

## شبیه‌سازی دوبعدی الگوی جریان و تغییرات بستر در آبراه‌های مستقیم و پیچان‌رودی تحت تأثیر سازه آبشکن

سودابه اعزی<sup>۱\*</sup>، محمدجواد خانجانی<sup>۲</sup>، محمد ذونعمت کرمانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۷

### چکیده

آبشکن‌ها از سازه‌های مهم ساماندهی رودخانه به‌شمار می‌آیند، که برای حفاظت و شکل دادن به سواحل و آبراه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سازه‌ها با طول و زاویه مناسب نسبت به راستای جریان از دیواره طبیعی رودخانه توسعه یافته و سبب انحراف جریان از کناره‌ها و هدایت آن به سمت محور مرکزی رودخانه می‌گردند. در این تحقیق، با استفاده از مدل عددی هیدرودینامیکی و انتقال رسوب CCHE2D به شبیه‌سازی الگوی جریان و تغییرات بستر آبراه در اطراف سازه آبشکن پرداخته شد. برای ارزیابی درستی خروجی‌های این مدل عددی، نتایج آن با مقادیر مشاهداتی دو تحقیق آزمایشگاهی جداگانه که در این خصوص صورت گرفته بود مقایسه شد. دقت نتایج به‌دست آمده از مدل در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی، با استفاده از پارامترهای آماری RMSE، MARE،  $RE_{max}$  و  $R^2$  ارزیابی شد. مقایسه نتایج آزمایشگاهی با نتایج حاصل از مدل عددی CCHE2D نشان می‌دهد که این مدل می‌تواند با دقت مناسبی (ضریب تعیین بین ۰/۷۵۵ تا ۰/۹۵۵) الگوی جریان را در اطراف آبشکن‌های منفرد و سری آبشکن‌ها شبیه‌سازی نماید. همچنین تغییرات بستر آبراه، حول سری آبشکن با دقت قابل‌قبولی شبیه‌سازی شد، که نشان داد مدل CCHE2D با دقت بالایی (ضریب تعیین ۰/۹۹۰) عمق آبستنگی بیشینه را پیش‌بینی می‌نماید، اما عرض چاله آبستنگی را در اطراف آبشکن، خیلی بیش‌تر از مقادیر مشاهده شده آزمایشگاهی نشان می‌دهد. علاوه بر این، نتایج مدل عددی نشان داد که عمق فرسایش کانال اصلی با طول آبشکن در سری آبشکن‌ها رابطه مستقیم دارد که مشاهدات آزمایشگاهی نیز این مساله را تایید کردند.

واژه‌های کلیدی: آبشکن، الگوی جریان، پیچان‌رود، تغییرات بستر، مدل CCHE2D

### مقدمه

(2012)، (Neveen., 2011)، ولی تاکنون تاثیرات هیدرولیکی و مورفولوژیکی آبشکن‌ها بر آبراه‌ها در شرایط مختلف، به‌طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر این، اغلب مطالعاتی که توسط محققان در این زمینه صورت گرفته، در زمینه مطالعه پدیده‌های جریان و رسوب حول آبشکن‌های منفرد بوده و این در حالی است که در عمل، آبشکن‌ها به‌صورت متوالی اجرا می‌شوند. به‌همین دلیل این تحقیق در وهله اول بر آن است تا علاوه بر بررسی جریان حول آبشکن منفرد، خلا موجود در تحقیقات حاضر را با بررسی جریان و تغییرات بستر آبراه در حالت سری آبشکن‌ها پر نماید. با توجه به این که بیش‌تر روابط تجربی ارایه شده در زمینه برآورد مشخصات جریان و انتقال رسوب از داده‌های آزمایشگاهی استخراج شده‌اند، تبدیل این شرایط به شرایط موجود در طبیعت با خطای زیادی همراه خواهد بود و این مساله همواره به‌عنوان یک نقطه ضعف بزرگ در استفاده از این روابط مطرح بوده است. یافته‌های محققان مختلف نشان داده است که روش‌های عددی می‌توانند به‌عنوان روشی مناسب و قابل اطمینان برای مطالعه پدیده-

آبشکن‌ها برای اهدافی نظیر پایداری آبراه‌ها، کشتیرانی، سیستم‌های آبیاری، تامین آب و محافظت سواحل از فرسایش ساخته می‌شوند. امروزه از این سازه‌ها به‌منظور محافظت و نگهداری از محیط زیست نیز استفاده می‌شود (Hiroshi et al., 2008). بررسی و شناخت الگوی جریان و فرآیند فرسایش و رسوب‌گذاری در محدوده آبشکن‌ها برای طراحی، حفاظت و نگهداری از این سازه‌ها اهمیت فراوانی دارد. علی‌رغم مطالعات زیادی که در خصوص شناخت پدیده‌های ناشی از حضور آبشکن در رودخانه صورت گرفته (Sharma and Zange et al., 2012)، (Mohapatra., 2012)، (Hiroshi et al., 2008)، (

۱- کارشناس ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- استاد گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

\* نویسنده مسئول: (Email: soudabehaezzi@gmail.com)

جریان بر آبشستگی کناره رودخانه در یک فلووم مستقیم و حول آبشکن منفرد با استفاده از مدل عددی CCHE2D پرداختند و نشان دادند که با افزایش طول آبشکن، فرسایش کناره رودخانه کاهش می‌یابد. فتیحی و همکاران (۱۳۹۱)، با شبیه‌سازی الگوی جریان در یک پیچان‌رود طبیعی به بررسی اهمیت و مزیت مدل عددی CCHE2D به منظور پیش‌بینی و پایش فرایندهای حاکم بر جریان رودخانه پرداختند. در این تحقیق به بررسی قابلیت مدل عددی هیدرودینامیکی CCHE2D در شبیه‌سازی الگوی جریان و تغییرات بستر آبراهه حول آبشکن‌های منفرد و سری در دو حالت فلووم مستقیم و پیچان‌رودی پرداخته شد و رفتار جریان و تغییرات بستر حول آبشکن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### معرفی مدل مورد استفاده

نرم‌افزار CCHE2D-GUI هسته گرافیکی نرم-افزار CCHE2D است که به آمایش شرایط اولیه، پارامترهای مدل، اجرای شبیه‌سازی عددی و نمایش گرافیکی نتایج خروجی می‌پردازد. مدل CCHE2D-GUI<sup>۲</sup> یک مدل دوبعدی متوسط عمقی می‌باشد که شرایط جریان در آن به صورت غیرماندگار است و می‌تواند در این حالت جریان آب و رسوب را بر اساس روش اجزا محدود شبیه‌سازی کند. نسخه اولیه این نرم‌افزار در سال ۱۹۹۷ توسط مرکز ملی مطالعات هیدرولیکی در دانشگاه می‌سی‌سی‌پی منتشر گردید. برای تشکیل شبکه، از نرم‌افزار پیش پردازنده CCHE-MESH استفاده می‌شود که قابلیت ایجاد شبکه‌بندی در ساختارهای پیچیده را دارد (Zhang and Jia., 2009).

### معادلات حاکم بر مدل

شبیه‌سازی جریان آب بر اساس حل معادلات متوسط عمقی ناویر-استوکس می‌باشد. تنش برشی متلاطم با استفاده از تخمین بوزینسک محاسبه می‌گردد و برای محاسبه لزجت گردابه‌ای متلاطم، از سه مدل تالطم مختلف می‌توان استفاده نمود. رابطه‌های مدل دوبعدی انتگرال عمقی شامل رابطه پیوستگی، رابطه مومنتوم، رابطه آشفتگی  $K-\epsilon$  و رابطه‌های انتقال رسوب می‌باشد (Wu., 2001). نرم‌افزار CCHE2D از یک مدل عددی مرکب، EFM<sup>۳</sup>؛ که همه مزایای مدل‌های FEM<sup>۴</sup> و FVM<sup>۵</sup> را دارا می‌باشد، استفاده می‌کند. مجموعه روابط حاصل به صورت ضمنی با استفاده از روش حجم

های اطراف آبشکن مدنظر قرار گیرند (نوروزی و همکاران، ۱۳۸۸). مطالعات محققان نشان می‌دهد که شبیه‌سازی جریان و انتقال رسوب حول آبشکن‌ها، دست‌کم به یک مدل دوبعدی نیاز دارد (Sharma and Mohapatra., 2012). مدل‌های سه‌بعدی اگرچه می‌توانند این پدیده را به صورت دقیق‌تر مدل کنند اما اجرای یک مدل سه‌بعدی در طبیعت و برای دوره‌های زمانی طولانی، وقت‌گیر بوده و مقرون به صرفه نمی‌باشد. پیش از این، نوین، به بررسی میدان جریان در یک فلووم با آبشکن‌های غیرمستغرق پرداخت و مشخصات جریان را با وجود سری آبشکن‌ها مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیش‌ترین سرعت آب در مسیر اصلی جریان زمانی رخ می‌دهد که نسبت طول آبشکن به عرض فلووم برابر با یک پنجم باشد (Neveen., 2011). شارما و موهاپاترا، به بررسی جریان اطراف آبشکن در یک کانال پیچان‌رودی با مقطع دوزنقه‌ای و بستر صلب پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که منطقه جداشدگی<sup>۱</sup> مطابق با محل احداث آبشکن تغییر می‌کند و در ارتفاعات بالا در مقایسه با ارتفاعات نزدیک بستر، عریض‌تر می‌باشد (Sharma and Mohapatra., 2012). ژانگ و همکاران، با استفاده از یک مدل آزمایشگاهی به بررسی تغییرات مورفولوژیک و اندازه دانه‌های شن حول یک آبشکن نفوذناپذیر پرداختند و اظهار داشتند که ضخامت بستر حول آبشکن از بالادست به سمت پایین‌دست بیش‌تر شده و در حفره آبشستگی به وجود آمده، رسوب کف درشت‌تر از رسوب بالای حفره می‌باشد (Zange et al., 2012). آچاریا و دوان، با استفاده از مدل Flow-3D به شبیه‌سازی میدان جریان آشفته حول یک سری سه‌تایی از آبشکن‌ها در بستر صاف پرداختند (Acharya and Duan., 2011). نتایج این مطالعه نشان داد که مدل  $RNG K-\epsilon$  برای شبیه‌سازی میدان جریان حول آبشکن‌ها مناسب می‌باشد. نوحا و همکاران، تغییرات میدان جریان و عمق آبشستگی حول یک آبشکن منفرد را با استفاده از یک مدل عددی دوبعدی شبیه‌سازی نمودند. این مدل از روش المان محدود برای حل رابطه جریان گردابه‌ای متوسط رینولدز استفاده نموده و قابلیت تخمین بیش‌ترین عمق آبشستگی و تعیین بهترین پیکربندی آبشکن به منظور کاهش آبشستگی را دارا می‌باشد (Noha et al., 2012). کشاورز و همکاران (۱۳۸۷)، با استفاده از نرم‌افزار Fluent به شبیه‌سازی سه‌بعدی الگوی جریان حول آبشکن در دو حالت مایل و عمود بر ساحل پرداختند. واقفی و همکاران (۱۳۸۸)، با انجام یک سری آزمایشات، اثر موقعیت استقرار آبشکن T شکل در قوس ۹۰ درجه را بر میزان آبشستگی اطراف آن‌ها بررسی نمودند. نوروزی و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از نرم‌افزار SSIIM به شبیه‌سازی سه‌بعدی آبشستگی حول آبشکن پرداختند. میرپنجی و همکاران (۱۳۸۸)، به بررسی تاثیر طول آبشکن و دبی

2-Graphical User Interface

3-Efficient Finite Element Method

4-Finite Element Method

5-Finite Volume Method

1- Separation Zone

غلظت رسوب کلاس  $k$  ام،  $C_{*k}$  ظرفیت انتقال متناظر،  $\alpha$  ضریب انطباق برای بار معلق،  $\omega_{sk}$  سرعت تنظیم رسوب،  $q_{bkx}, q_{b*k}, q_{bky}$  به ترتیب ظرفیت انتقال بار بستر و نرخ انتقال بار بستر در راستای مولفه های  $x$  و  $y$ ،  $L_t$  طول انطباق برای بار بستر،  $P'$  تخلخل مواد بستر و  $z_{bk}$  تغییرات بستر می باشد (Keh., 2010). سایر پارامترها قبلا تعریف شده اند. شرایط مرزی رسوب معلق در سطح آب و رسوب معلق واسط بین بار معلق و بار بستر به ترتیب از روابط ۷ و ۸ به دست می آیند.

$$\frac{v_t}{\sigma_c} \frac{\partial C_k}{\partial z} + \omega_{sk} C_k = 0 \quad (7)$$

$$\frac{v_t}{\sigma_c} \frac{\partial C_k}{\partial z} + \omega_{sk} C_{b*k} = 0 \quad (8)$$

که  $C_{b*k}$  غلظت تعادل بار معلق در بین ناحیه بار بستر و ناحیه بار معلق می باشد.  $C_k$  از رابطه ۹ به دست می آید.

$$C_k = \frac{1}{h - \delta} \int_{z_h + \delta}^{z_s} c_k dz \quad (9)$$

که در این رابطه،  $\delta = 2d$  تعریف می شود که در آن  $d$  قطر متوسط ذرات رسوب است. لازم به ذکر است که نرم افزار CCHE2D دارای ۴ مدل تجربی برای مدل سازی انتقال رسوب می باشد (Wu., 2001).

### جمع آوری داده های آزمایشگاهی

میزان درستی خروجی های یک مدل عددی با مقایسه آن با مقادیر مشاهداتی و صحرایی سنجیده می شود، هرچه مقادیر مشاهداتی، به واسطه تجهیزات مورد استفاده، از دقت بالاتری برخوردار باشند، بر درجه اعتبار مقایسه ها افزوده می شود. به همین منظور و در راستای استفاده از داده های معتبر برای ارزیابی مدل CCHE2D، این تحقیق از داده های آزمایشگاهی راجاراتنام و ناچوکو، برای پیش بینی الگوی جریان در کانال مستقیم با حضور آبشکن منفرد استفاده می کند. آزمایش های راجاراتنام و ناچوکو شامل ۱۳ آزمایش جریان با دبی و زبری بستر مختلف می باشد که در یک فلوام مستقیم با مقطع مستطیلی، با طول ۳۶/۶ متر، عرض ۰/۹۱ متر و عمق ۰/۷۶ متر انجام شد (Rajaratnam and Neachukwu., 1983b). یک آبشکن از جنس آلومینیوم با ضخامت ۳ میلی متر و طول ۱۵۲/۴ میلی متر عمود بر دیواره و غیرمستغرق در فلوام نصب گردید. اندازه گیری ها در کل میدان جریان اطراف آبشکن و بالادست و پایین دست آن با دقت بالا صورت گرفت. شرایط هیدرولیکی این آزمایش ها در جدول ۱ مشاهده می شود. در این جدول یکاها بر حسب سیستم متریک می باشند.

کنترل و عناصر موثر حل می گردند. دو رابطه اصلی مدل سازی شامل روابط پیوستگی و مومنوم می باشد که به صورت روابط ۱ تا ۳ تعریف می شوند.

رابطه پیوستگی

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

رابطه مومنوم

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \quad (2)$$

$$= -g \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left[ \frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{cor} u$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3)$$

$$= -g \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left[ \frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + f_{cor} v$$

در روابط ۲ و ۳،  $u$  و  $v$  به ترتیب مولفه سرعت بر حسب متر بر ثانیه در راستای  $x$  و  $y$  و  $g$  شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه،  $z$  تراز سطح آب بر حسب متر،  $\rho$  جرم مخصوص آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب،  $h$  عمق آب در نقطه مورد نظر بر حسب متر،  $f_{cor}$  اثر کوریولیس (اثر پیچشی)،  $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yx}$  و  $\tau_{yy}$  مولفه های تنش برشی رینولدز و  $\tau_{bx}$  و  $\tau_{by}$  مولفه های تنش برشی در سطح بستر می باشد (Wu., 2001).

همچنین مدل CCHE2D می تواند انتقال رسوب غیریکنواخت را که مخلوطی از چندین کلاس است با در نظر گرفتن شیب بستر و اثر جریان ثانویه در قوس شبیه سازی کند. قابلیت شبیه سازی فرآیند انتقال رسوب غیریکنواخت با حل روابط ۴، ۵ و ۶ که به ترتیب مربوط به بار معلق، بار بستر و تغییرات بار بستر می باشند، فراهم می شود.

$$\frac{\partial(hC_k)}{\partial t} + \frac{\partial(uhC_k)}{\partial x} + v \frac{\partial(vhC_k)}{\partial y} \quad (4)$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left( \epsilon_s h \frac{\partial C_k}{\partial y} \right) + \alpha \omega_{sk} (C_{*k} - C_k)$$

$$\frac{\partial(\delta C_{bk})}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha_{bx} q_{bkx})}{\partial x} + \frac{\partial(\alpha_{by} q_{bky})}{\partial y} \quad (5)$$

$$+ \frac{1}{L_t} (q_{bk} - q_{b*k}) = 0$$

$$(1 - P') \frac{\partial z_{bk}}{\partial t} = \alpha \omega_{sk} (C_k - C_{*k}) + \frac{q_{bk} - q_{b*k}}{L_t} \quad (6)$$

که در این معادلات  $\epsilon_s$  ضریب پخش گردابه ای رسوب،  $C_k$

جدول ۱- شرایط هیدرولیکی آزمایش (Rajaratnam and

Neachukwu., 1983b)	
مقدار	پارامتر
۰/۰۴۵۳	دبی کل (m <sup>3</sup> /s)
۰/۲۵	سرعت متوسط (m/s)
۰/۱۸۹	عمق متوسط (m)
۰/۹۱۵	عرض آبراهه (m)
۰/۱۹	عدد فرود
۰/۱۵۲	طول آبشکن (m)

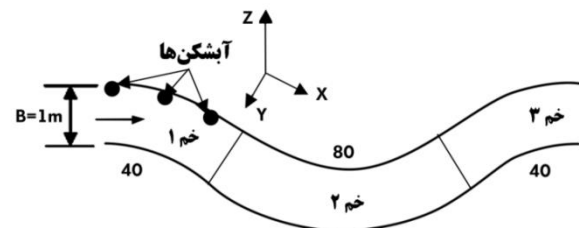
گیری وهمکاران، پنج آزمایش مختلف با تغییر در تعداد آبشکن- های موجود در فلوم انجام دادند (Giri et al., 2004). در تحقیق حاضر از داده‌های مشاهداتی آزمایش شماره ۵ برای ارزیابی مدل عددی CCHE2D در پیش‌بینی وضعیت جریان استفاده گردید. شرایط هیدرولیکی این آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است. در این جدول یکاها بر حسب سیستم متریک می‌باشند.

جدول ۲- شرایط هیدرولیکی آزمایش (Giri et al., 2004)

مقدار	پارامتر
۰/۲۱	سرعت متوسط (m/s)
۰/۰۹۶	عمق جریان (m)
۱	عرض آبراهه (m)
۰/۲۵	طول آبشکن (m)
(۱،۱۵،۲۹) <sup>۰</sup>	مکان قرارگیری آبشکن‌ها

گیری و شیمیزو آزمایش‌های رسوب را برای ۲۶ حالت مختلف قرارگیری و اندازه‌های مختلف آبشکن انجام دادند (Giri and Shimizu., 2004). قطر متوسط ذرات شن در این آزمایش‌ها ۰/۲۸ میلی‌متر بود. در مطالعه حاضر از داده‌های آزمایش‌های شماره ۴، ۵ و ۶ برای ارزیابی مدل عددی CCHE2D در پیش‌بینی تغییرات بستر آبراهه در اطراف آبشکن استفاده گردید. شرایط هیدرولیکی این آزمایش‌ها در جدول ۳ مشاهده می‌شود. در این جدول زمان آزمایش بر حسب ساعت و سایر یکاها بر حسب سیستم متریک می‌باشند.

در ادامه از داده‌های آزمایشگاهی گیری و همکاران (Giri et al., 2004) و گیری و شیمیزو (Giri and Shimizu., 2004) برای ارزیابی مدل CCHE2D در پیش‌بینی جریان و تغییرات بستر حول سری آبشکن‌ها در کانال پیچان‌رودی استفاده شد. این آزمایش‌ها در یک فلوم مستطیلی با طول ۲۸ متر و عرض یک متر، دارای بازه پیچان‌رودی ۷/۷ متر با ۳ کمان متقابل ۴۰، ۸۰ و ۴۰ درجه انجام شد (شکل ۱). بازه بالادست و پایین‌دست بخش پیچان‌رودی به ترتیب ۹/۸ و ۱۰/۵ متر می‌باشد.



شکل ۱- نمای شماتیک فلوم پیچان‌رودی و محل قرارگیری آبشکن‌ها

جدول ۳- شرایط هیدرولیکی جریان رسوب آزمایش (Giri et al., 2004)

زمان آزمایش (hour)	مکان آبشکن‌ها	طول آبشکن (m)	عرض آبراهه (m)	عمق (m)	سرعت متوسط (m/s)	شماره آزمایش
۲۸/۶	(۱،۱۵،۲۹) <sup>۰</sup>	۰/۲۵	۱	۰/۰۹۸	۱۹/۹	۴
۲۸/۳	(۱،۱۵،۲۹) <sup>۰</sup>	۰/۱۹	۱	۰/۰۹۸	۱۹/۹	۵
۲۸	(۱،۱۵،۲۹) <sup>۰</sup>	۰/۱۳	۱	۰/۰۹۸	۱۹/۹	۶

از (روابط ۱۰ تا ۱۳).

#### بررسی اعتبار مدل

برای ارزیابی اعتبار مدل از پارامترهای آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE<sup>۱</sup>)، میانگین قدرمطلق خطای نسبی (MARE<sup>۲</sup>)، بیشینه خطای نسبی (RE<sub>max</sub>) و ضریب همبستگی (R<sup>۲</sup>) استفاده گردید. روابط RMSE، MARE، RE<sub>max</sub> و R<sup>۲</sup> عبارتند

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (10)$$

$$MARE = \left( \sum_{i=1}^n \frac{|O_i - P_i|}{O_i} \right) / n \quad (11)$$

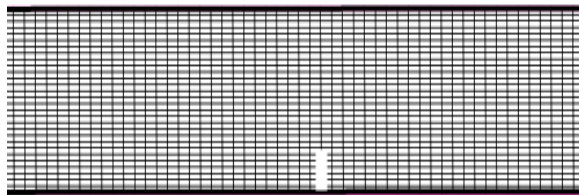
$$RE_{max} = |O_i - P_i| / O_i \quad (12)$$

$$R^2 = 1 - \left( \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 / \sum_{i=1}^n (P_i - \overline{O_{obs}})^2 \right) \quad (13)$$

1- Root mean square error

2- Mean absolute relative error

در انتخاب شبکه‌بندی بهینه خواهد بود. همان‌طور که گفته شد، شبکه‌بندی کانال‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار پیش پردازنده CCHE2D-MESH به‌طور کامل و به شکل ساختاریافته صورت پذیرفت. به این منظور شبکه‌های متعددی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت بهترین شبکه انتخاب شد. در شکل ۲ قسمتی از شبکه مورد استفاده در اطراف آبشکن برای کانال مستقیم به‌عنوان نمونه نشان داده شده است.



شکل ۲- قسمتی از شبکه‌بندی میدان جریان در نرم‌افزار CCHE2D-MESH

شرایط مرزی در این تحقیق از پارامترهای دبی جریان و رسوب ورودی، نمونه بار بستر و نمونه بار معلق در قسمت ورودی و از پارامترهای عمق آب و نمونه رسوب معلق خروجی، در قسمت خروجی استفاده شد. در ادامه نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی با داده‌های برداشت شده آزمایشگاهی، مقایسه و شرح داده می‌شود.

## نتایج و بحث

### ارزیابی مدل CCHE2D در پیش‌بینی وضعیت جریان در حالت آبشکن منفرد و فلوام مستقیم

همان‌طور که گفته شد در این تحقیق برای بررسی صحت نتایج شبیه‌سازی مدل CCHE2D حول آبشکن منفرد واقع در کانال مستقیم، خروجی‌های این مدل عددی با مشاهدات آزمایشگاهی راجاراتنام و ناچوکو (Rajaratnam and Neachukwu., 1983b) مورد مقایسه قرار گرفت. ضریب زبری مورد استفاده برای اجرای مدل جریان با استفاده از رابطه مانینگ محاسبه شد و مقدار آن برای آزمایشات راجاراتنام و ناچوکو (Rajaratnam and Neachukwu., 1983b)، برابر با  $0.23$  به‌دست آمد. مقایسه نتایج شبیه‌سازی عددی و آزمایشگاهی سرعت افقی راجاراتنام و ناچوکو (Rajaratnam and Neachukwu., 1983b) برای چهار مقطع در شکل ۳ نشان داده شده است (Rajaratnam and Neachukwu., 1983b). در این شکل  $x$  فاصله از پایین‌دست و  $b$  طول آبشکن می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار سرعت شبیه‌سازی شده تطابق خوبی با نتایج

که در آن  $O_i$  مقادیر مشاهده شده در زمان  $t_i$ ،  $P_i$  مقادیر برآوردی،  $n$  تعداد داده،  $O_{obs}$  میانگین مقادیر مشاهده شده (واقعی) می‌باشد.

## روش انجام تحقیق

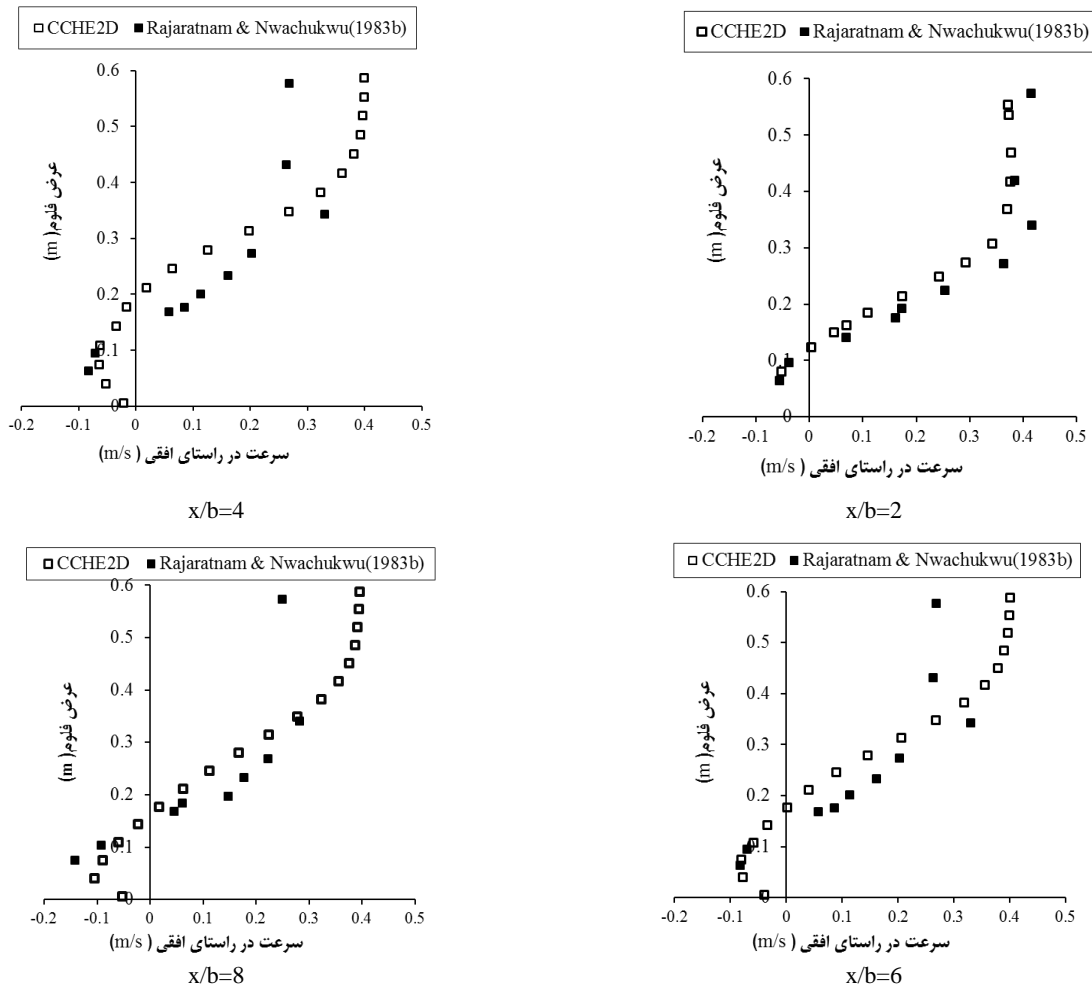
اولین گام برای شبیه‌سازی عددی توسط مدل CCHE2D، تشکیل شبکه می‌باشد. در خصوص اهمیت ایجاد یک شبکه خوب بایستی گفت که درستی و دقت نتایج شبیه‌سازی به کیفیت شبکه تشکیل شده بستگی دارد. زمان اجرای محاسبات و میزان مطابقت نتایج آزمایشگاهی با نتایج حاصل از مدل‌سازی عددی، دو فاکتور مهم

توضیح این که دقت شبیه‌سازی‌ها با در نظر گرفتن شبکه‌های ریزتر از شکل ۲، تغییر محسوسی بر خروجی‌ها نداشت و فقط سبب افزایش زمان محاسبات گردید. بدین ترتیب ابعاد بهینه شبکه برای فلوام مستقیم مربوط به آزمایش‌های راجاراتنام و ناچوکو (Rajaratnam and Neachukwu., 1983b)  $i = 50$  و  $j = 300$  و برای فلوام بیجان‌رودی مربوط به آزمایش‌های گیری و همکاران (Giri et al., 2004) و گیری و شیمیزو (Shimizu., 2004)  $i = 20$  و  $j = 385$  به‌دست آمد. در ادامه پس از بررسی تأثیر مدل‌های مختلف آشفتگی موجود در نرم‌افزار بر روی نتایج شبیه‌سازی‌ها، مشخص شد که مدل‌های آشفتگی  $K - \epsilon$  و  $Mixing Length$  بیش‌ترین تطابق را با نتایج آزمایشگاهی از خود نشان می‌دهند.

در مقایسه بین این دو مدل نیز، مدل  $Mixing Length$  نتایج بهتری را حاصل نمود. علت آن است که مدل  $Mixing Length$  اثر آمیختگی عرضی در لایه‌ی برشی پشت آبشکن را در نظر می‌گیرد و این در حالی است که این امکان در مدل  $K - \epsilon$  وجود ندارد (Jia and Wang., 1999). شرایط اولیه برای شبیه‌سازی جریان شامل عمق آب، ضریب زبری و ارتفاع بستر و شرایط اولیه برای شبیه‌سازی رسوب شامل نقاط فرسایش‌پذیر و فرسایش‌ناپذیر، بیشینه عمق فرسایش و رسوب‌گذاری، ضخامت و نوع رسوب لایه‌ها می‌باشد. تعیین محل آبشکن در این نرم‌افزار به گونه‌ای است که در محل قرارگیری آبشکن شبکه حذف نمی‌شود و فقط محل مانع مسدود شده و آبشکن همیشه به‌صورت غیرمستغرق تعریف می‌شود. برای تعریف

است به خوبی میزان سرعت را شبه‌سازی نماید، اما به نظر می‌رسد با افزایش عمق جریان نتایج مدل عددی از مقادیر مشاهداتی فاصله می‌گیرند.

آزمایشگاهی دارد. در حالت  $x/b=2$  تقریباً در همه اعماق نتایج آزمایشگاهی درستی خروجی‌های عددی را تا حد بالایی تصدیق می‌کند. در سایر نسبت‌های  $x$  به  $b$  اگرچه مدل CCHE2D توانسته



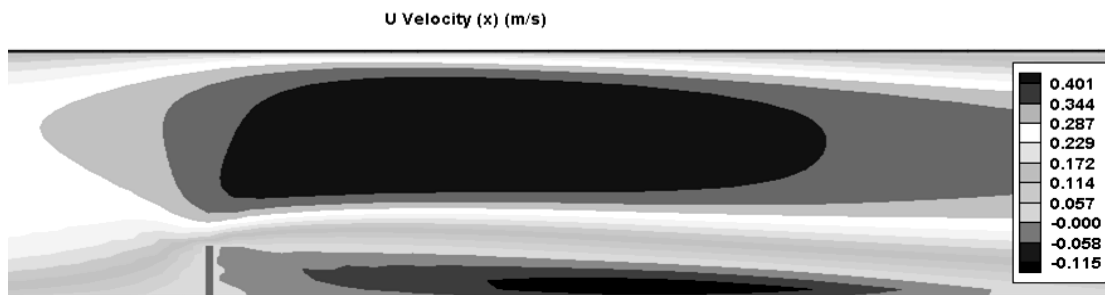
شکل ۳- مقایسه نتایج سرعت افقی مدل‌سازی عددی با داده‌های آزمایشگاهی

اعظم جریان به مرکز کانال (کانال اصلی) منحرف شده و ناحیه چرخشی در پشت آبشکن ایجاد می‌شود. وقوع سرعت‌های منفی و شکل‌گیری جریان چرخشی در ناحیه پشت آبشکن به وضوح قابل مشاهده است.

نتایج برآورد دقت مدل در شبه‌سازی جریان حول آبشکن را می‌توان در جدول ۴ مشاهده نمود. با توجه به جدول ۴، پارامترهای آماری محاسبه شده، نشان‌دهنده تطبیق خوب نتایج مدل با داده‌های آزمایشگاهی می‌باشد و می‌توان نتیجه گرفت مدل CCHE2D قابلیت قابل‌قبولی در شبه‌سازی جریان حول آبشکن منفرد در کانال مستقیم دارا می‌باشد.

همان‌طور که در نمودارهای شکل ۳ مشخص است، سرعت جریان در ناحیه گردابه‌ای در نزدیک دیواره و پشت آبشکن برای هر چهار مقطع منفی است که حاکی از شکل‌گیری منطقه جریان چرخشی در این ناحیه می‌باشد. جیا و وانگ نشان دادند که بیشینه سرعت جریان در این حالت در ناحیه‌ای خارج از ناحیه لایه برشی رخ می‌دهد و پروفیل سرعت در ناحیه مرکز فلووم تقریباً یکنواخت می‌باشد به دلیل این‌که مدل CCHE2D جریان متوسط عمقی را شبه‌سازی می‌نماید (Jia and Wang., 1999).

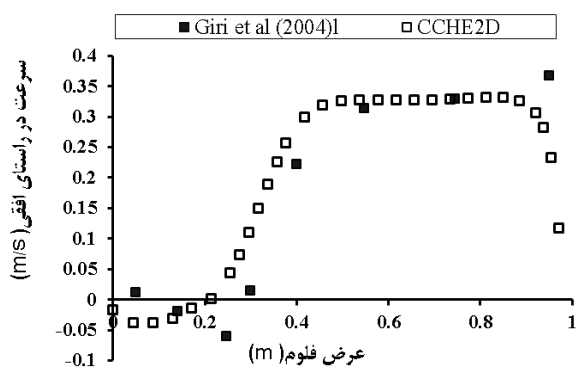
شکل ۴ نمای دوبعدی سرعت جریان افقی حول آبشکن را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود وقتی که جریان به آبشکن می‌رسد بخش



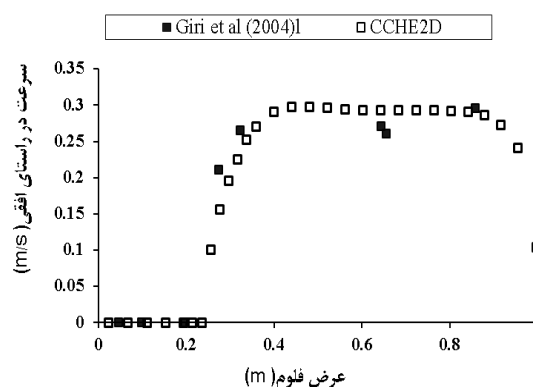
شکل ۴- نمای دوبعدی سرعت افقی حول آبشکن منفرّد

جدول ۴- نتایج ارزیابی مدل CCHE2D در شبیه‌سازی جریان حول آبشکن در فلویم مستقیم (x فاصله از پایین دست آبشکن، b طول آبشکن)

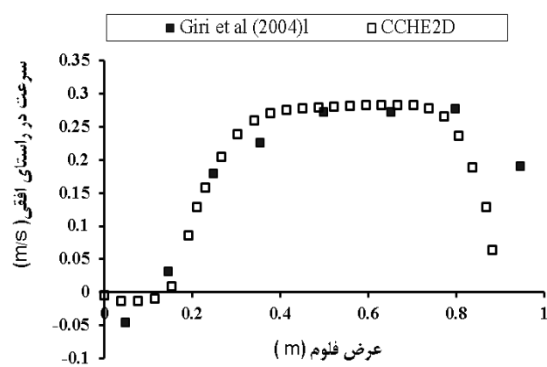
پارامتر آماری	x/b=8	x/b=6	x/b=4	x/b=2
RMSE	۰/۰۴۷	۰/۰۶۳	۰/۰۳۷	۰/۰۳۶
MARE	۰/۳۳۶	۰/۴۴۴	۰/۱۹۶	۰/۰۴۴
Re <sub>max</sub>	۱/۴۷۴	۲/۰۲۲	۰/۶۷۵	۰/۵۲۱
R <sup>۲</sup>	۰/۷۹۷	۰/۷۶۵	۰/۸۱۷	۰/۹۳۲



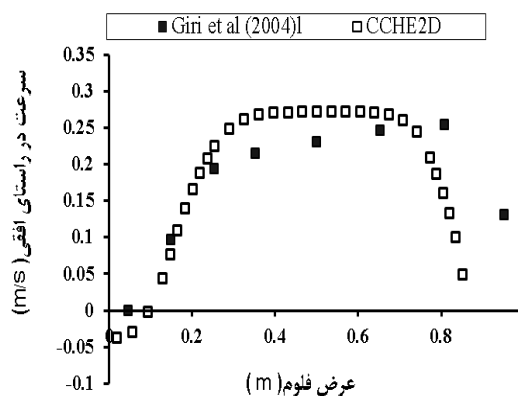
مقطع ۱۲/۵ درجه



مقطع یک درجه



مقطع ۴۰ درجه



مقطع ۳۵ درجه

شکل ۵- مقایسه سرعت افقی به دست آمده از نتایج شبیه‌سازی عددی و آزمایشگاهی

جدول ۵- نتایج ارزیابی مدل CCHE2D در شبیه‌سازی جریان حول آبشکن متوالی در فلوم پیچان‌رودی

پارامتر آماری	مقطع یک درجه	مقطع ۱۲/۵ درجه	مقطع ۳۵ درجه	مقطع ۴۰ درجه
RMSE	۰/۰۲۱	۰/۰۷۴	۰/۰۳۲	۰/۰۵۳
MARE	۰/۰۷۹	۰/۰۴۳۲	۰/۱۳۴	۰/۵۲۴
Re <sub>max</sub>	۰/۲۵۵	۴/۴۴	۱/۱۸۹	۲/۳۱۳
R <sup>۲</sup>	۰/۹۵۵	۰/۷۳۴	۰/۹۲۱	۰/۷۳۳

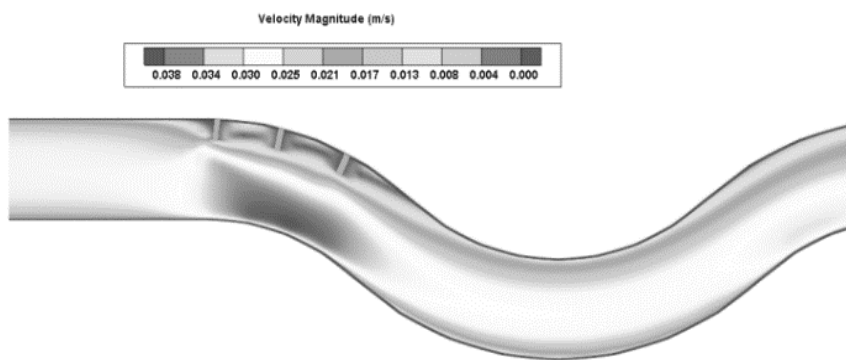
می‌شود، اما همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، با حضور آبشکن در قوس داخلی ابتدای فلوم، بیشینه سرعت به مرکز آبراه منتقل شده و سرعت در نزدیکی دیواره داخلی کاهش یافته است.

با استفاده از پارامترهای آماری معرفی شده، دقت مدل در شبیه‌سازی جریان حول آبشکن متوالی در فلوم پیچان‌رودی برآورد شد که در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به مقادیر پارامترهای آماری به دست آمده در ارزیابی مدل (جدول ۵)، می‌توان نتیجه گرفت مدل توانایی بالایی در شبیه‌سازی جریان حول آبشکن متوالی در فلوم پیچان‌رودی دارد.

تاثیر حضور آبشکن‌ها بر کنترل بیشینه سرعت در مرکز مسیر در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مرکز فلوم سرعت افزایش یافته و در محل آبشکن‌ها سرعت جریان کم شده است.

### ارزیابی مدل CCHE2D در پیش‌بینی وضعیت جریان در حالت سری آبشکن‌ها و فلوم پیچان‌رودی

برای ارزیابی مدل CCHE2D در پیش‌بینی وضعیت جریان در اطراف سری آبشکن‌ها در فلوم پیچان‌رودی، از داده‌های آزمایشگاهی گیری و همکاران (Giri et al., 2004)، استفاده شد (Giri et al., 2004). ضریب زبری به دست آمده از رابطه مانینگ برای این آزمایش ۰/۰۲۸ محاسبه شد. پس از انجام آزمون و خطاهای متعدد، زمان شبیه‌سازی آزمایش یک ساعت با گام زمانی ۰/۰۱ ثانیه مناسب تشخیص داده شد. نتایج شبیه‌سازی عددی سرعت افقی جریان در مقایسه با مشاهدات آزمایشگاهی، گیری و همکاران در شکل ۵ قابل مشاهده است که حاکی از انطباق قابل قبول نتایج مدل‌سازی عددی و نتایج آزمایشگاهی می‌باشد (Giri et al., 2004). لازم به توضیح است که با ورود جریان به داخل قوس، در اثر گرادیان طولی فشار ناشی از نیروی جانب مرکز، بیشینه سرعت به طرف دیواره داخلی منتقل شده و باعث شتاب گرفتن ذرات آب



شکل ۶- نمای سرعت جریان حول میدان آبشکن در فلوم پیچان‌رودی

شبیه‌سازی تغییرات بستر انجام شد و تاثیر همه پارامترها بر روی نتایج خروجی سنجیده شد تا بهترین شرایط برای حصول بهترین خروجی به دست آید. در این قسمت گام زمانی ۵ ثانیه برای مدت زمان متناظر با هر آزمایش، به عنوان مناسب‌ترین گام زمانی تشخیص داده شد. در واقع اعمال گام زمانی بیش‌تر سبب عدم همگرایی حل معادلات و تولید نتایج نادرست گردید. همچنین گام زمانی کم‌تر تغییر محسوسی را در نتایج به دست آمده نشان نداد و فقط سبب افزایش زمان شبیه‌سازی توسط مدل گردید.

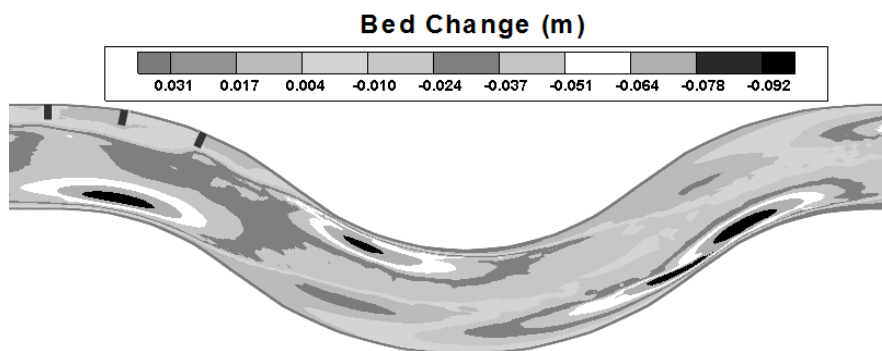
### ارزیابی مدل CCHE2D در پیش‌بینی تغییر بستر در حالت سری آبشکن‌ها و فلوم پیچان‌رودی

استفاده از سری آبشکن‌ها می‌تواند نقش موثری بر حفاظت کناره‌های رودخانه و عمیق‌تر شدن مسیر اصلی رودخانه داشته باشد. به منظور ارزیابی مدل CCHE2D در پیش‌بینی تغییر بستر در اطراف سری آبشکن‌ها در فلوم پیچان‌رودی، سه شبیه‌سازی عددی بر اساس نتایج آزمایشگاهی گیری و شیمیزو (Giri and Shimizu., 2004) انجام شد. به این منظور نزدیک به ۳۰۰ مرحله آزمون و خطا برای



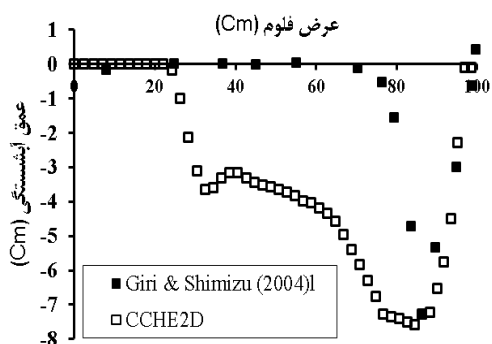
مقدار متوسط دانه‌بندی بستر برای تعیین ضریب زبری استفاده شد. شکل ۷ نمای تغییرات بستر تحت تاثیر آبشکن را نشان می‌دهد.

در بخش رسوب، چهار روش برای اعمال ضریب زبری وجود دارد، که در این مطالعه با توجه به اطلاعات در دسترس، از روش

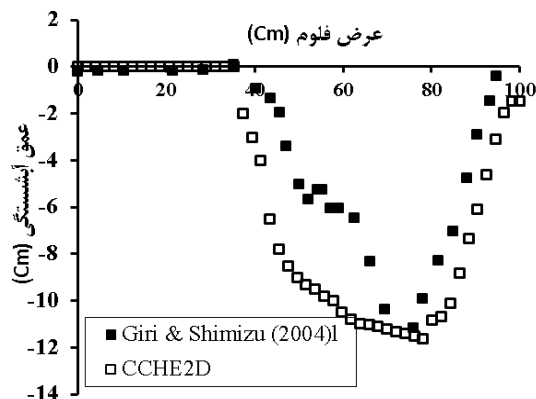


Time = 1(d): 4(h): 47.4701(s)

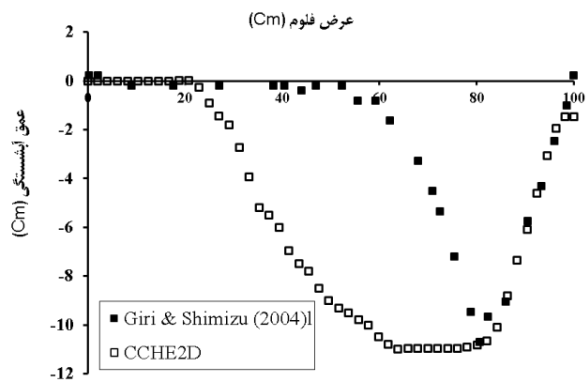
شکل ۷- تغییر بستر در فلوم پیچان‌رودی، آزمایش شماره ۶



آزمایش شماره ۵



آزمایش شماره ۴



آزمایش شماره ۶

شکل ۸- مقایسه عمق آبشستگی در مدل‌سازی عددی و مشاهدات آزمایشگاهی (فلوم پیچان‌رودی، در زاویه یک درجه)

جدول ۶- نتایج ارزیابی مدل CCHE2D در تخمین بیشینه عمق آبستگي در فلوم پیچان‌رودی با حضور آبشکن‌های متوالی.

پارامتر آماری	آزمایش شماره چهار	آزمایش شماره پنج	آزمایش شماره شش
RMSE	۰/۰۳	۰/۰۲۸۱	۰/۰۳۹۸
MARE	۰/۰۲	۰/۰۲۶	۰/۰۴۱
Re <sub>max</sub>	۰/۰۲	۰/۰۲۶	۰/۰۴۱
R <sup>۲</sup>	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹

بخش شبیه‌سازی جریان و شبیه‌سازی رسوب به‌صورت جداگانه ارایه گردید. تجزیه و تحلیل قسمت اول نتایج نشان داد که مدل CCHE2D توانایی بالایی را در شبیه‌سازی وضعیت جریان در اطراف آبشکن در همه حالات دارا می‌باشد. نتایج مربوط به شبیه‌سازی تغییرات بستر نشان داد که این مدل عددی در پیش‌بینی عمق بیشینه آبستگي به درستی عمل می‌کند ولی در شبیه‌سازی عرض حفره آبستگي دقت کم‌تری دارد. هم‌چنین مشاهده شد که عمق فرسایش کانال اصلی با طول آبشکن در سری آبشکن‌ها رابطه مستقیم دارد. این تحقیق نشان داد که مدل CCHE2D به‌عنوان یک مدل کارآمد برای تحلیل وضعیت جریان و محاسبه بیشینه عمق آبستگي می‌تواند قابل استفاده محققان باشد.

### منابع

کشاوری، م.، حکیم‌زاده، ح.، غال‌دربندی، ر. ۱۳۸۷. شبیه‌سازی عددی سه‌بعدی الگوی جریان اطراف آبشکن‌های عمود بر ساحل و مایل با در نظر گرفتن شرایط مرزی مختلف. نشریه مهندسی دریا. ۴: ۸-۲۴.

فتحی، م.، هنر بخش، ا.، رستمی، م.، داوودیان دهکردی، ع. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی الگوی جریان با یک مدل عددی دوبعدی در بازه‌ای از یک پیچان رود طبیعی، مطالعه موردی رودخانه خشکه رود فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۰۷: ۶۲-۹۵.

میرپنجی، س.، موسوی جهرمی، س. و موسوی، ب. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر مشخصات هندسی و هیدرولیکی آبشکن قایم بر آبستگي کناره رودخانه با استفاده از مدل CCHE2D. یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، آبان‌ماه، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه.

نوروزی، ح.، نیشابوری، س. ع.، نصیری صالح، ف.، آذررخش، م. ۱۳۸۸. شبیه‌سازی سه‌بعدی عددی آبستگي حول آبشکن. مجله فنی مهندسی مدرس. ۲۲: ۳۶-۱۳.

واقفی، م.، قدسیان، م. و صالحی نیشابوری، س. ع. ۱۳۸۸. بررسی اثر موقعیت استقرار آبشکن‌های T شکل در قوس ۹۰ درجه بر میزان

همان‌طور که در شکل ۷ مشخص است، حضور آبشکن سبب ایجاد فرسایش در جلوی ناحیه حضور آبشکن‌ها و رسوب‌گذاری در محل آبشکن‌ها گردیده است که به خوبی قوس خارجی را در برابر فرسایش محافظت می‌نماید.

مقایسه آبستگي نتایج مدل عددی و مشاهدات آزمایشگاهی در مقطع یک درجه فلوم پیچان‌رودی در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل تنها شکل آبستگي که در کل کانال مشاهده می‌شود آبستگي موضعی می‌باشد. با افزایش طول آبشکن عمق فرسایش در مرکز جریان افزایش یافته است. وجود خطا در برآورد آبستگي به دلیل در نظر نگرفتن جریان ثانویه در مدل دوبعدی و تخمین داده‌های مورد نیاز دانه‌بندی بستر در مدل عددی می‌باشد. در آزمایش شماره ۴ نتایج مدل عددی تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی از خود نشان داده است. در آزمایش‌های شماره ۵ و ۶ مدل عددی عرض حفره آبستگي را خیلی بیش‌تر از مقدار مشاهده شده برآورد می‌کند ولی همواره تخمین درستی از عمق بیشینه آبستگي به عمل آورده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نتایج مدل عددی و آزمایشگاهی در همه آزمایش‌ها در تطابق کامل با هم نشان می‌دهند که در محل حضور آبشکن هیچ آبستگي رخ نداده است. در جدول ۶ مقادیر پارامترهای آماری به‌دست آمده در ارزیابی مدل برای تخمین بیشینه عمق آبستگي ارایه شده است. با توجه به مقادیر موجود در جدول ۶ می‌توان نتیجه گرفت که مدل CCHE2D برای تخمین بیشینه عمق آبستگي در پروفیل عرضی در فلوم پیچان‌رودی با حضور آبشکن‌های متوالی مناسب می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به ارزیابی مدل عددی CCHE2D در شبیه‌سازی الگوی جریان و تغییرات بستر آبراهه حول سازه‌های آبشکن در دو آرایش آبشکن منفرد و آبشکن‌های سری و در دو حالت آبراهه مستقیم و آبراهه پیچان‌رودی پرداخته شد. برای بررسی درستی نتایج این مدل عددی از مشاهدات آزمایشگاهی راجارانتام و ناچوکو (Rajaratnam and Neachukwu., 1983b)، گیری و همکاران (Giri et al., 2004) و شیمیزو و گیری (Giri and Shimizu., 2004)، استفاده شد.

ارزیابی دقت مدل با محاسبه پارامترهای آماری نتایج در دو

- Numerical Simulations- Examples and Applications in Computational Fluid Dynamics. 311-326
- Neveen,B.A. 2011. The effect of inclined groins on the flow. *Water Resources and Environmental Engineering*. 3.8:167-175.
- Noha,J., Leea,S and Kim, j. 2012. Numerical modeling of flow and scouring around a cofferdam. *Hydro-Environmental Research*. 6: 299-309
- Rajaratnam,N and Neachukwu,B.A. 1983a. Erosion near groin-like structures. *Hydraulic Research*. 21: 277-287.
- Rajaratnam,N and Neachukwu,B.A. 1983b. Flow near groin-like structures. *Hydraulic Engineering*. 109.3: 463-480.
- Sharma,K and Mohapatra,K.P. 2012. Separation zone in flow past a spur dyke on rigid bed meandering channel. *Hydraulic Engineering*. 138.10: 897-901.
- Wu,W. 2001. CCHE2D, Sediment Transport Model, Version 2.1, National Center for Computational Hydro science and Engineering, Technical Report No. NCCHE-TR-2001-3.
- Zhang,Y and Jia,Y. 2009. CCHE-MESH: 2D Structured Mesh Generator User's Manual- Version 3.x. Version 2.1, National Center for Computational Hydro science and Engineering, Technical Report No. NCCHE-TR-2009-01:1-146.
- Zange,H., Nakagawa,H and Mizutani,H. 2012. Bed morphology and grain size characteristics around a spur dyke. *International Journal of Sediment Research*. 27: 141-157.
- آبستگى اطراف آن‌ها. هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، آبان- ماه، دانشگاه صنعت آب و برق، تهران.
- Acharya,A and Duan,G.J. 2011. Three dimensional simulation of flow field around series of spur dikes. *World Environmental and Water Resources Congress*. United States of America. 2085-2094.
- Duan,G.J and Nanda,S.K. 2006. Two dimensional depth-averaged model simulation of suspended sediment concentration distribution in a groyne field. *Hydrology*. 327: 426-437
- Giri,S and Shimizu,Y. 2004. Observation on bed variation in a meandering like flume with river training structures. *Hydraulic Engineering*. 48:1069-1074
- Giri,S. Shimizu,Y and Surajate,B. 2004. Laboratory measurement and numerical simulation of flow and turbulence in a meandering-like flume with spurs. *Flow Measurement and Instrumentation*. 15: 301-309
- Hiroshi,T., Nakagawa,H., Kawaike,K and Zhang,H. 2008. Flow and sediment transport around impermeable or permeable groins. *Hydraulic Engineering*. 52: 175-180
- Jia,Y and Wang,S.Y. 1999. Numerical model for channel flow and morphological change studies. *Hydraulic Engineering*. 125: 924-933
- Keh,C.H.Y., Sam,S.Y., Wang,H.C., Chung,T.L., Jia,Y and Zhang,Y. 2010. Numerical simulation of sediment transport and morphological change of upstream and downstream reach of Chi-Chi weir.

## Two Dimensional Simulation of Flow pattern and Bed Changes in Straight and Meandering Channels under the Effect of Spur Dike

S. Aezzi<sup>\*1</sup>, M.J Khanjani<sup>2</sup>, M. Zounemat-Kermani<sup>3</sup>  
Received: Apri.25, 2018 Accepted: May.28, 2018

### Abstract

Spur dikes as one of the main structures in river restoration practices are used for protecting and shaping the river banks and main channels. These structures growing from the river natural banks, having suitable length and angle relative to the flow direction and cause deviation of the flow from the riversides and driving it to the central axis of the river. In this study, the numerical hydrodynamic and sediment transport model "CCHE2D" was used to simulate the flow pattern and streambed changes around the spur dikes. Two separate series of experimental data were used to assess the numerical model outputs. The accuracy of the model outputs were evaluated through common statistical parameters including RMSE, MARE,  $RE_{max}$  and  $R^2$ . Comparison of the experimental results with the simulated values revealed that the CCHE2D was reasonably capable to simulate the flow pattern around the both of single and series of spur dikes with high accuracy (correlation coefficient=0.755-0.955). The bed changes around the series of spur dikes were simulated with acceptable accuracy, revealed that the CCHE2D model could precisely predict the maximum scouring depth with correlation coefficient of 0.990, but overestimated the width of scour hole around the spur dike in comparison with experimental observations. Furthermore, both the numerical results and experimental observations showed that the erosion depth of main channel had a direct relation with the length of spur dike.

**Keywords:** Bed change, CCHE2D, Flow pattern, Meandering channel, Spur dike

1- M.Sc. of Hydraulic Structures, Water Engineer. Department Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

2- Professor., Faculty of Civil Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

3- Associate Professor, Water Engineer. Department. Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(\*-Corresponding Author, Email: soudabehaezzi@gmail.com)