ۷۵ درجه در تمامی درصدهای آگیری عرض جدایی جریان در سطح آب افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده این است که در یک درصد آگیری ثابت جریان بیشتری از سطح آب وارد آگیر می‌شود که در نتیجه آن رسوب ورودی به آگیر کاهش می‌یابد و این یکی از عوامل کاهش  $Gr$  در زاویه آگیری ۴۵ درجه نسبت به ۷۵ درجه می‌باشد.

#### بررسی قدرت جریان ثانویه

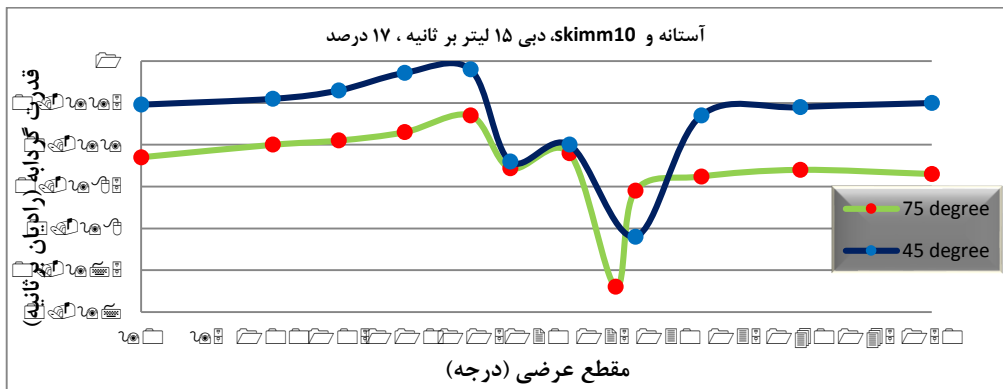
یکی از پارامترهای هیدرولیکی موثر در کانال‌های قوسی شکل قدرت جریان ثانویه می‌باشد که در طول کانال محاسبه گردید. (Daily and Harleman, ۱۹۹۶):



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۹- مقایسه قدرت جریان ثانویه برای زوایای مختلف آبگیری ، (الف شاهد ب) آستانه ج) آستانه و  $10^{\circ}$  skimming wall

### نتیجه گیری

در این پژوهش با نصب و ترکیب سازه‌های آستانه و  $10^{\circ}$  skimming wall درجه در جلوی آبگیر به بررسی اثر تغییر زاویه آبگیری در کانال U شکل پرداخته شد و نتایج زیر حاصل گردید.

۱- با بررسی تاثیر مقدار عدد فرود ورودی بر مقدار  $G_r$  به ازای درصد‌های مختلف آبگیری شد که در تمامی حالت‌های آزمایش با افزایش درصد آبگیری برای یک عدد فرود ثابت مقدار  $G_r$  افزایش می‌یابد. همچنین برای درصد آبگیری ثابت با افزایش مقدار عدد فرود ورودی (دبی جریان)، مقدار  $G_r$  افزایش یافته است.

بررسی قدرت جریان ثانویه با توجه به شکل (۸) نشان داد که در تمامی حالت‌های آزمایش با کاهش زاویه آبگیری از  $75^{\circ}$  به  $45^{\circ}$  درجه، قدرت جریان ثانویه در امتداد دهانه آبگیر کاهش کمتری می‌یابد که در نتیجه آن رسوب کمتری وارد آبگیر می‌شود. همچنین در حالت بکارگیری سازه  $10^{\circ}$  skimm با آستانه در جلوی آبگیر، قدرت جریان ثانویه افزایش می‌یابد که این روند افزایشی برای هر دو زاویه آبگیری یکسان می‌باشد. دلیل این افزایش بخاطر ساختار هندسی سازه مورد نظر می‌باشد که با ایجاد گردابه‌هایی در طول سازه باعث تشدید قدرت جریان ثانویه در امتداد آبگیر می‌گردد.

هیدرولیکی مانند عرض خط جدایی جریان و قدرت جریان ثانویه بررسی کرد.

۵- عرض جدایی جریان در سطح آب در کانال اصلی بررسی شد که اولاً با افزایش عدد فرود تغییرات عرض جدایی جریان ناچیز است و این روند برای هر دو زاویه آبیگری ۴۵ و ۷۵ درجه یکسان می‌باشد. دوماً برای جریان در سطح آب با افزایش درصد آبیگری در یک عدد فرود ثابت، مقدار عرض جدایی جریان افزایش می‌یابد. همچنین با کاهش زاویه آبیگری از ۴۵ درجه به ۷۵ درجه در تمامی درصدهای آبیگری عرض جدایی جریان در سطح آب افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده این است که در یک درصد آبیگری ثابت جریان بیشتری از سطح آب وارد آبیگر می‌شود که در نتیجه آن رسوب ورودی به آبیگر کاهش می‌یابد.

۶- با بررسی قدرت جریان ثانویه در امتداد دهانه آبیگر مشخص شد که در تمامی حالت‌های آزمایش با کاهش زاویه آبیگری از ۷۵ درجه به ۴۵ درجه، قدرت جریان ثانویه در امتداد دهانه آبیگر کاهش کمتری می‌یابد که در نتیجه آن رسوب کمتری وارد آبیگر می‌شود.

۲- با بررسی اثر تغییر زاویه آبیگری بر عدد فرود ورودی جریان مشخص شد که در تمامی دبی‌های کانال اصلی مقدار عدد فرود برای زاویه آبیگری ۷۵ درجه نسبت به زاویه ۴۵ درجه در یک درصد آبیگری ثابت بیشتر بوده است.

۳- تاثیر زاویه آبیگری بر مقدار  $G_r$  در حالت‌های مختلف آزمایش بررسی شد و مشخص شد که در تمامی حالت‌های آزمایش مقدار  $G_r$  در زاویه ۴۵ درجه نسبت به ۷۵ درجه کمتر است و این اختلاف با افزایش درصد آبیگری بیشتر می‌گردد. همچنین با افزایش درصد آبیگری در یک دبی ورودی ثابت، مقدار  $G_r$  افزایش می‌یابد و در یک درصد آبیگری ثابت با افزایش دبی ورودی جریان (عدد فرود) مقدار  $G_r$  افزایش یافته است.

۴- با بررسی درصد کاهش رسوب ورودی به آبیگر جانبی با زوایای مختلف مشخص شد در هر سه درصد آبیگری، مقدار درصد کاهش رسوب ورودی به آبیگر برای زاویه ۴۵ درجه نسبت به آبیگر ۷۵ درجه کمتر می‌باشد که می‌توان علت کاهش بیشتر را در پارامترهای

## منابع

- عطارزاده، ع.، م. ا. قدسیان، س. ع. ایوب زاده، و س. ع. ا. صالحی نیشابوری. ۱۳۹۴. مطالعه آزمایشگاهی تاثیر سازه های کنترل رسوب بر توپوگرافی بستر در اطراف آبیگر جانبی. دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران. دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.
- دالوند، ز. ح. یونسی، س. ع. ایوب زاده، و ح. ترابی پوده. ۱۳۹۵. مطالعه عددی تاثیر همزمان آبشکن و صفحات مستغرق بر خط جدایی جریان در آبیگرهای ۹۰ درجه. پانزدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، قزوین، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، آذر ماه، کد مقاله، IHC15-010.
- دهقانی، ا. ا. م. قدسیان، س. ع. ا. صالحی نیشابوری و م. شفیع فر. ۱۳۸۵. کنترل رسوب ورودی به آبیگر جانبی در قوس ۱۸۰ درجه با استفاده از پره‌های مستغرق. مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس.
- گوهری، س. ع. ایوب زاده، م. قدسیان و س. ع. ا. صالحی نیشابوری. ۱۳۹۲. کنترل رسوب ورودی به آبیگرها با استفاده از آبشکن و صفحات مستغرق. هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، بهمن ماه.
- نظری، س. و م. شفعا بیجستان. ۱۳۸۹. تاثیر زاویه‌ی انحراف آبیگر بر نسبت دبی و رسوب ورودی به آبیگر در خم ۹۰ درجه‌ی همگرا. مجله پژوهش آبخیزداری، شماره ۸۷.
- منتصری، ح. م. قدسیان و ا. ا. دهقانی. ۱۳۸۸. مطالعه آزمایشگاهی میدان جریان اطراف صفحات مستغرق مقابل دهانه آبیگر جانبی در کانال U شکل. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶: (۲).

- Barkdoll, D., R. Etyma and A. J. Odgaard. 1999. Sediment control at lateral diversions limits and enhancement to vane use. *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(8):862-870.
- Bahrami Yarahmadi M. and M. Shafaei Bejestan. 2016 Sediment Management and Flow Patterns at River Bend due to Triangular Vanes Attached to the Bank. *Journal of Hydro-environment Research*, 10: 64-75.
- Blench, T., D. C. Bondurant, and A. R. Thomas. 1952 Discussion of Diversion from alluvial channels. *Trans., ASCE*, 78: 1-7.
- Beygipoor, Gh., M. Shafaei Bajestan, H. A. Kashkuli and S. Nazari. 2013. The Effect of Distance from Submerged Vanes to the Intake at Different Angles of Vanes on controlling the Sediment Entering the Intake Branching from a 90° Convergent Bend. *International Journal of Farming and Allied Science*, 2(17):591-598.
- Davoodi, L. and M. Shafaei Bajestan. 2012. Application of submerged vanes for sediment control at intakes from irrigation trapezoidal channels. *Journal of water and irrigation management*, 1(2): 59-715.
- Daily, W. and D. Harleman. 1966. *Fluid dynamics*. Addison Wesley Publishing Company.
- Dey, L., A. K. Barbhuiya and P. Biswas. 2017 Experimental Study on Bank Erosion and Protection Using Submerged Vane Placed at an Optimum Angle in a 180° Laboratory Channel Bend. *Journal of Geomorphology*, 283: 32-40.
- Neary, V. S. and A. J. Odgaard. 1993 Three dimensional flow structure at open channel diversions, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 119(1): 1223 – 1230.
- Ouyang, H. T. 2009. Investigation on the Dimensions and Shape of a Submerged Vane for Sediment Management in Alluvial Channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135(3):209-217.
- Ouyang, H. and C. Lu. 2016 Optimizing the Spacing of Submerged Vanes across Rivers for Stream Bank Protection at Channel Bends. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 142(12).
- Vaghefi, M., Y.Safarpour and S .S. Hashemi. 2016 Effects of distance between the T-shaped spur dikes on flow and scour patterns in 90° bend using the SSIIM model. *Journal Of Ain Shams Engineering*, 7(1): 31-45.

## The Effect of Diversion Angle on Sediment Control at Intake Mouth in U-Shaped Bend with Skimming Wall and Sill

Hassan Goleij<sup>۱</sup>, Amir Hamzeh Haghi abi<sup>۲</sup>, Mojtaba Sanei<sup>۳</sup>, Hojatt Allah Yonesi<sup>۴</sup>

### Abstract

One of the main goals of diverting water from bend of river is diversion the maximum flow discharge with the minimum rate of sediment to the intake mouth. Therefore, the position and diversion angle of lateral intakes in river bend with sediment control structures, are the major parameters that must be considered. In this study by experimental investigation in a U-shaped channel using compound structures of sill and 10°skimming wall in three diverted flow percentages of 17, 21 and 26, the effect of diversion angle on rate of sediment entering the intake, was investigated. The results showed that with decreasing of the angle of intake, the inflow Froude number decreases. Also with increasing the angle of intake from 45 to 75 degrees, the rate of sediment entry to intake increases, so that by combining of sill and skimming wall 10°, the sediment transportation into intake mouth decreases more in comparison with basic state. By increasing the angle of flow diversion in all percentages of flow diversion, the width of separation zone at water surface decreases. By investigation of power of secondary flow along the intake mouth it was found that in all experimental states, decreasing the angle of flow diversion from 75 to 45 degrees, causes less decreased power of secondary flow and consequently less sediment entry into the intake mouth.

**Keywords:** River Bend, Separation Zone, Froude Number, Lateral Intake.

---

1 - Ph.D. Student In Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: hassan\_goleij37@yahoo.com.

2 - Professor Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: haghiahi.a@lu.ac.ir,

3- Associate Professor, Faculty of River Engineering, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Email: Saneie\_m@scwmri.ac.ir

4 - Assistant Professor Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: yonesi.h@lu.ac.ir(corresponding author)