

بررسی اثر موقعیت آبشکن و دیوار جداکننده بر انحراف جریان و رسوب به آبگیرهای جانبی

امیر مرادی نژاد، امیر حمزه حقی آبی*، مجتبی صانعی و حجت‌اله یونسی**

* نگارنده مسئول: گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان. تلفن: ۰۶۶۰۳۳۴۰۰۱۹۱،
پيام‌نگار: haghiaibi.a@lu.ac.ir
** به‌ترتیب: دانشجوی دکتری؛ و استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان؛ دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری،
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ و استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۲۰

چکیده

یکی از مشکلاتی که در اکثر آبگیرها به‌وجود می‌آید، ورود و تجمع رسوب به دهانه آبگیر و کاهش راندمان آبیاری است. کنترل رسوب در آبگیرها از مسائل پیچیده مهندسی رودخانه است. برای کاهش رسوب ورودی به دهانه آبگیر می‌توان از مجموعه روش‌های کنترل‌کننده ورود رسوب به آبگیر و نیز از تخلیه‌کننده ورود رسوب از دهانه آبگیر استفاده کرد. در این تحقیق تأثیر زاویه و فاصله آبشکن از دهانه آبگیر همراه با دیوار جداکننده بر کنترل رسوب و راندمان آبیاری به‌صورت آزمایشگاهی بررسی شد. تأثیر چهار زاویه ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه و چهار فاصله آبشکن از مرکز آبگیر ۲b، ۳b، ۴b و ۵b در ساحل مقابل آبگیر بررسی شده است (b عرض کانال آبگیر است). نتایج این بررسی نشان می‌دهد که آبشکن با زاویه ۶۰ درجه و در فاصله ۲b از مرکز دهانه آبگیر نسبت به زاویه‌های ۳۰، ۴۵ و ۹۰ درجه، به‌ترتیب ۲۷، ۱۴ و ۱۲ درصد عملکرد بیشتری در کاهش رسوب و ۵۳، ۴۵ و ۱۶ درصد افزایش دبی انحرافی به آبگیر داشته است. همچنین، با افزایش پارامتر نسبت فاصله آبشکن به عرض آبگیر، نسبت دبی انحرافی به آبگیر برای زاویه‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ به‌ترتیب ۵، ۱۳، ۲ و ۲۳ درصد، $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ به‌ترتیب ۲، ۳، ۳ و ۲ درصد و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/1.1$ به‌ترتیب ۱۷، ۲۴، ۲ و ۱۰ درصد افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

آبشکن، آبگیر، راندمان آبیاری، کنترل رسوب

مقدمه

شدن آنها در قسمت‌های مختلف به‌وجود می‌آورد. سازه‌های مختلفی مانند صفحات مستغرق، آستانه، آبشکن، ترکیب آنها و دیوار جداکننده^۱ برای کنترل رسوب در آبگیرها به‌کار رفته است. تاکنون تحقیقات زیادی روی صفحات مستغرق، آستانه، آبشکن و ترکیب آنها با یکدیگر شده است. پیچیدگی انتقال جریان و رسوب در محدوده

انحراف آب با استفاده از آبگیر جانبی همواره مشکل ورود رسوب به کانال‌ها و سیستم‌های انتقال آب را به دنبال دارد. کنترل نشدن رسوبات ورودی به آبگیرها موجب انتقال آن به داخل کانال‌های آبیاری و تأسیسات می‌شود و مشکلات زیادی را در نتیجه حمل رسوبات و یا ته‌نشین

دهانه آبیگر، سبب شده که تحقیق در این زمینه همچنان ادامه یابد. ناکاتو و همکاران (Nakato *et al.*, 1990) برای کنترل رسوب در آبیگر ایستگاه پمپاژ واحد ۳ نیروگاه کانسیل بلافس در رودخانه میسوری از صفحات مستغرق استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که ۳/۵ سال پس از نصب صفحات مستغرق، مشکل رسوب‌گذاری آن برطرف شده است.

ادگار و وانگ (Odgaard & Wang, 1991) نشان دادند که آبشکن‌های متمایل به بالادست، معمولاً موجب انحنای بیشتری در جریان اصلی می‌شوند. نیری و همکاران (Neary *et al.*, 1999) مدل عددی سه‌بعدی جریان روی انشعابی ۹۰ درجه در کانالی با مقطع مستطیلی را توسعه دادند و با نتایج آزمایشگاهی صحت‌یابی کرده‌اند. بر اساس یافته‌های این محققان، با افزایش نسبت انحراف جریان، عرض ناحیه گردابی کم و بر طول آن افزوده می‌شود. علاوه بر آن، برای نسبت دبی ۰/۶۴ علاوه بر گردابه داخل آبیگر، ناحیه چرخشی دیگری در داخل کانال اصلی و در مقابل دهانه آبیگر تشکیل می‌شود. بارکدول و همکاران (Barkdoll *et al.*, 1999) در تحقیقات خود نشان دادند که شدت رسوبات ورودی بستر به داخل آبیگر پس از نصب صفحات مستغرق زمانی می‌تواند ناچیز باشد که نسبت دبی واحد عرض آبیگر به دبی واحد عرض کانال اصلی (qr) کمتر از حدود ۰/۲ باشد. آنها پس از بررسی آزمایشگاهی، برای افزایش دبی واحد عرض کانال اصلی و حفظ کارایی صفحات مستغرق، دو راه‌حل پیشنهاد دادند: دیواره جانبی در کنار صفحات مستغرق و عریض کردن ورودی آبیگر. ساجدی‌سابق و حبیبی (Sajedi-Sabegh & Habibi, 2003) تأثیر کاربرد توام صفحات مستغرق و مجموعه آبشکن‌ها را در افزایش راندمان آبیگری بررسی کرده و نشان دادند که با کاربرد توام صفحات مستغرق و مجموعه آبشکن‌ها ورود رسوبات به آبیگر کاهش می‌یابد. رامامورتی و همکاران (Ramamurthy *et al.*, 2007) نشان دادند که طول و عرض ناحیه جدایی جریانی در کانال آبیگر با افزایش نسبت انحراف جریان کاهش می‌یابد. همچنین وسعت ناحیه جدایی در کانال آبیگر در کف کمتر از وسعت ناحیه جدایی در سطح است. گوهری و همکاران (Ghohari *et al.*, 2009) به کنترل رسوب در آبیگر با کاربرد صفحات مستغرق و آبشکن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کارایی صفحات با احداث آبشکن در ضلع مقابل آبیگر افزایش و مقدار ورود رسوب به آبیگر کاهش می‌یابد. ایشان همچنین نشان دادند که با تغییر فاصله آبشکن به اندازه دو برابر عرض دهانه آبیگر به بالادست کانال اصلی مقدار ورود رسوبات به آبیگر به‌طور متوسط ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. علاوه بر آن میزان ورود رسوب به آبیگر با استفاده از آبشکن با زاویه ۹۰ درجه، نسبت به دو آبشکن با زاویه‌های ۴۵ و ۱۳۵ درجه، به حداقل می‌رسد. سالم‌نیا و شفافی بجستانی (Salemnia & Shafaei-Bajestan, 2011) اثر تغییر نسبت آبیگری بر میزان رسوب بستر ورودی به آبیگر در کانال دوزنقه‌ای ($z=1/5$) با زاویه آبیگری ۶۰ درجه نسبت به جهت جریان را با و بدون نصب صفحات مستغرق بررسی کردند. نتایج بررسی‌های این محققان نشان داد که با افزایش نسبت آبیگری از ۷/۵ به ۱۶ درصد، میزان رسوب ورودی به آبیگر در هر دو حالت با و بدون صفحات مستغرق به‌طور متوسط به‌میزان ۲۳ درصد افزایش می‌یابد. عطارزاده و همکاران (Atarzadeh *et al.*, 2014) به بررسی آزمایشگاهی تأثیر آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب و توپوگرافی بستر در نسبت دبی آبیگری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ در آبیگرهای جانبی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در کنترل رسوب، تأثیر آبشکن بیش از سایر گزینه‌ها است. در حالت استفاده از ترکیب آبشکن و آستانه، در مقایسه با آستانه به تنهایی، نسبت رسوب انحرافی به آبیگر بیش از ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. جعفری میانائی و ایوب‌زاده (Jafari-Mianaei &

ادگار و وانگ (Odgaard & Wang, 1991) نشان دادند که آبشکن‌های متمایل به بالادست، معمولاً موجب انحنای بیشتری در جریان اصلی می‌شوند. نیری و همکاران (Neary *et al.*, 1999) مدل عددی سه‌بعدی جریان روی انشعابی ۹۰ درجه در کانالی با مقطع مستطیلی را توسعه دادند و با نتایج آزمایشگاهی صحت‌یابی کرده‌اند. بر اساس یافته‌های این محققان، با افزایش نسبت انحراف جریان، عرض ناحیه گردابی کم و بر طول آن افزوده می‌شود. علاوه بر آن، برای نسبت دبی ۰/۶۴ علاوه بر گردابه داخل آبیگر، ناحیه چرخشی دیگری در داخل کانال اصلی و در مقابل دهانه آبیگر تشکیل می‌شود. بارکدول و همکاران (Barkdoll *et al.*, 1999) در تحقیقات خود نشان دادند که شدت رسوبات ورودی بستر به داخل آبیگر پس از نصب صفحات مستغرق زمانی می‌تواند ناچیز باشد که نسبت دبی واحد عرض آبیگر به دبی واحد عرض کانال اصلی (qr) کمتر از حدود ۰/۲ باشد. آنها پس از بررسی آزمایشگاهی، برای افزایش دبی واحد عرض کانال اصلی و حفظ کارایی صفحات مستغرق، دو راه‌حل پیشنهاد دادند: دیواره جانبی در کنار صفحات مستغرق و عریض کردن ورودی آبیگر. ساجدی‌سابق و حبیبی (Sajedi-Sabegh & Habibi, 2003) تأثیر کاربرد توام صفحات مستغرق و مجموعه آبشکن‌ها را در افزایش راندمان آبیگری بررسی کرده و نشان دادند که با کاربرد توام صفحات مستغرق و مجموعه آبشکن‌ها ورود رسوبات به آبیگر کاهش می‌یابد. رامامورتی و همکاران

صفحات مستغرق مرتبط بوده است و به سخنی دیگر، تحقیق در خصوص استفاده از ترکیب آبشکن و دیوار جداکننده چندان زیاد به چشم نمی‌خورد. از این رو در این تحقیق تأثیر فاصله آبشکن از خط مرکزی آبگیر و زاویه آن در ترکیب با دیوار جداکننده روی راندمان آبگیری و کنترل رسوب در آبگیر جانبی با زاویه ۶۰ درجه بررسی شده است.

مواد و روش‌ها تحلیل ابعادی

پارامترهای زیادی در جریان ورودی به آبگیر مؤثرند، این پارامترها عبارت‌اند از دبی جریان در کانال اصلی (Q_m)، دبی جریان در کانال آبگیر (Q_i)، دبی رسوب در کانال اصلی (Q_{sm})، دبی رسوب در کانال آبگیر (Q_{sl})، عمق جریان در کانال اصلی (d)، سرعت جریان در کانال اصلی (V_m)، عرض کانال اصلی (B_m)، عرض کانال آبگیر (b)، شیب کانال اصلی (S_m)، شیب کانال فرعی (S_L)، شتاب ثقل (g)، دانسیته جریان (ρ)، لزوجت سینماتیکی سیال (ν)، زاویه کانال آبگیر با کانال اصلی (δ)، زاویه آبشکن با ساحل کانال اصلی (α)، طول آبشکن (L_D)، فاصله آبشکن از خط مرکزی کانال آبگیر (L)، زاویه سازه دیوار جداکننده با ساحل (β_1)، زاویه بین دو ضلع سازه دیوار جداکننده با ارتفاع صفحات دیوار جداکننده (H)، طول شاخه ابتدایی دیوار جداکننده (L_1)، طول شاخه دوم دیوار جداکننده (L_2)، زمان آزمایش (t)، قطر متوسط رسوبات (d_{50})، دانسیته رسوبات (ρ_s) و ارتفاع زبری رسوبات بستر (K_s). تعداد بیست و شش پارامتر دخیل در مسأله به صورت رابطه ۱ درآمده است.

$$F(Q_L, Q_m, Q_{SL}, Q_{SM}, b, L, H, d, B_m, V_m, L_1, L_2, L_D, S_L, S_m, K_s, d_{50}, \rho_s, \rho, \beta_1, \beta_2, \alpha, \delta, t, \nu, g) = 0 \quad (1)$$

(Ayyoubzadeh, 2014) با مطالعه آزمایشگاهی اثر شیب دیواره ($z=1/5$) کانال اصلی بر میزان رسوب ورودی به آبگیر جانبی با و بدون نصب صفحات مستغرق به این نتیجه رسیدند که استفاده از صفحات مستغرق در دو حالت دیواره قائم و دیواره شیب‌دار کانال اصلی، میزان رسوب ورودی به آبگیر را کاهش می‌دهد. اما این میزان کاهش در حالت دیواره شیب‌دار و به‌ویژه در نسبت‌های آبگیری کم، در مقایسه با حالت دیواره قائم، به مراتب بیشتر است به طوری که در حالت دیواره شیب‌دار با نصب صفحات مستغرق و در نسبت دبی انحرافی ۱۲ درصد، میزان رسوب ورودی به کانال آبگیر تا ۱۰۰ درصد کاهش می‌یابد. اردشیری و همکاران (Ardeshiri *et al.*, 2014) در تحقیق خود به تأثیر طول و موقعیت آبشکن بر میزان آبگیری با استفاده از آبشکن نفوذپذیر در آبگیر جانبی پرداختند. نتایج بررسی‌های این محققان حاکی از آن است که آبگیری با نسبت دبی‌های ۵، ۱۱ و ۲۰ درصد و افزایش طول آبشکن باعث افزایش ۲۰ درصد آبگیری می‌شود و در آبگیری ۵ و ۱۱ درصد افزایش فاصله به سمت پایین دهانه آبگیر باعث افزایش ۲۰ درصد آبگیری خواهد شد. عباسی و ملک‌نژاد یزدی (Abbasi & Maleknejad-Yazdi, 2015) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که به کارگیری توام آستانه و صفحات مستغرق باعث کاهش مقدار رسوب ورودی به آبگیر می‌شود و در محدوده آزمایش‌ها به‌طور متوسط ۷۲ درصد، نسبت به حالتی که آستانه به تنهایی وجود دارد و ۴۵ درصد، نسبت به حالتی که صفحات مستغرق به تنهایی وجود دارند، می‌توان مقدار رسوبات ورودی به آبگیر را کاهش داد. سوابق تحقیق نشان می‌دهد که تا کنون بخش عمده مطالعات گذشته در بازه کنترل رسوب ورودی به دهانه آبگیر، به استفاده از ابعاد مختلف صفحات مستغرق، آستانه، آبشکن و ترکیب آبشکن با آستانه و

اصلی انجام شده است. کانال اصلی دارای شیب ۰/۰۰۲، آبگیر افقی و تراز آن هم‌سطح با بستر رسوبی کانال اصلی بوده است. آبگیر در فاصله ۹ متری از بالادست و در فاصله ۳ متری از دریچه تنظیم سطح آب انتهایی فلوم واقع است. سازه دیوار جداکننده از دو شاخه تشکیل شده و نسبت طول شاخه‌ها بر اساس تحقیقات بارکدول و همکاران (Barkdoll et al., 1999) $\frac{L_2}{L_1} = 1/5$ در نظر گرفته شده است. شاخه ابتدایی به طول ۷۵ و ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر است که یک سمت آن با زاویه ۱۰ درجه به ساحل سمت آبگیر و سمت دیگر آن به شاخه دوم وصل می‌شود. شاخه دوم موازی ساحل با طول ۱۱۲ و ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر در جهت جریان ادامه دارد.

بر اساس تحقیقات بارکدول و همکاران (Barkdoll et al., 1999) زاویه بین این دو شاخه ۱۷۰ درجه است (شکل ۱). همچنین مقدار ارتفاع خارج از بستر دیوار جداکننده یک سوم عمق جریان در نظر گرفته شد. طول آبشکن به کار رفته $0.25B_m$ ، فاصله‌های آبشکن از مقابل خط مرکزی آبگیر $0.2b$ ، $0.5b$ ، $0.7b$ و b و زوایای آن با جهت جریان ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه است. برای اندازه‌گیری جریان در کانال‌های اصلی و آبگیر، از سرریزهای لبه‌تیز مستطیلی و مثلثی و برای اندازه‌گیری نیمرخ سطح آب از ارتفاع‌سنج^۱ و بسترنگار^۲ با دقت ± 0.1 میلی‌متر استفاده شد. شکل ۲ نمایی از فلوم به کار برده شده در آزمایش‌ها، موقعیت دیوار جداکننده و آبشکن را نشان می‌دهد. جدول ۱ مقادیر تغییرات پارامترها را نشان می‌دهد.

در این آزمایش‌ها از ماسه به قطر متوسط یک میلی‌متر، جرم مخصوص $2/65$ گرم بر سانتی‌متر مکعب، انحراف معیار $1/47$ و ضریب یکنواختی $2/2$ استفاده شد. شکل ۳ نمودار دانه‌بندی مصالح بستر مورد استفاده را نشان می‌دهد.

با استفاده از تحلیل ابعادی و روش باکینگهام نسبت‌های بدون بعد تعیین شد و رابطه ۱ به صورت رابطه ۲ درآمده است.

$$F\left(\frac{V_m}{\sqrt{gd}}, \frac{Q_L}{\sqrt{gd^3}}, \frac{Q_m}{\sqrt{gd^3}}, \frac{Q_{SL}}{\sqrt{gd^3}}, \frac{Q_{SM}}{\sqrt{gd^3}}, \frac{k_s}{d}, \frac{B_m}{d}, \frac{d_{50}}{d}, \frac{\rho_s}{\rho}\right) \quad (2)$$

$$\frac{v}{d\sqrt{gd}} \cdot t \sqrt{\frac{g}{d}} \cdot \frac{b}{d} \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{L_1}{d} \cdot \frac{L_2}{d} \cdot \frac{L_D}{d} \cdot \frac{H}{d} \cdot \beta_1 \beta_2 \alpha \delta S_L S_m = 0$$

با اجرای عملیات جبری روی نسبت‌های بدون بعد رابطه ۲، نسبت‌های بدون بعد تغییر کرد که با توجه به ثابت بودن $L_1, L_D, K_S, S_L, S_m, t, v, \rho, d_{50}, g, B_m, d$ و حذف نسبت‌های ثابت، رابطه بدون بعد نهایی به صورت رابطه ۳ قابل ارائه است.

$$G_r = f\left(Fr, Q_r, \frac{L}{b}, \frac{H}{b}, \alpha\right) \quad (3)$$

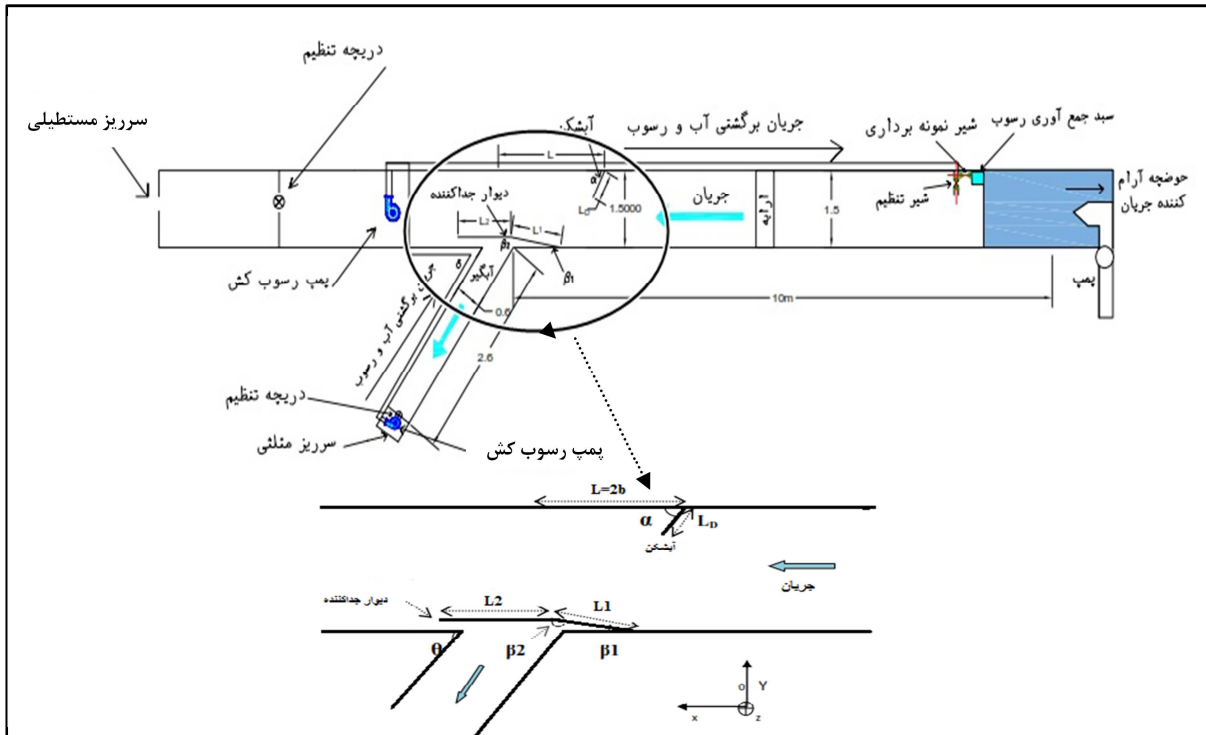
که در آن،

$G_r = \frac{Q_{SL}}{Q_{SM}}$ نسبت دبی رسوب ورودی به کانال آبگیر به دبی رسوب بالادست کانال اصلی؛ $Q_r = \frac{Q_L}{Q_m}$ نسبت دبی کانال آبگیر به دبی کانال اصلی (نسبت آبگیری)؛ $Fr =$ عدد فرود جریان بالادست آبگیر؛ $\frac{L}{b} =$ نسبت فاصله آبشکن به عرض کانال آبگیر؛ $\alpha =$ زاویه آبشکن با ساحل در کانال اصلی و $\frac{H}{b} =$ نسبت ارتفاع خارج از بستر دیوار جداکننده به عرض آبگیر در کانال اصلی.

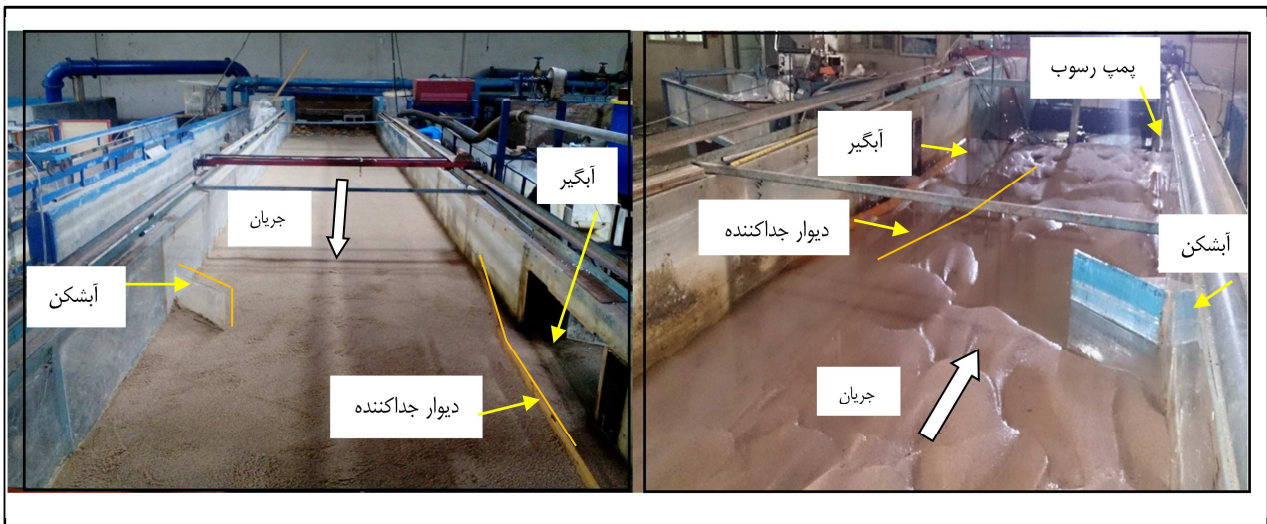
تجهیزات آزمایشگاهی و روش اجرای آزمایش‌ها

آزمایش‌ها در پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری در فلومی به طول ۱۲ متر و عرض ۱/۵ و ارتفاع ۰/۹ متر و دارای سیستم گردش آب و رسوب اجرا شد. آبگیری توسط کانال جانبی به عرض ۰/۶ متر و طول ۲/۵ و با زاویه ۶۰ درجه نسبت به جهت جریان در کانال

بررسی اثر موقعیت آبشکن و دیوار جداکننده...



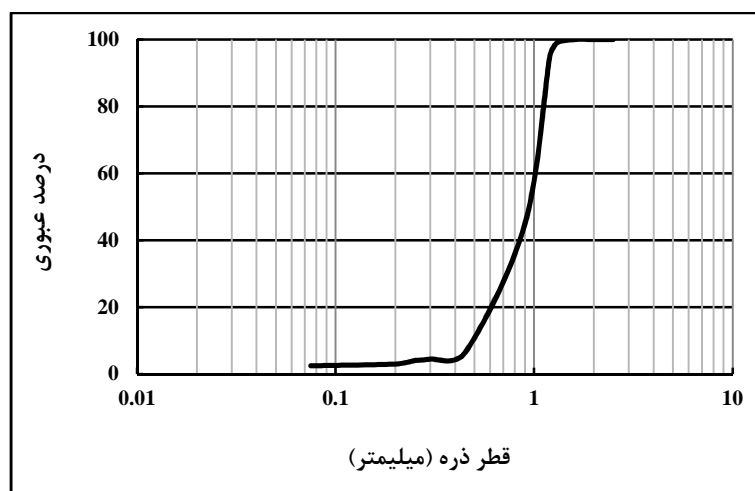
شکل ۱- نمای کلی فلوم، آبشکن، دیوار جداکننده و سیستم چرخش آب و رسوب



شکل ۲- نمای فلوم، آبشکن، دیوار جداکننده جلو دهانه آبگیر

جدول ۱- محدوده تغییرات پارامترها در آزمایش‌ها

پارامترها	دبی کانال اصلی (لیتر بر ثانیه)	دبی کانال آبگیر (لیتر بر ثانیه)	عمق کانال اصلی (متر)	عدد فرود	نسبت دبی انحرافی	نسبت رسوب انحرافی	زاویه آبشکن (درجه)
محدوده تغییرات	۶۰-۵۰-۴۰	۱۰/۵-۵/۶	۰/۱۱-۰/۰۸	۰/۴۷۳-۰/۴۱۴	۰/۱۲۵-۰/۰۵۴	۰/۱۳۱۵-۰/۰۴۲	۹۰-۶۰-۴۵-۳۰



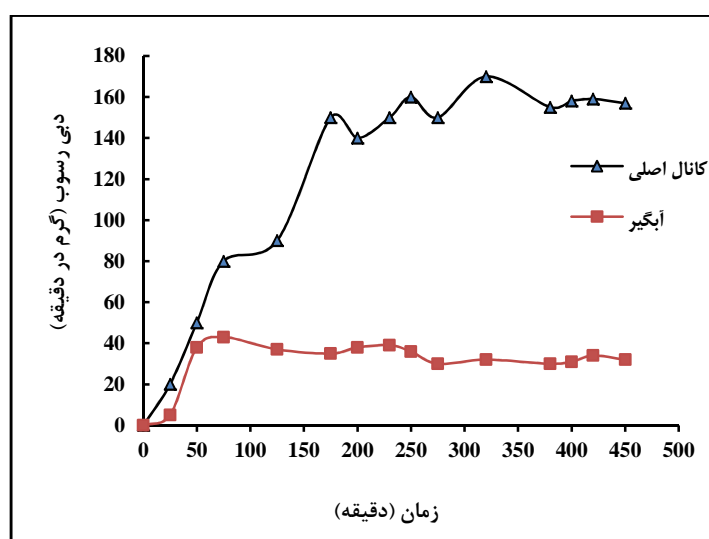
شکل ۳- نمودار دانه‌بندی مواد رسوبی

یکسان باشد. در هر آزمایش، این کار با نمونه‌برداری در هر دو مسیر در فاصله‌های زمانی مختلف انجام گردید. به‌منظور تعیین زمان تعادل، از رسوبات کانال اصلی و آبگیر در طول زمان نمونه‌برداری شد. از رسوبات ورودی به کانال اصلی و آبگیر با استفاده از سبد توری نمونه‌گیری شد. برای جلوگیری از اختلال در عملکرد سیستم گردش رسوب، در زمان برداشت نمونه رسوب، به همان میزان رسوب خشک به سیستم اضافه شد. نمودارهای زمان تعادل برای یک آزمایش در شکل ۴ آورده شده است. بیشترین زمان برای رسیدن به تعادل ۷ ساعت بود که برای کلیه آزمایش‌ها در نظر گرفته شد. جهت کنترل حرکت رسوبات به‌صورت بار بستر در محدوده دبی انتخابی، از دیاگرام شیلدز استفاده شد. با تغییرات

در آزمایش‌های این تحقیق از روشی موسوم به سیستم چرخشی رسوب استفاده شد. هر دو قسمت کانال اصلی و آبگیر، دارای سیستم چرخشی رسوب هستند که در آن قسمتی از جریان و کل رسوب خروجی از آبگیر و کانال اصلی با پمپ رسوب‌کش به ابتدای کانال اصلی برمی‌گردد. جریان آب و رسوب ورودی به ابتدای کانال اصلی در عرض ابتدای کانال اصلی تزریق شد. شکل ۱ شمای کلی تجهیزات سیستم چرخش رسوب را در کانال اصلی و آبگیر نشان می‌دهد. بعد از به تعادل رسیدن جریان آب و رسوب اندازه‌گیری‌ها و ثبت داده‌ها دنبال شد. زمان تعادل در این آزمایش‌ها زمانی است که مقدار رسوب بستر وارد شده به ابتدای کانال اصلی از آبگیر و انتهای کانال اصلی تقریباً

شیلدز (θ) و پارامتر رینولدز مرزی (R_{e*}) محاسبه شد. بر اساس نمودار شیلدز، پارامتر شیلدز محاسباتی برای دبی فوق، بزرگتر از پارامتر شیلدز بحرانی است ($\theta > \theta_{cr}$) و نقطه محل تقاطع دو پارامتر در بالای نمودار شیلدز قرار می‌گیرد. لذا حرکت رسوبات بستر برای این دبی و دبی بیشتر از آن وجود دارد. از این رو دبی‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ لیتر بر ثانیه انتخاب شد.

دبی، مشاهده شد که حرکت عمومی ذرات بستر در دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه اتفاق می‌افتد. دبی جریان با توجه به شرایط آزمایشگاهی در کمترین مقدار برابر ۲۵ لیتر بر ثانیه، شیب بستر متحرک برابر ۰/۰۰۲، عمق جریان برابر ۴/۶ سانتی‌متر، شعاع هیدرولیکی ۰/۰۴۵۲، سرعت برشی ۰/۰۲۹۸، عدد رینولدز مرزی ۲۵/۴۸ و پارامتر شیلدز ۰/۰۵۴۸ محاسبه شد. برای دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه پارامتر



شکل ۴- تغییرات دبی رسوب با زمان در کانال اصلی و آبگیر

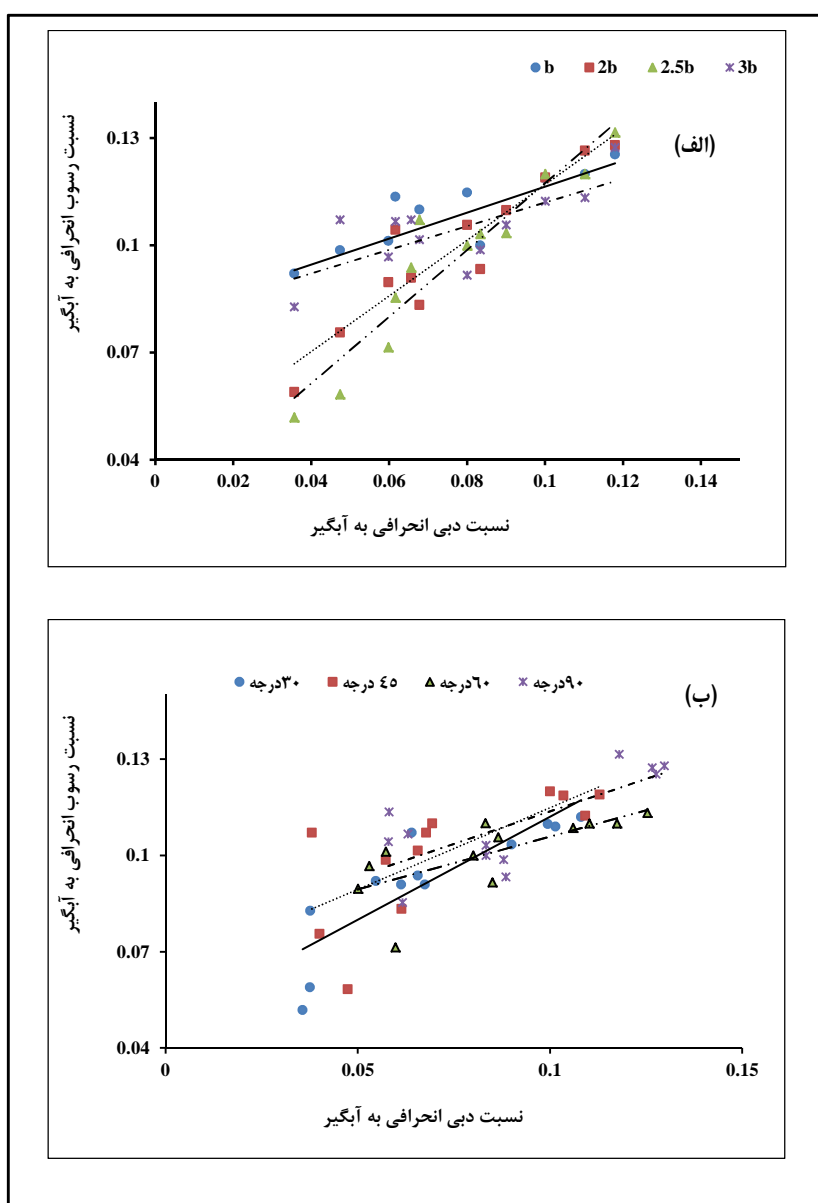
فاصله ۲b و ۲/۵b تقریباً ۱۵۷/۸ درصد افزایش نشان می‌دهد.

نمودار ب در شکل ۵، افزایش نسبت رسوب ورودی به آبگیر با افزایش نسبت دبی انحرافی را در ۴ زاویه آبشکن نشان می‌دهد. با افزایش نسبت دبی انحرافی به آبگیر به میزان ۱۴۰ درصد، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر در زاویه‌های ۳۰ و ۴۵ درجه ۶۰ درصد و در زاویه‌های ۶۰ و ۹۰ درجه ۳۰/۷ درصد افزایش یافته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، زاویه‌های ۶۰ و ۹۰ در مقایسه با زاویه‌های دیگر رسوب کمتری به آبگیر منتقل می‌کنند.

نتایج و بحث

تغییرات نسبت رسوب انحرافی نسبت به دبی انحرافی به آبگیر

با بررسی نمودار الف در شکل ۵، مشاهده می‌شود که با تغییر فاصله آبشکن از مرکز آبگیر به سمت بالادست، در تمام حالات، با افزایش نسبت آبگیری میزان رسوب انحرافی نیز افزایش می‌یابد. شیب نمودارهای مربوط به فاصله b و ۳b کمتر از شیب نمودارهای مربوط به فاصله‌های ۲b و ۲/۵b است. با افزایش نسبت دبی انحرافی به آبگیر به میزان آبگیر ۲۲۵ درصدی، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر در فاصله b و ۳b تقریباً ۳۶/۳ درصد و در



شکل ۵- نسبت رسوب انحرافی به آبگیر بر حسب نسبت دبی آبگیری

با توجه به نمودارها، آبشکن با زاویه 60° درجه نسبت به آبشکن با زاویه‌های دیگر کمترین مقدار رسوب را به آبگیر منتقل می‌کند. برای $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/11$ و آبشکن در فاصله $2b$ ، زاویه 60° درجه ۲۷ درصد نسبت به زاویه 30° درجه، ۱۴ درصد نسبت به زاویه 45° درجه و ۱۲ درصد نسبت به زاویه 90° درجه رسوب کمتری به آبگیر منحرف می‌کند. با افزایش فاصله آبشکن از آبگیر روند انحراف نسبت رسوب انحرافی به داخل آبگیر تا فاصله $2b$ کاهش می‌یابد و از

اثر تغییرات فاصله و زاویه آبشکن بر نسبت آبگیری و رسوب انحرافی به آبگیر

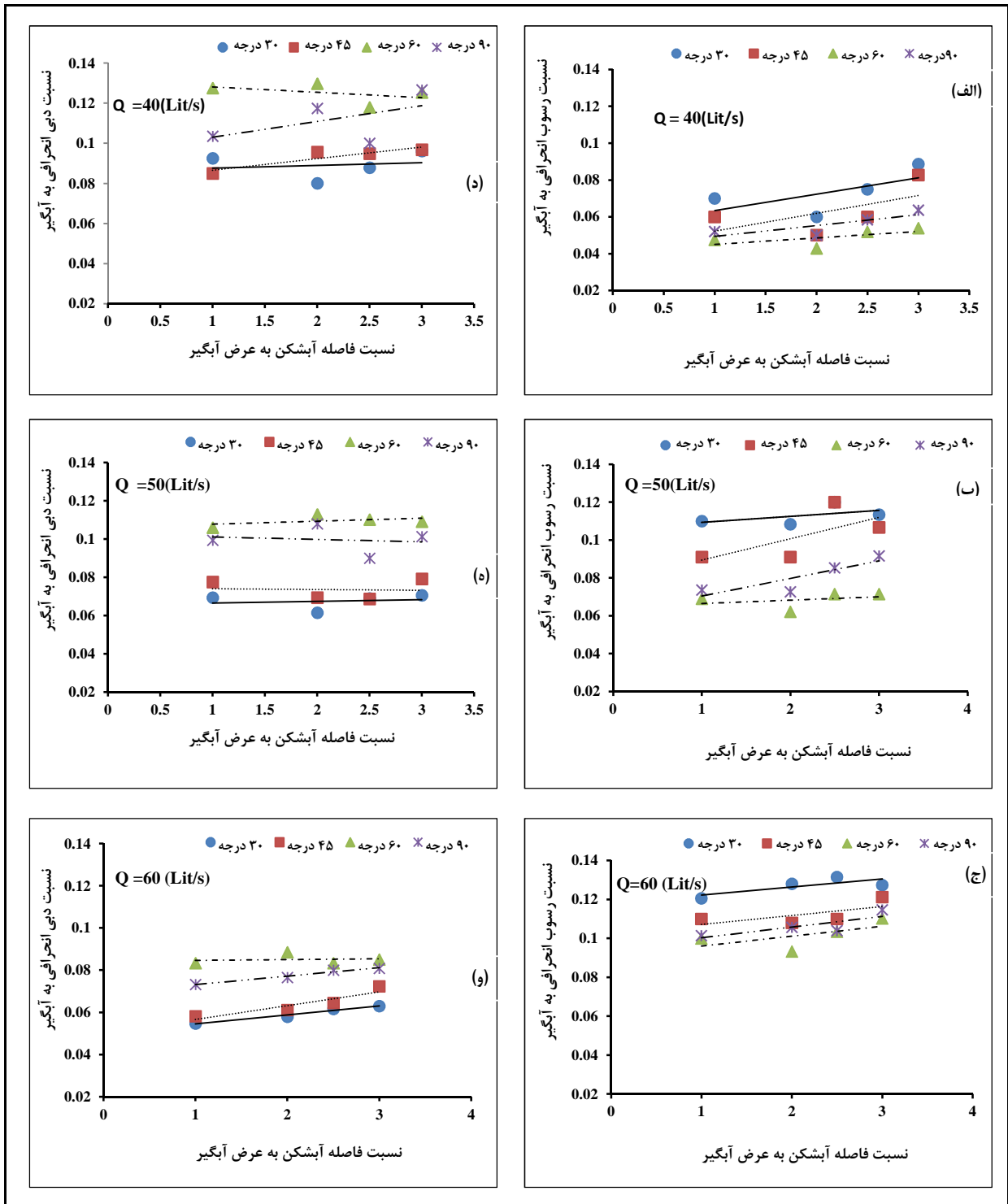
شکل ۶ رابطه بین پارامتر بدون بعد نسبت فاصله آبشکن به عرض آبگیر (L/b) و نسبت رسوب و دبی ورودی به آبگیر را نشان می‌دهد. این نمودارها نسبت سرعت متوسط (\bar{u})، به سرعت معادل آستانه حرکت (u_c)، به ترتیب الف، مربوط به $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ ، نمودار ب، مربوط به $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ و نمودار ج، مربوط به $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/11$ است.

زاویه‌های و موقعیت‌های دیگر راندمان آبیگری بیشتر و کنترل رسوب بهتری دارد. در هر سه نسبت $\frac{\bar{u}}{u_c}$ ، دیده می‌شود که با افزایش فاصله آبشکن از آبیگر به سمت بالادست مقدار ورود رسوبات به سمت آبیگر کاهش پیدا کرده است. این امر به دلیل کاهش اغتشاش در مقابل آبیگر و افزایش سرعت طولی و همچنین کاهش سرعت عرضی جریان بوده است. در آبشکن با زاویه ۶۰ درجه ورود رسوبات به آبیگر حداقل است. با افزایش زاویه آبشکن از ۳۰ به ۹۰ درجه، نسبت رسوب انحرافی به آبیگر برای فاصله‌های ۲b، ۳b، ۲/۵b و b و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ به ترتیب ۲۶، ۱۷، ۲۳ و ۲۸ درصد، $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ به ترتیب ۳۴، ۳۳، ۲۹ و ۱۷ درصد و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/1.1$ به ترتیب ۹، ۱۸، ۲۱ و ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

نمودارهای د، ه و و در شکل ۸ به ترتیب مربوط به $\frac{\bar{u}}{u_c}$ ، ۱/۰۵، ۱/۰۸ و ۱/۱۱ هستند. این نمودارها اثر تغییرات زاویه آبشکن و نسبت دبی انحرافی به آبیگر را نشان می‌دهند. با توجه به شکل بیشترین مقدار نسبت دبی انحرافی به داخل آبیگر مربوط به آبشکن با زاویه ۶۰ درجه است. با افزایش زاویه آبشکن، نسبت دبی انحرافی به آبیگر برای فاصله‌های ۳b، ۲/۵b، ۲b و b و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ به ترتیب ۱۲، ۴۶، ۳۰ و ۴۸ درصد، $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ ، ۴۳، ۷۷، ۳۳ و ۵۵ درصد و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/1.1$ ، ۳۵، ۳۳، ۳۱ و ۲۸ درصد افزایش یافته است.

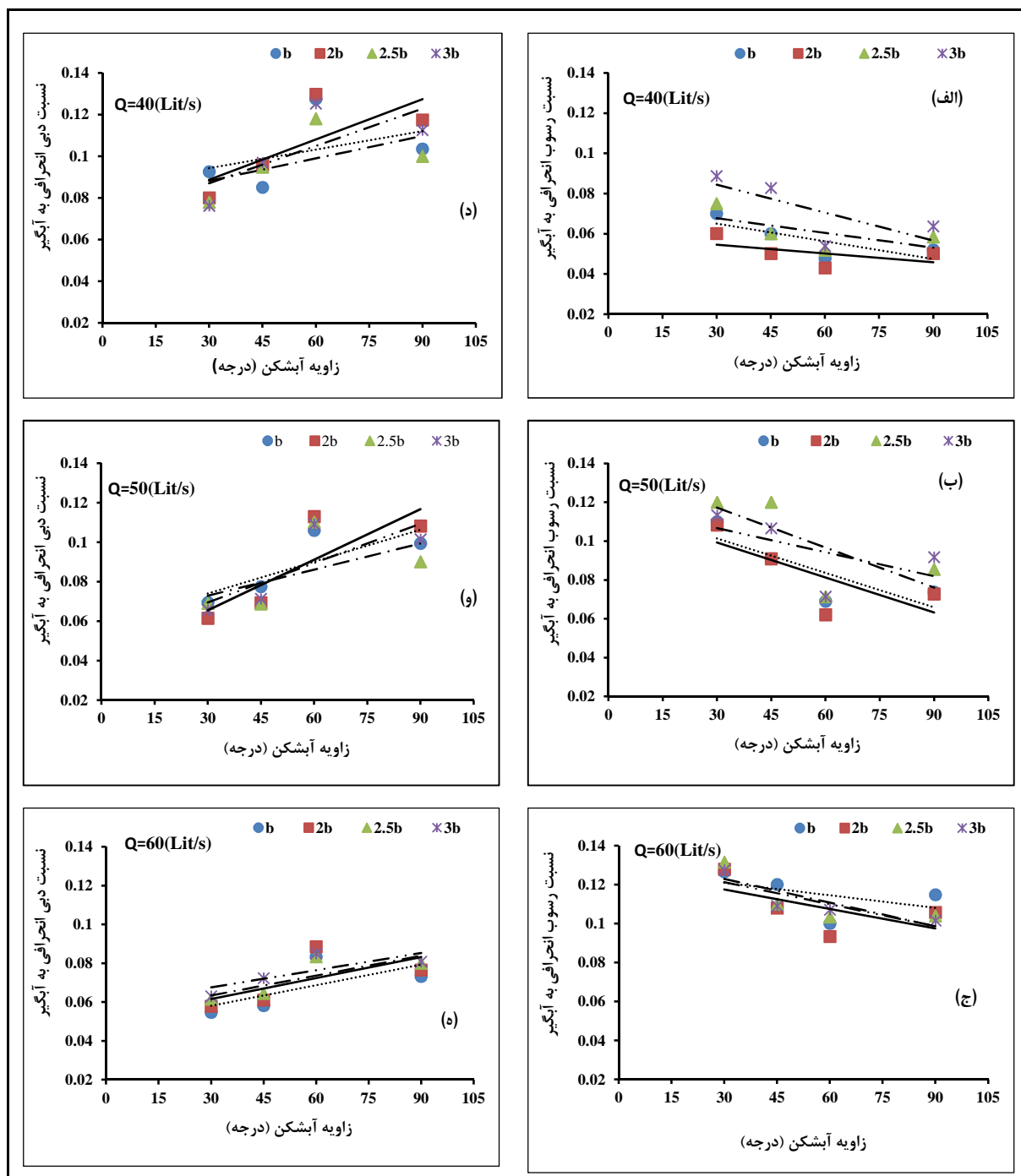
این فاصله به بعد افزایشی است. با افزایش نسبت فاصله آبشکن به عرض آبیگر، نسبت رسوب انحرافی به آبیگر برای زاویه‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ به ترتیب ۲۷، ۳۸، ۱۳ و ۲۲ درصد، $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ به ترتیب ۱۷، ۱۲، ۴ و ۲۵ درصد و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/1.1$ به ترتیب ۶، ۱۰، ۱۰ و ۱۳ درصد افزایش می‌یابد. نمودارهای د، ه و و در شکل مربوط به $\frac{\bar{u}}{u_c}$ به ترتیب ۱/۰۵۵، ۱/۰۸ و ۱/۱۱ است. با توجه به شکل، بیشترین مقدار نسبت دبی انحرافی به داخل آبیگر مربوط به آبشکن با زاویه ۶۰ درجه است. برای $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/1.1$ و آبشکن در فاصله ۲b و زاویه ۶۰ درجه، ۵۲/۸ درصد نسبت به زاویه ۳۰ درجه، ۴۵ درصد نسبت به زاویه ۴۵ درجه و ۱۶ درصد نسبت به زاویه ۹۰ درجه دبی بیشتری را به آبیگر منحرف می‌کند. با افزایش نسبت فاصله آبشکن به عرض آبیگر، نسبت دبی انحرافی به آبیگر برای زاویه‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ به ترتیب ۲، ۱۳، ۲ و ۲۳ درصد، $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ به ترتیب ۲، ۳، ۳ و ۲ درصد و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/1.1$ به ترتیب ۱۷، ۲۴، ۲ و ۱۰ درصد افزایش می‌یابد.

نمودارهای الف، ب و ج در شکل ۷ به ترتیب مربوط به $\frac{\bar{u}}{u_c}$ ، ۱/۰۵، ۱/۰۸ و ۱/۱۱ هستند. در این نمودارها روند تغییرات نسبت رسوب انحرافی به آبیگر در اثر تغییرات زاویه آبشکن برای $\frac{\bar{u}}{u_c}$ و فاصله‌های مختلف آبشکن نشان داده شده است. از نمودارها مشاهده می‌شود که آبشکن با زاویه ۶۰ درجه و فاصله ۲b از مرکز آبیگر نسبت به



شکل ۶- رابطه بین پارامتر بدون بعد نسبت فاصله آبشکن به عرض آبگیر (L/b)

(الف، ب و ج) نسبت رسوب و (د، ه و و) دبی ورودی به آبگیر



شکل ۷- رابطه بین زاویه آبشکن

(الف، ب و ج) نسبت رسوب و (د، ه و و) نسبت دبی ورودی به آبگیر

شد. آبشکن با ۴ زاویه و ۴ موقعیت بررسی گردید نتایج به دست آمده از این تحقیق به شرح زیر است:
 آبشکن با زاویه ۶۰ درجه نسبت به آبشکن با زاویه‌های دیگر کمترین مقدار رسوب را به آبگیر منتقل می‌کند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی تأثیر فاصله آبشکن از خط مرکزی آبگیر و زاویه آن در ترکیب با دیوار جداکننده بر راندمان آبگیری و کنترل رسوب در آبگیر جانبی پرداخته

برای $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/11$ و آبشکن در فاصله ۲b، زاویه ۶۰ درجه، ۲۷ درصد نسبت به زاویه ۳۰ درجه، ۱۴ درصد نسبت به زاویه ۴۵ درجه و ۱۲ درصد نسبت به زاویه ۹۰ درجه رسوب کمتری به آبگیر منحرف می‌کند. با افزایش فاصله آبشکن از آبگیر، روند انحراف نسبت رسوب انحرافی به داخل آبگیر تا فاصله ۲b کاهشی و از این فاصله به بعد افزایشی است. با افزایش نسبت فاصله آبشکن به عرض آبگیر، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر برای زاویه‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ به ترتیب ۳۸، ۲۷، ۱۳ و ۲۲ درصد، $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ به ترتیب ۴، ۱۲، ۱۷ و ۲۵ درصد و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/11$ به ترتیب ۱۰، ۶، ۱۰ و ۱۳ درصد افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار نسبت دبی انحرافی به داخل آبگیر مربوط به آبشکن با زاویه ۶۰ درجه است. برای $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/11$ و آبشکن در فاصله ۲b و زاویه ۶۰ درجه، ۵۲/۸ درصد نسبت به زاویه ۳۰ درجه، ۴۵ درصد نسبت به زاویه ۹۰ درجه دبی بیشتری را به آبگیر منحرف می‌کند. با افزایش پارامتر نسبت فاصله آبشکن به عرض آبگیر، نسبت دبی انحرافی به آبگیر برای زاویه‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.5$ به ترتیب ۲، ۱۳، ۵ و ۲۳ درصد، $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/0.8$ به ترتیب ۲، ۳ و ۳ درصد و $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1/11$ به ترتیب ۱۰ و ۲ درصد افزایش می‌یابد.

مراجع

- Abbasi, A. and Maleknejad-Yazdi, M. 2003. The impact of sill and submerged vanes on sediment laden flow at lateral intake. *J. Irrig. Water Manage.* 16, 106-17. (in Persian)
- Ardeshiri, M., Sanei, M. and Rezaei, Z. 2014. Experimental study effect of length and distance on permeable and non-submerged spur dike on the intake discharge changes with the angle of 90°. *Proceeding of the 9th International Seminar of River Engineering.* Ahvaz. Iran. (in Persian)
- Atarzadeh, A., Ayyoubzadeh, S. A., Ghodsian, M. and Salehi-Neishabouri, A. 2014. Experimental study of the effect of sill, spur dike and submerged vanes on sediment control and bed topography at lateral intakes. *Modares Civil Eng. J. (M. C. E. J).* 14(2): 27-38. (in Persian)
- Barkdoll, B. D., Ettema, R. and Odgaard, J. 1999. Sediment control at lateral diversion: limits and enhancements to vane use. *J. Hydraul. Eng.* 125(8): 862-870.
- Ghohari, S., Ayyoubzadeh, S. A., Ghodsian, M. and Salehi-Neishabouri, A. 2009. The impact of spur dike and submerged vanes on sediment control at lateral intake. *J. Water Soil Conserv.* 16(2): 35-59. (in Persian)
- Jafari-Mianaei, S. and Ayyoubzadeh, S. A. 2014. Experimental investigation of the effect of inclined main channel wall on the amount of delivered sediment into the lateral intake with/without submerged vanes. *Iranian J. Irrig. Drain.* 4(7): 521-534.
- Nakato, T., Kennedy, J. F. and Bauerly, D. 1990. Pump-station intake-shoaling control with submerged vanes. *J. Hydraul. Eng-ASCE.* 116(1): 119 - 128.
- Neary, V. S., Sotiropoulos, F. and Odgaard, A. J. 1999. Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows. *J. Hydraul. Eng-ASCE.* 25(2): 126-140.
- Odgaard, J. and Wang, Y. 1991. Sediment management with submerged vanes, ii: applications. *J. Hydraul. Eng-ASCE.* 117(3): 284-302.

- Ramamurthy, A. S., Junying, Q. and Diep, V. 2007. Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. *J. Hydraul. Eng-ASCE*. 133(10): 1135-1144.
- Sajedi-Sabegh, M. and Habibi, M. 2003. Laboratory investigation of using submerged vane and dikes on efficiency of intakes. *Proceeding of the 4th Hydraulic Conference*. Shiraz University. Shiraz. Iran. (in Persian)
- Salemnia, A. and Shafaei-Bajestan, M. 2011. Investigation on the effect of submerged vanes on the amount of sediment entrance of trapezoidal channel into the lateral intake by changing the discharge diversion ratio. *Proceeding of the 10th Iranian Hydraulic Conference*. University of Guilan. Rasht. Iran. (in Persian)

Experimental Study of the Effect of Spur Dike Location and Skimming Wall on Diversion of Flow and Sediment at Lateral Intake

A. Moradinejad, A. H. Haghiabi*, M. Saneie and H. Yonesi

* Corresponding Author: Associate Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran. Email: haghiabi.a@lu.ac.ir

Received: 24 April 2016, Accepted: 10 November 2016

A major problem with which most of the lateral intakes, is accumulation and sediments entering the intake entrance and as a result diversion efficiency is reduced. Sediment control is one of the most important issues in river engineering. To reduce sediment entering the intake entrance several methods of controlling the sediment entering to the intake entrance and the exit of sediments from sediment out let is used. In this study effect of the location, and angle of the spur dike by using skimming wall on the amount of delivered sediment into the lateral intake and intake ratio were tested. Effects of angle variations (30, 45, 60, 90) of spur dike and spur dike location (b, 2b, 2.5b, 3b) on intake ratio and delivered sediment into the intake were investigated (b is the intake width). Results showed that discharge of 60 lit/s, and spur dike with 60 degree angle and 2b distance from the center intake entrance in combination with the skimming wall compared to an angle of 30, 45 and 90 degrees, respectively caused 27, 14 and 12 percent less sediment and 53, 45 and 16 percent superior discharge into the intake diversions. Also by increasing the value of parameter of the ratio of distance of spur dike, to the width of intake, the ratio of flow deviation to the intake for angle of 30°, 45°, 60° and 90°, and $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1.05$ was 5, 13, 2 and 23% respectively, and for ratio of $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1.08$ was 2, 3, 3 and 2% respectively, and for $\frac{\bar{u}}{u_c} = 1.11$ was 17, 24, 2 and 10 percent increase respectively.

Key words: Intake, Intake Ratio, Sediment Control, Spur Dike