

## بررسی اثر همگرایی و واگرایی در آبیگرهای جانبی با مدل آزمایشگاهی و مدل ریاضی CCHE2D

پیمان حیدری راد<sup>۱</sup>، امیرعباس کمان بدست<sup>۱\*</sup>، محمد حیدر نژاد<sup>۱</sup>، علیرضا مسجدی<sup>۱</sup> و هوشنگ حسونی زاده<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۴)

### چکیده

از جمله نکاتی که باید در طراحی عمومی آبیگرها به آن اشاره کرد مواردی نظیر: تأمین کردن آب به میزان مطلوب در هر زمان، برای رفع نیازها، بدون در نظر گرفتن دبی رودخانه است، مشروط بر آنکه نیازها از جریان رودخانه تجاوز نکنند. با توجه به کمبود اطلاعات لازم در این زمینه و اهمیت پدیده انتقال رسوب به آبیگرهای جانبی در قوس رودخانه‌ها، هدف اصلی تحقیق حاضر بر شناخت دقیق این مکانیزم استوار است. بدین منظور با بهره گرفتن از مدل فیزیکی، اثر ترکیب همگرایی و واگرایی در آبیگرهای جانبی در پدیده انتقال رسوب مورد بررسی قرار خواهد گرفت. نتایج نشان داد، با همگرا کردن فلوم آزمایشگاهی، دبی انحرافی به آبیگر افزایش پیدا کرده است. هرچه انتهای فلوم تنگ‌تر شده و همگراتر شود باعث افزایش بیشتر دبی انحرافی می‌شود، به طوری که با همگرا کردن فلوم به اندازه (b/B) ۰/۷۵ و ۰/۵ به ترتیب باعث افزایش ۱۳/۶ و ۷۵ درصد دبی انحرافی به آبیگر می‌شود که می‌توان علت آن را تنگ‌شدگی و انسداد جریان و پس زدن جریان به آبیگر دانست. برخلاف همگرایی با واگرا کردن فلوم نتایج عکس شده، به عبارتی با واگرا کردن فلوم دبی ورودی به آبیگر کاهش پیدا کرده است. هر چه انتهای فلوم بازتر شده و واگراتر شود باعث کاهش بیشتر دبی انحرافی می‌شود. با واگرا کردن فلوم به اندازه (b/B) ۰/۷۵ و ۰/۵ به ترتیب باعث کاهش ۲۱/۹ و ۳۱/۸ درصد دبی انحرافی به آبیگر می‌شود. به طور متوسط درصد دبی انحرافی به آبیگر با زاویه ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه به ترتیب ۱۳/۲، ۱۵/۲ و ۱۱/۵ درصد است. همچنین نتایج شبیه‌سازی با مدل CCHE2D نزدیک به نتایج مدل فیزیکی است. شبیه‌سازی آبیگر در قوس همگرا ۹/۴ درصد خطا و شبیه‌سازی آبیگر در قوس واگرا ۱۱/۹ درصد خطا نسبت به مدل فیزیکی دارد که قابل قبول است.

واژه‌های کلیدی: آبیگر، واگرایی، همگرایی، دبی انحرافی، CCHE2D

۱ - گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲ - سازمان آب و برق خوزستان

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Ka57\_amir@yahoo.com

## مقدمه

از زمان‌های قدیم تاکنون، رودخانه‌ها یکی از منابع اصلی تأمین کننده آب شیرین به حساب می‌آیند که با احداث آبگیر، برداشت آب از آنها انجام می‌گیرد. آبگیرها از جمله سازه‌هایی هستند که برای برداشت آب از رودخانه‌ها طراحی و اجرا می‌شوند، لذا داشتن شناخت و آگاهی کامل نسبت به مسائل طراحی و مشکلاتی که پس از اجرا در این سازه حادث می‌شود، می‌تواند کمک مؤثر و زیادی در امر بهینه‌سازی برداشت آب از رودخانه‌ها باشد (۵ و ۱۴). از جمله نکاتی که بایستی در طراحی عمومی آبگیرها به آن اشاره کرد مواردی نظیر، تأمین کردن آب به‌میزان مطلوب در هر زمان، برای رفع نیازها، بدون درنظر گرفتن دبی رودخانه است، مشروط بر آنکه نیازها از جریان رودخانه تجاوز نکنند (۵ و ۱۹). آبگیری از آب‌های سطحی (رودخانه‌ها) معمولاً به دو صورت انجام می‌شود: روش پمپاژ و روش ثقلی که روش ثقلی به دلیل پیوسته بودن جریان و عدم صرف انرژی به‌روش پمپاژ ترجیح داده می‌شود. چنانچه شرایط توپوگرافی و میزان نیاز آبی و شرایط ریخت‌شناسی و غیره اجازه دهد می‌توان آب را به صورت ثقلی منتقل کرد. انتخاب محل مناسب آبگیری برای موفقیت پروژه ضروری است. انتخاب محل مناسب آبگیر می‌تواند اختلال در جریان ورودی به آبگیر را به حداقل کاهش دهد (۱۱). باید توجه داشت که بعد از اجرای پروژه مشکلات ایجاد شده در اثر انتخاب نامناسب محل به‌سختی قابل اصلاح است. در این تحقیق با استفاده از مدل آزمایشگاهی تأثیر اثر همگرایی و واگرایی در قوس رودخانه‌ها، بر هیدرولیک جریان و رسوب در آبگیر مورد ارزیابی قرار گرفته و این تحقیق در این زمینه کاملاً جدید و کاربردی است. نمایی از یک آبگیر در شکل ۱ آمده است.

ورود جریان به انحای رودخانه و اعمال نیروی جانب مرکز (Centrifugal force) به جریان، موجب تغییر رقوم سطح آب می‌شود، به طوری که سطح آب در قوس خارجی بالاتر از قوس داخلی قرار می‌گیرد. مطابق شکل ۲، حداکثر اختلاف رقوم در نزدیکی‌های رأس قوس به‌وقوع می‌پیوندد، که میزان آن برابر با

اختلاف ارتفاع سطح آب در قوس خارجی و قوس داخلی است. این اضافه ارتفاع، با تلفات انرژی در طول بستر رودخانه ترکیب شده و یک سرعت عرضی و درنهایت جریان چرخشی (Recirculating) را ایجاد می‌کند، که از ناحیه بالایی قوس خارجی شروع و به سمت قوس داخلی حرکت می‌کند و موجب فرسایش در قوس بیرونی و حمل رسوبات بستر به سمت قوس داخلی و رسوب‌گذاری در این ناحیه می‌شود.

با توجه به کمبود اطلاعات لازم در این زمینه و اهمیت پدیده انتقال رسوب به آبگیرهای جانبی در قوس رودخانه‌ها، هدف اصلی تحقیق حاضر بر شناخت دقیق این مکانیزم استوار است. بدین منظور با بهره گرفتن از مدل فیزیکی، اثر ترکیب همگرایی و واگرایی در آبگیرهای جانبی در پدیده انتقال رسوب مورد بررسی قرار خواهد گرفت. کمان بدست و همکاران (۹)، در مورد کاربرد آستانه در کنترل رسوب ورودی به آبگیر کار کرده‌اند. در این تحقیق مشخص شده است که عرض ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر در حالت وجود آستانه کاهش می‌یابد. شفاعی بجستان و نظری (۱۷)، با انجام ۳۴ آزمایش روی آبگیری از فلوم قوسی ۹۰ درجه در موقعیت آبگیری ۶۰ درجه با پنج زاویه مختلف آبگیری (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵) درجه با بستر متحرک، زاویه ۶۰ درجه را به دلیل ایجاد حداکثر آبگیری با حداقل میزان ورود رسوب پیشنهاد کردند. پیرستانی و صالحی نیشابوری (۱۵)، آزمایش‌هایی را روی قوس ۱۸۰ درجه انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در یک قوس ۱۸۰ درجه بهترین محل برای آبگیری ۱۱۵ درجه و بهترین زاویه آبگیری ۶۰ درجه است. منتظری و همکاران (۱۳)، در یک قوس ۱۸۰ درجه در نسبت‌های آبگیری کنترل شده زاویه آبگیری ۴۵ درجه و برای حالت حداکثر آبگیری زاویه ۶۰ درجه از ضریب عملکرد بالاتری برخوردارند، همچنین زاویه بین ۱۱۵ تا ۱۳۵ درجه بهترین محل برای قرارگیری آبگیر توصیه شده است. ظهیری و کاشفی‌پور (۱۸) به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر میزان رسوب ورودی به آبگیر جانبی پرداختند. در این تحقیق از آنالیز واریانس دو طرفه برای بررسی تأثیر هر یک از عوامل

اتصال استفاده کردند. شبیه‌سازی آنها روی تلاقی‌های همکف و غیرهمکف در آزمایشگاه و همچنین تلاقی صحرائی در شرایط جریان کم و زیاد انجام شد. نتایج آنها نشان داد که اختلاف رقوم کف بستر تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر اختلاط جانبی جریان دارد. به‌گونه‌ای که مقدار انحراف استاندارد غلظت اندازه‌گیری شده در یک شبکه  $22 \times 24$  سلولی در مقاطع عرضی کانال پایین دست تلاقی غیرهمکف همواره کوچک‌تر از مقادیر متناظر در تلاقی همکف است که این نشان می‌دهد اختلاط بیشتری در تلاقی غیرهمکف انجام می‌شود. علاوه بر این آنها نشان دادند در تلاقی همکف افزایش زاویه اتصال از  $60^\circ$  تا  $90^\circ$  درجه باعث اختلاط سریع‌تر جریان می‌شود. کمان بدست و همکاران (۸)، مطالعه‌ای را با استفاده از CCHE2D برای پیش‌بینی رفتار رسوب‌گذاری در دهانه آبگیر انجام دادند. نتایج نشان داد که معادلات انگلوند و هانسن برای ارائه نتایج انتقال رسوب در بازه مورد مطالعه، مناسب‌تر بوده است. این مطالعه نشان داد که سرعت‌ها و موقعیت‌های فرسایش و ته‌نشینی با مقادیر مشاهده شده و اندازه‌گیری شده در واقعیت تطابق خوبی دارند. هوانگ و همکاران (۶) با استفاده از نتایج اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی یک مدل سه‌بعدی را مورد صحت‌سنجی قرار دادند و نشان دادند که تطابق خوبی بین نتایج حاصل از مدل و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی وجود دارد. سپس آنها نشان دادند که با افزایش زاویه اتصال از  $30^\circ$  تا  $90^\circ$  درجه اندازه ناحیه جداولگی جریان و قدرت جریان‌های ثانویه افزایش می‌یابد.

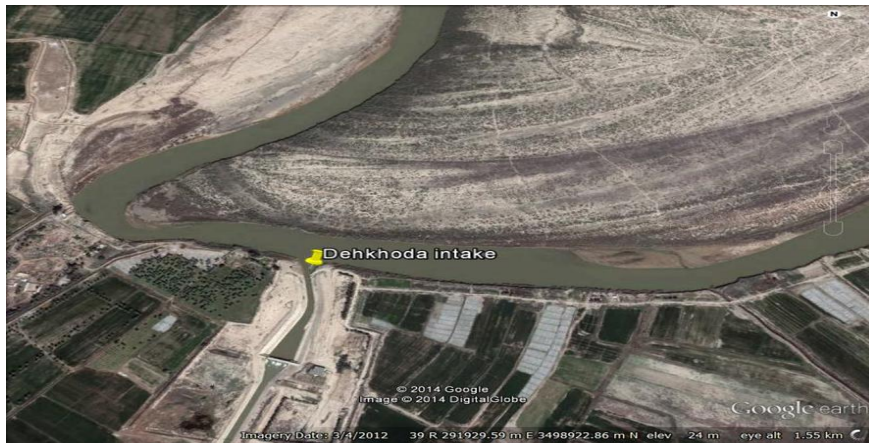
### مواد و روش‌ها

#### مشخصات فلوم ساخته شده و نحوه ساخت آن

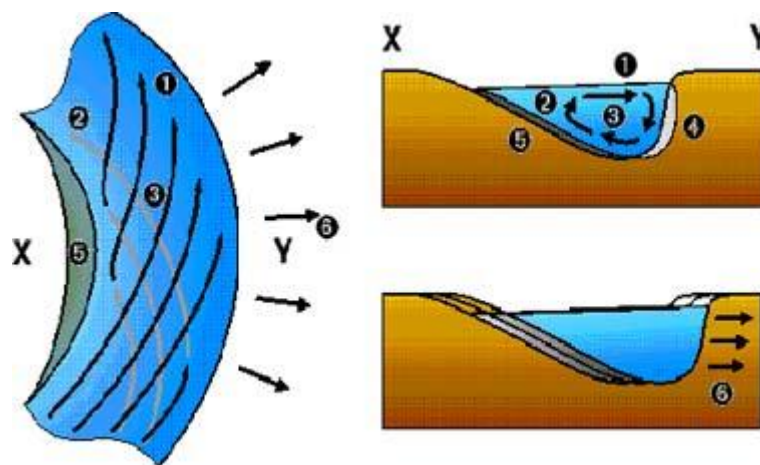
برای بررسی آزمایشگاهی این تحقیق، فلومی در دانشگاه آزاد واحد اهواز با مشخصات زیر مورد استفاده قرار گرفت. کانال‌های ورودی و خروجی فلوم ساخته شده، روباز مستطیلی با جداره ورق پلکسی گلاس است، به‌طوری که که طول

موقعیت آبگیر، زاویه آبگیری، ارتفاع آستانه و وجود پره‌های مستغرق بر میزان رسوب ورودی به آبگیر استفاده شده است. علاوه بر تأثیر هرکدام از پارامترها، اثر متقابل مربوط به پارامترهای فوق نیز بررسی شد. نتیجه آنالیز نشان داد که اثر متقابل بین پارامترها ناچیز بوده و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد. در بین اثرهای اصلی نیز ارتفاع آستانه و پس از آن وجود پره‌های مستغرق بیشترین تأثیر را روی میزان رسوب ورودی به آبگیر جانبی داشته‌اند. شفاعی بجستان و قبادیان (۱۶) مطالعاتی روی مقایسه رسوب معلق ورودی به آبگیر جانبی با تغییر زاویه دیواره کانال اصلی از قائم به  $45^\circ$  درجه انجام دادند و بیان کردند این تغییر شیب سبب اصلاح الگوی جریان شده و رسوب ورودی به آبگیر کاهش می‌یابد.

گراوندی و همکاران (۴) تأثیر هندسه دهانه آبگیر بر مقدار و الگوی رسوب‌گذاری در آبگیر جانبی را بررسی و بیان کردند ایجاد قوس بهینه در دیواره کانال آبگیر منجر به کاهش مقدار رسوب ورودی به میزان حداکثر  $60\%$  درصد خواهد شد. منادی زاده (۱۲) به بررسی آزمایشگاهی تأثیر آب‌شکن بر الگوی جریان در آستانه آبگیر کشت و صنعت دهخدا (با استفاده از میکرومدل) پرداخت. به این منظور در آزمایشگاه میکرومدلی از محدوده مورد مطالعه ساخته شد و آزمایش‌های لازم روی آن انجام گرفت نتایج حاصل نشان می‌دهد که چنانچه آب‌شکن در فاصله‌ای به اندازه عرض رودخانه در دهانه آبگیر به فاصله  $82$  متری از مرکز آبگیر در بالادست آن احداث شود آب‌شکن بیشترین تأثیر را بر دبی ورودی به آبگیر خواهد داشت و باعث افزایش  $35\%$  درصدی حجم آب ورودی به آبگیر می‌شود. باراکدل و همکاران (۱) به بررسی راهکارهای افزایش کارایی صفحات مستغرق پرداختند. آزمایش‌های انجام شده توسط آنها نشان داد که شدت رسوبات ورودی بستر به داخل آبگیر پس از نصب صفحات مستغرق زمانی می‌تواند ناچیز باشد که نسبت دبی در واحد عرض آبگیر به دبی در واحد عرض کانال اصلی، کمتر از حدود  $0/2$  باشد. بایرون و همکاران (۲) از یک مدل سه‌بعدی برای بررسی فرایند اختلاط جریان در پایین دست



شکل ۱. نمایی از یک آبگیر



شکل ۲. روند نمادین جریان در یک خم و تأثیر جریان حلزونی بر بستر رودخانه در خم

افقی ساخته شده است (شکل ۳).

بعد از مخزن فلوم، یک دریچه کشویی برای تنظیم دبی ورودی به فلوم و یک سرریز مثلثی ۹۰ درجه برای اندازه‌گیری دبی ورودی و یک دریچه کشویی در ابتدای آبگیر جانبی برای باز و قطع جریان ورودی به آبگیر جانبی و همچنین سرریز مثلثی ۹۰ درجه در انتهای فلوم، برای اندازه‌گیری دبی خروجی از فلوم، از جنس ورق فلزی در نظر گرفته شده است. برای جلوگیری از ورود امواج به کانال از یک توری مشبک، بعد از سرریز ابتدایی استفاده شده است (شکل ۴).

برای چرخش آب در فلوم آزمایشگاهی با توجه به دبی مورد نظر از یک پمپ سانتیفریوژ به قدرت ۱۱ کیلووات، قطر لوله مکش و دهش شش اینچ استفاده شد. ارتفاع مکش پمپ

کانال‌های مستقیم ورودی در ابتدای فلوم و خروجی در انتهای فلوم به ترتیب ۴/۵ و ۲/۵ متر است، عرض و ارتفاع فلوم نیز به ترتیب ۰/۵ و ۰/۶ متر بوده و بدنه فلوم در ارتفاع ۰/۷ متری از سطح زمین قرار دارد. مسیر ورودی مستقیم (برای ایجاد جریان یکنواخت و توسعه یافته)، کف آن از جنس ورق فلزی به ضخامت سه میلی‌متر و دیواره‌ها از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و به طول ۴/۵ متر ساخته شده که هم اثر زبری جداره را کاهش می‌دهد و هم پدیده‌های هیدرولیکی در محفظه قابل رویت هستند، مسیر خروجی نیز مستقیم، کف آن از جنس ورق فلزی به ضخامت سه میلی‌متر و دیواره آن از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر به طول ۲/۵ متر است، کف فلوم بدون شیب و در حد دقت اجرایی به صورت



شکل ۳. نمایی از فلوم



شکل ۴. سرریزهای ورودی و خروجی مثلثی با رأس ۹۰ درجه، در ابتدا و انتهای فلوم

۹۰ درجه در این تحقیق عبارتند از:

- عوامل مربوط به هندسه کانال: عرض کانال (B)، شعاع قوس (R)، شیب طولی فلوم (S0)، زاویه مرکزی قوس (δ).
  - عوامل مربوط به هندسه صفحات مستغرق: طول مؤثر صفحات (L)، زاویه قرارگیری صفحات نسبت به ساحل بالادست (θ)، فاصله صفحات (s)، ارتفاع صفحات (h).
  - عوامل مربوط به میزان درصد همگرایی سواحل رودخانه
- $$CR=(b/B)$$
- عوامل مربوط به میزان درصد همگرایی سواحل رودخانه
- $$DR=(b/B)$$

تقریباً دو متر و ارتفاع دهش آن حدود ۲۰ متر و حداکثر دبی قابل انتقال توسط پمپ ۴۰ لیتر در ثانیه است (شکل ۵).

در این تحقیق به ارزیابی تأثیر همگرایی و واگرایی بودن کانال روی هیدرولیک جریان در آبگیر پرداخته شده که به منظور تحقق این هدف با استفاده از پلکسی گلاس در فلوم آزمایشگاهی دو قوس همگرا و دو قوس واگرا ساخته شد (شکل‌های ۶ و ۷).

#### آنالیز ابعادی

عوامل مهم در میزان رسوب ورودی به آبگیر جانبی در قوس





شکل ۵. پمپ سانتریفیوژ



شکل ۶. قوس همگرا و واگرای ساخته شده

مورد نظر روابط بی بعد به صورت زیر به دست می آیند:

$$f(CR, DR, \theta, F_r) = 0 \quad (2)$$

متغیرهای آزمایشها در جدول ۱ آمده است.

عرض آبگیر معادل ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد و از ورق فلزی اسکلت آن ساخته شد.

#### مدل ریاضی CCHE2D

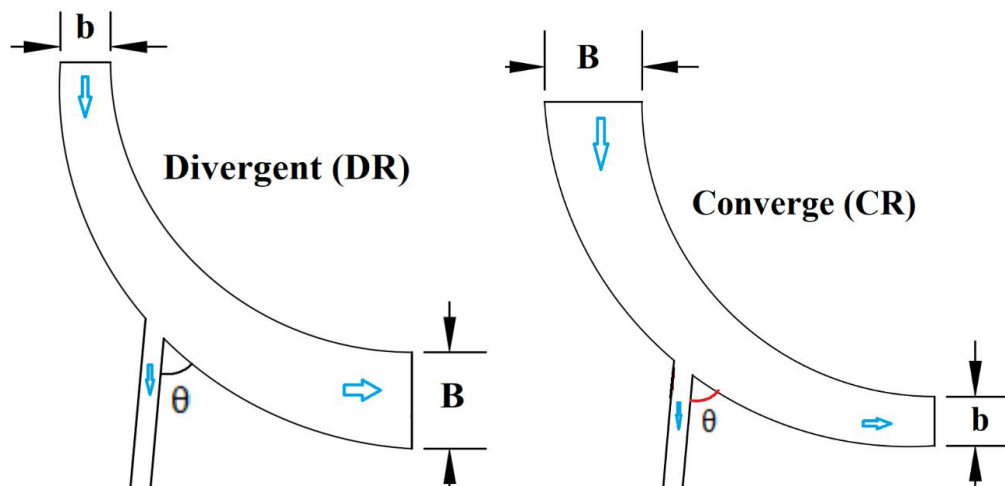
در این تحقیق همچنین به شبیه سازی انشعاب با مدل ریاضی

خصوصیات مربوط به شرایط هیدرولیکی جریان: دبی جریان در کانال اصلی (QM)، دبی جریان در کانال آبگیر (QI)، سرعت جریان در بالادست (V)، عمق جریان (y) و شتاب ثقل (g).

- خصوصیات مربوط به سیال: جرم مخصوص (ρ) و ویسکوزیته دینامیکی (μ).

$$f(B, R, S_0, \delta, L, \theta, s, h, CR, QM, QI, V, y, g, d_{50}, S, ds, \rho, \mu) = 0 \quad (1)$$

با استفاده از تئوری باکینگهام و ثابت فرض کردن پارامترهای



شکل ۷. نمادین فلوم همگرا و واگرا

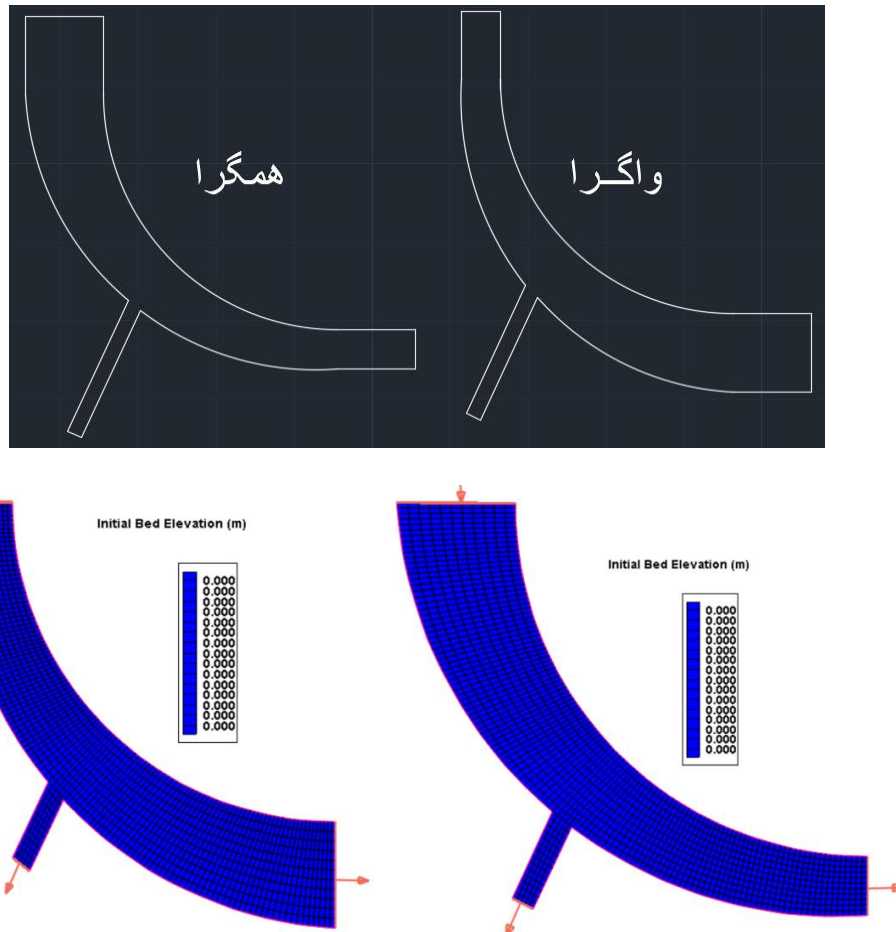
جدول ۱. متغیرهای آزمایش

همگرایی (b/B) (CR)	واگرایی (b/B) (DR)	زاویه ( $\theta$ )	(Fr)	آزمایش‌ها شاهد	کل آزمایش‌ها
۰/۷۵ و ۰/۵	۰/۷۵ و ۰/۵	۳۰، ۶۰، ۹۰	۰/۰۴ و ۰/۰۸ و ۰/۱۲ و ۰/۱۶ و ۰/۲	۱۵	۷۵

رفته در مدل CCHE2D-GUI را بر اساس روش عددی المان محدود (Finite Element) ممکن می‌سازد. مدل CCHE2D-GUI یک مدل دوبعدی متوسط عمقی است که شرایط جریان در این مدل به صورت غیرماندگار است و می‌تواند در این حالت جریان آب و رسوب را بر اساس روش المان محدود شبیه‌سازی کند (۷). شبیه‌سازی جریان آب بر اساس حل معادلات متوسط عمقی ناویر-استوکس است. تنش برشی متلاطم با استفاده از تخمین بوزینسک محاسبه می‌شود و برای محاسبه لزجت گردابه‌ای متلاطم از سه مدل توربولانت مختلف می‌توان استفاده کرد. مجموعه معادلات حاصل به صورت ضمنی با استفاده از روش حجم کنترل و عناصر مؤثر حل می‌شوند. استفاده از این روش نوسان‌های عددی را از بین برده و حل پایدار می‌کند. این معادلات به روش المان مؤثر یا تفاضل‌های نمایی حل می‌شوند (۳).

CCHE2D نیز پرداخته شد که در ادامه به معرفی این نرم‌افزار و نحوه شبیه‌سازی آن پرداخته شده است.

مدل CCHE2D در سال ۱۹۹۷ در مرکز بین‌المللی محاسبات علوم مهندسی آب (National Center for Computational Hydroscience and Engineering (NCCHE)) توسط وانگ، سام و جیا تحت نظر دانشگاه می‌سی‌سی‌پی آمریکا تهیه شد. در سال‌های اخیر این مدل به تدریج توسعه یافته به طوری که نگارش آخر آن (CCHE2D 3.2) از قابلیت‌های زیادی در زمینه شبیه‌سازی آب و رسوب برخوردار است. کدهای این برنامه با استفاده از زبان برنامه‌نویسی فرترن ۹۰ نوشته شده است. به طور کلی این مجموعه شامل دو مدل جداگانه است. یکی مدل مش‌بندی و دیگری مدل CCHE2D-GUI. مدل مش‌بندی با ایجاد قابلیت تولید شبکه ساخت‌یافته (Structured) از خطوط منقطع، محیطی ایجاد می‌کند که حل معادلات آب و رسوب به کار



شکل ۸. نمونه طراحی شده در نرم افزار Auto Cad و شبکه Mesh فلوم با قالب بندی geo

جریان شامل رقوم بستر اولیه، تراز سطح آب اولیه و زبری اولیه بستر است (۱۰). تراز اولیه سطح آب متناسب با تراز آب در فلوم آزمایشگاهی تعیین شده است. شرایط مرزی جریان شامل جریان ورودی و ارتفاع آب در خروجی است.

### نتایج

نتایج در این تحقیق شامل بررسی تأثیر عدد فرود، تغییر اندازه واگرایی و همگرایی و تغییر زاویه آبگیر بر میزان دبی و رسوب ورودی به آبگیر است که به این ترتیب نتایج در ۳ بخش تقسیم می شوند:

- ۱- اثر واگرایی و همگرایی بر آبگیر
- ۲- اثر زاویه آبگیر
- ۳- بررسی نتایج شبیه سازی با نرم افزار CCHE2D

تهیه Mesh بر اساس دیتابیس فراهم شده از داده های توپوگرافی دیتابیس به کار رفته برای تهیه Mesh از نوع دیتابیس تصادفی است که چنانچه پیش تر اشاره شد در تصادفی با قالب بندی mesh\_xyz مشخص می شود. این پایگاه داده ها، بر اساس نقشه مقاطع عرضی فلوم برداشت شده است، تهیه شد که در شکل ۸ نشان داده شده است.

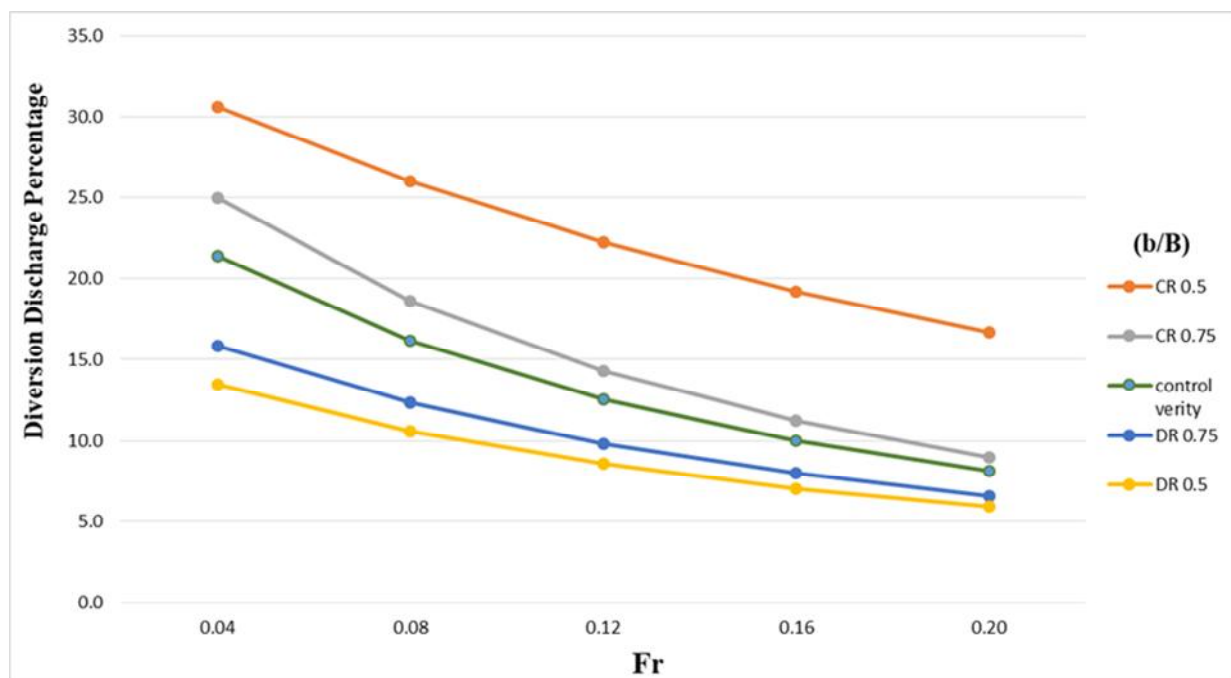
در ابتدا با استفاده از نرم افزار Auto Cad کلیه مقادیر x و y و z منطقه مورد نظر را استخراج شد و به وسیله نرم افزار Excel تبدیل به فرمت \*Mesh\_xyz شد که با مش بندی در شکل ۸ نشان داده شده است.

داده های جریان شامل شرایط اولیه جریان، شرایط مرزی و پارامترهای جریان در مدل CCHE2D هستند. داده های شرایط اولیه





شکل ۹. تصاویری از آزمایش‌ها



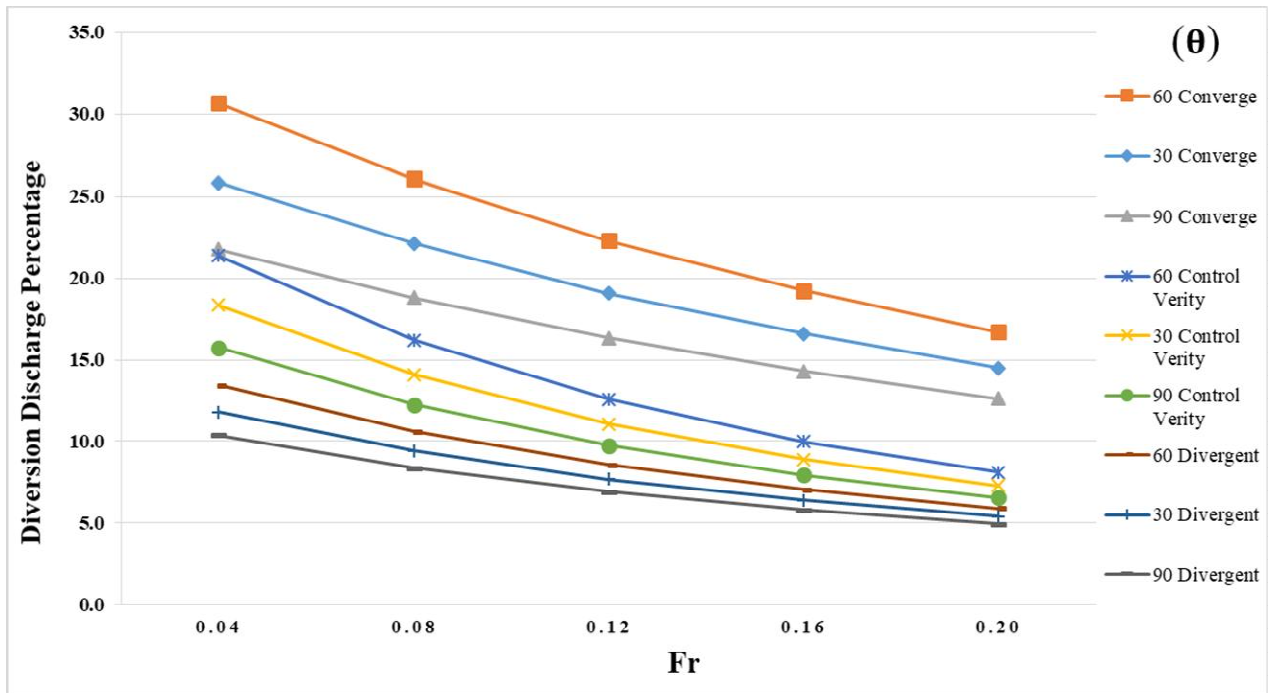
شکل ۱۰. نمودار بررسی اثر همگرایی و واگرایی بر دبی انحرافی به آبگیر (رنگی در نسخه الکترونیکی)

در شکل ۹ تصاویری از آزمایش‌ها نشان داده شده است.

بررسی تأثیر واگرایی و همگرایی بر آبگیر پرداخته شده است.

با توجه به نمودار شکل ۱۰ می‌توان به خوبی مشاهده کرد با همگرایی کردن فلوم آزمایشگاهی دبی انحرافی به آبگیر افزایش پیدا کرده است. هر چه انتهای فلوم تنگ‌تر شده و همگرایی شود باعث افزایش بیشتر دبی انحرافی می‌شود، به طوری که با

۱- بررسی اثر واگرایی و همگرایی بر آبگیر  
با انجام آزمایش‌ها، داده‌های مورد نیاز برای تحلیل نتایج برداشت شد که در قالب نمودارهای نشان داده می‌شود. در این بخش به



شکل ۱۱. نمودار تأثیر زاویه آبگیر بر دبی انحرافی به آبگیر (رنگی در نسخه الکترونیکی)

با توجه به نمودار شکل ۱۱ می‌توان به خوبی مشاهده کرد به طور متوسط در تمامی موارد اعم از همگرا یا واگرا یا شاهد با افزایش زاویه آبگیر از ۳۰ به ۶۰ درجه درصد دبی انحرافی به آبگیر افزایش داشته است و در ادامه با افزایش زاویه آبگیر از ۶۰ به ۹۰ درجه کاهش دبی آبگیری را شاهد هستیم. به طور متوسط درصد دبی انحرافی به آبگیر با زاویه ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه به ترتیب ۱۳/۲، ۱۵/۲ و ۱۱/۵ درصد است.

### ۳- بررسی نتایج شبیه‌سازی با نرم‌افزار CCHE2D

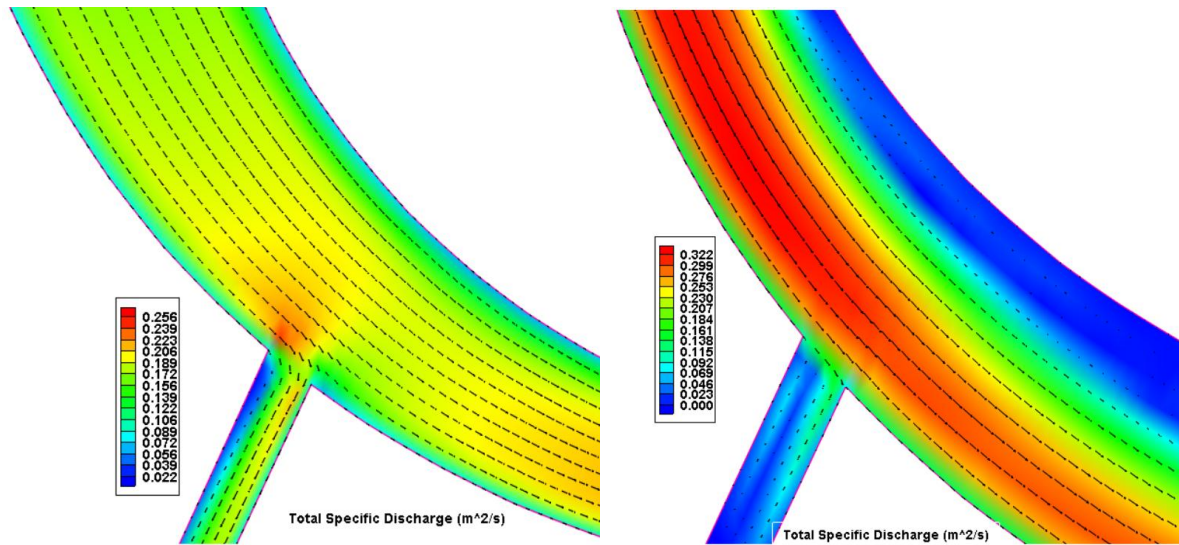
در این بخش به بررسی نتایج شبیه‌سازی با نرم‌افزار CCHE2D پرداخته شده است (شکل ۱۲). در ابتدا تصاویری از نتایج گرافیکی نشان داده شده و سپس نتایج شبیه‌سازی با نتایج آزمایشگاهی در قالب نمودار مقایسه می‌شود.

نمودار شکل ۱۳ مقایسه نتایج شبیه‌سازی با مدل CCHE2D و مدل آزمایشگاهی است. نتایج شبیه‌سازی با مدل CCHE2D نزدیک به نتایج مدل فیزیکی است. شبیه‌سازی آبگیر در قوس

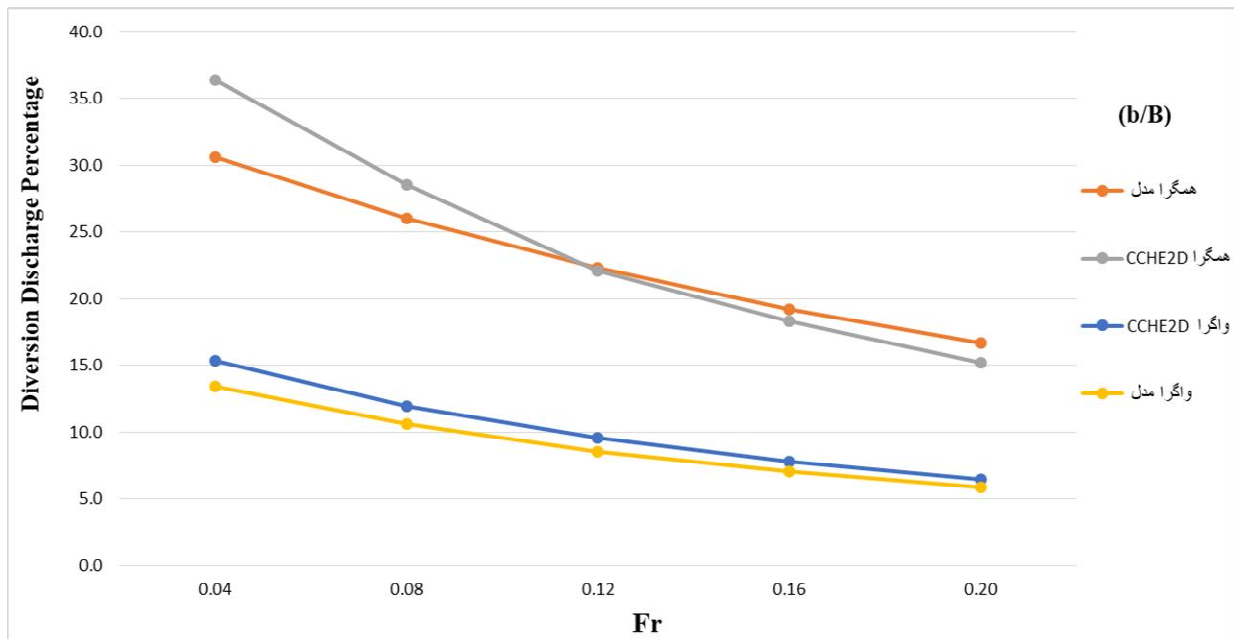
همگرا کردن فلوم به اندازه (b/B) ۰/۷۵ و ۰/۵ به ترتیب باعث افزایش ۱۳/۶ و ۷۵ درصد دبی انحرافی به آبگیر می‌شود که می‌توان علت آن را تنگ‌شدگی و انسداد جریان و پس زدن جریان به آبگیر دانست. برخلاف همگرایی با واگرا کردن فلوم نتایج عکس شده، به عبارتی با واگرا کردن فلوم دبی ورودی به آبگیر کاهش پیدا کرده است. هر چه انتهای فلوم باز تر شده و واگراتر شود باعث کاهش بیشتر دبی انحرافی می‌شود. با واگرا کردن فلوم به اندازه (b/B) ۰/۷۵ و ۰/۵ به ترتیب باعث کاهش ۲۱/۹ و ۳۱/۸ درصد دبی انحرافی به آبگیر می‌شود. همچنین نتایج نشان دادند با افزایش عدد فرود، دبی ورودی به آبگیر در هر دو حالت واگرا و همگرا کاهش پیدا کرده است. با افزایش عدد فرود از ۰/۴ به ۰/۲ به طور متوسط دبی ورودی به آبگیرها ۵۴/۶ درصد کاهش پیدا کرده است.

### ۲- بررسی اثر زاویه بر آبگیر

در این بخش به بررسی تأثیر زاویه آبگیری بر آبگیرها پرداخته شده است.



شکل ۱۲. نتایج گرافیکی شبیه‌سازی آبگیر در قوس همگرا و واگرا با نرم‌افزار CCHE2D (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۱۳. نمودار مقایسه نتایج شبیه‌سازی با مدل CCHE2D و مدل آزمایشگاهی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

### نتیجه‌گیری

از جمله نکاتی که بایستی در طراحی عمومی آبگیرها به آن اشاره کرد مواردی نظیر، تأمین کردن آب به میزان مطلوب در هر زمان، برای رفع نیازها، بدون در نظر گرفتن دبی رودخانه است، مشروط بر آنکه نیازها از جریان رودخانه تجاوز نکنند. با توجه

همگرا ۹/۴ درصد خطا و شبیه‌سازی آبگیر در قوس واگرا ۱۱/۹ درصد خطا نسبت به مدل فیزیکی دارد که قابل قبول است. البته باید به این نکته اشاره کرد که در ابتدا مدل ریاضی کالیبره شده و سپس به انجام آزمایش‌های اصلی پرداخته شد. عمل کالیبره باعث کم شدن خطای شبیه‌سازی تا حد ممکن می‌شود.

باعث کاهش ۲۱/۹ و ۳۱/۸ درصد دبی انحرافی به آبگیر می شود.

۲- نتایج نشان دادند با افزایش عدد فرود، دبی ورودی به آبگیر در هر دو حالت واگرا و همگرا کاهش پیدا کرده است. با افزایش عدد فرود از ۰/۴ به ۰/۲ به طور متوسط دبی ورودی به آبگیرها ۵۴/۶ درصد کاهش پیدا کرده است.

۳- به طور متوسط در تمامی موارد اعم از همگرا یا واگرا یا شاهد با افزایش زاویه آبگیر از ۳۰ به ۶۰ درجه درصد دبی انحرافی به آبگیر افزایش داشته است و در ادامه با افزایش زاویه آبگیر از ۶۰ به ۹۰ درجه کاهش دبی آبگیری را شاهد هستیم. به طور متوسط درصد دبی انحرافی به آبگیر با زاویه ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه به ترتیب ۱۳/۲، ۱۵/۲ و ۱۱/۵ درصد است.

۴- نتایج شبیه سازی با مدل CCHE2D نزدیک به نتایج مدل فیزیکی است. شبیه سازی آبگیر در قوس همگرا ۹/۴ درصد خطا و شبیه سازی آبگیر در قوس واگرا ۱۱/۹ درصد خطا نسبت به مدل فیزیکی دارد که قابل قبول است.

به کمبود اطلاعات لازم در این زمینه و اهمیت پدیده انتقال رسوب به آبگیرهای جانبی در قوس رودخانه‌ها، هدف اصلی تحقیق حاضر بر شناخت دقیق این مکانیزم استوار است. بدین منظور با بهره گرفتن از مدل فیزیکی، اثر ترکیب همگرایی و واگرایی در آبگیرهای جانبی در پدیده انتقال رسوب مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در زیر خلاصه نتایج آن آمده است:

۱- با همگرا کردن فلوم آزمایشگاهی دبی انحرافی به آبگیر افزایش پیدا کرده است. هر چه انتهای فلوم تنگ‌تر شده و همگراتر شود باعث افزایش بیشتر دبی انحرافی می‌شود، به طوری که با همگرا کردن فلوم به اندازه (b/B) ۰/۷۵ و ۰/۵ به ترتیب باعث افزایش ۱۳/۶ و ۷۵ درصد دبی انحرافی به آبگیر می‌شود که می‌توان علت آن را تنگ‌شدگی و انسداد جریان و پس زدن جریان به آبگیر دانست. بر خلاف همگرایی با واگرا کردن فلوم نتایج عکس شده، به عبارتی با واگرا کردن فلوم دبی ورودی به آبگیر کاهش پیدا کرده است. هر چه انتهای فلوم بازتر شده و واگراتر شود باعث کاهش بیشتر دبی انحرافی می‌شود. با واگرا کردن فلوم به اندازه (b/B) ۰/۷۵ و ۰/۵ به ترتیب

## منابع مورد استفاده

1. Barkdoll, B. D., R. Ettema and A. J. Odgaard. 1999. Sediment control at lateral diversions: Limits and enhancements to vane use. *Journal of Hydraulic Engineering* 125(8): 862-870.
2. Biron, P. M., A. S. Ramamurthy and S. Han. 2004. Three-dimensional numerical modeling of mixing at river confluences. *Journal of Hydraulic Engineering* 130(3): 243-253.
3. Esmailnejad, M. 2002. Hydraulic laboratory study of the inlet flow to the reservoirs of Hamidiyeh diversion dam using micro model, M.Sc. Thesis of Irrigation Facilities Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Farsi).
4. Gravandi, E., A. Kamanbeadst, A. R. Masjedi, M. Heidarnjad and A. Bordbar. 2018. Laboratory investigation of the impact of armor dike simple and l-shaped in upstream and downstream intake of the hydraulic flow river and intake flow rate. *JWSS-Isfahan University of Technology* 22(3): 55-70.
5. Hassanpour, F. and A. Ayubzadeh. 2007. The effect of submerged plates on the rate of flooding and the longitudinal profile of water level in the vicinity of 90 degree lateral reservoirs. *Natural Resources* 77(3): 104-110. (In Farsi).
6. Huang, J. L., L. J. Weber and G. L. Yong. 2002. Three- Dimensional Numerical study of flows in open-channel junctions flow. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE* 128(3): 268-280.
7. Hussein, A. S. A. and K. V. H. Smith. 1986. Flow and bed deviation angle in curved open channels. *Journal of Hydraulic Research* 23(1): 105-110.
8. Kamanbedast, A. A., S. Akib and K. Khadem. 2018. Investigation of epi structure in frontal of intakes on diversion flow in river bend with cche2d model. *Feb-Fresenius Environmental Bulletin* 23(12): 807-918
9. Kamanbedast, A. A., R. Nasrollahpour and M. Mashal. 2013. Estimation of sediment transport in rivers using CCHE2D model (case Study: Karkheh River). *Indian Journal of Science and Technology* 6(2): 4112-4115.
10. Kamanbedast, A. A. 2013. Hydraulic Structures Engineering, 1st Edition, Publication Center of Islamic Azad University of Ahvaz. (In Farsi).

11. Khanjani, M., Gh. Barani, M. Rahmanian and M. Sajedi. 1999. Study of spatial arrangement of submerged plates to reduce sedimentary sedimentation of reservoirs with physical model. *Tehran Jihad Sazandegi Research Center* 15(2): 143-156.
12. Manadizadeh, M. 2013. Laboratory of hydraulic stream laboratory on the threshold of dekhoda cultivation and industrial tank using micro model. Master's Thesis - Shushtar Islamic Azad University. (In Farsi).
13. Montaseri, H., M. Qudsian and A. Dehghani. 2009. Laboratory study of the flow field around the sunken plates in front of the lateral catchment opening in the U-shaped channel. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 16(2): 175-182
14. Naghizadeh, A. and H. Behbahani. 2004. Study of hydraulic current conditions in reservoirs with a deviation angle of 90 and 75 degrees using physical model. M.Sc. Thesis in Irrigation Facilities Engineering, Shahid Chamran University Ahvaz of Ahvaz. (In Farsi).
15. Pirestani, M. and S. M. Salehi Neyshabouri. 2005. Laboratory study of the effect of hydraulic parameters on the isolated area of lateral reservoirs in arc channels. 5th Iranian Hydraulic Conference, Shahid Bahonar University of Kerman. (In Farsi).
16. Shafahi Bajestan, M. and R. Ghobadian. 2007. Hydraulic study of flow and sediment at the confluence of rivers, final report of the research project. Water Research Committee of Khuzestan Water and Power Organization. (In Farsi).
17. Shafahi Bajestan, M. and S. Nazari. 1998. The effect of reservoir deflection angle on the amount of sediment entering the lateral reservoirs in the vertical bend of the river. *Journal of Agricultural Science, Shahid Chamran University of Ahvaz* 22(3): 93-108. (In Farsi).
18. Zahiri, J. and M. Kashefipour. 2009. Study of the effect of various factors on the amount of sediment entering the lateral reservoir using bilateral variance analysis. 8th International Seminar on River Engineering, Shahid Chamran University. (In Farsi).
19. Zahiri, J. and M. Ashnavar. 2019. Two dimensional hydraulic modeling of Karun river. *JWSS-Isfahan University of Technology* 23(4) :331-344.



## The Effect of Convergence and Divergence on Flow Pattern and Sediment Transport in Lateral Intakes

P. Heydari Rad<sup>1</sup>, A. A. Kamanbedast<sup>1\*</sup>, M. Heidarnejad<sup>1</sup>, A. R. Masjedi<sup>1</sup>  
and H. Hasoonizadeh<sup>2</sup>

(Received: April 3-2018; Accepted: October 6-2018)

### Abstract

Water supply at a desired rate at any time to meet the water requirements regardless of river discharge must be considered in the general design of intakes provided that the needs do not exceed the river flow. Due to the lack of necessary information in this field and the importance of sediment transport to the lateral intakes at river bends, this study aimed at understanding the mechanism of this phenomenon. To this end, the combined effect of convergence and divergence in lateral intakes on the sediment transport was investigated. According to the results, the diversion discharge to the intake was increased by converging the laboratory flume. By narrowing and converging the end of the flume, the diversion discharge was increased further, so that as the flume was converged to the size (b/B) of 0.75 and 0.5, the diversion discharge to the intake was increased by 13.6% and 75%, respectively. This could be connected to narrowing, flow obstruction and backflow to the intake. In contrast, different results were found by diverging the flume. In other words, the inflow to the intake was decreased by diverging the flume. As the flume end was diverged, the diversion discharge was decreased further. By diverging the flume to the size (b/B) of 0.75 and 0.5, the diversion discharge to the intake was decreased by 21.9 and 31.8%, respectively. The average diversion discharge to the intake at 30, 60 and 90° was 13.2, 15.2 and 11.5%, respectively. By converting the flume to the size (b/B) of 0.75 and 0.5, the diversion sediment to the intake was increased by 18.5 and 71.4%. In contrast, by diverging the flume to the size (b/B) of 0.75 and 0.5, the diversion sediment to the intake was decreased by 35.4 and 49.9%, respectively.

**Keywords:** Intake, Sediment transport, Divergence, Convergence, Diversion discharge

---

1- Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2- Khouzesan Water and Power Authority.

\*: Corresponding author, Email: Ka57\_amir@yahoo.com