



پژوهش‌های فرسایش محیطی

Journal homepage: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>



شبیه سازی دوبعدی الگوی جریان رودخانه‌های مخروطه افکنه‌ای با استفاده از مدل CCHE2D مطالعه موردی (رودخانه رودان)

احمد نوحه گر^{۱*}، حسین محسنی زاده^۲، ام‌البین بدرافشان^۲

^{۱*} گروه برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران

^۲ گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

چکیده

در تحقیق حاضر به منظور پیش‌بینی فرایندهای حاکم بر تغییرات هیدرولیکی رودخانه مخروط‌افکنه‌ای رودان از یک مدل عددی دوبعدی به نام CCHE2D بهره گرفته شده است. لذا بدین منظور، ابتدا هندسه مدل و شبکه محاسباتی با ابعاد مختلف، تهیه و سپس براساس مشخصات اندازه‌گیری شده جریان سیلابی، مدل اجرا و نتایجی همچون توزیع عمق، سرعت، دبی ویژه و تنش برشی مربوط به رخدادهای سیلابی در مخروط‌افکنه استخراج گردید. واسنجی مدل عددی با هدف تخمین صحیح پارامتر مقاومت جریان و از طریق مقایسه پروفیل سطح آب پیش‌بینی شده توسط مدل با تراز سطح آب اندازه‌گیری شده در شرایطی که دبی سیلاب برابر ۱۳۰۲ مترمکعب برثانیه می‌باشد، انجام شده است. همچنین جهت مقایسه داده‌های حاصل از شبیه‌سازی مدل در مقابل داده‌های مشاهده‌ای دو معیار آماری RMSE و MAPE استفاده گردید. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که جریان حول جزایر رسوبی تابعی از شرایط هیدرولیکی جریان بوده و این جزایر در دبی‌های مختلف اثر گذاری متفاوتی بر روی الگوی جریان در ناحیه ی مورد بررسی دارد. خطای مدل برای پارامتر عمق، با شاخص RMSE برابر ۰/۰۸۵۱ و با شاخص MAPE برابر ۵/۰۲ درصد برآورد گردیدند. مدل مذکور در پیش‌بینی مقادیر عمق جریان، کمترین خطا را داشته، لذا نتایج تحقیق، توانمندی بالای مدل در پیش‌بینی دقیق پارامتر سرعت جریان را تأیید می‌نماید.

تاریخچه مقاله:

دریافت:

۹۳/۰۴/۰۵

اصلاح:

۹۳/۰۸/۲۷

پذیرش:

۹۴/۰۲/۲۰

واژگان کلیدی:

شبیه‌سازی

مدل عددی

CCHE2D

مخروط‌افکنه

رودخانه رودان

مقدمه

* نویسنده مسئول رایانامه: ahmad.nohegar@gmail.com

الگوی جریان در رودخانه‌های طبیعی و خصوصاً رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای، به‌عنوان یکی از انواع رودخانه‌ها در طبیعت، بسیار پیچیده است. شناخت فرآیند رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای و الگوی حاکم بر هیدرولیک جریان و رسوب و همچنین تغییرات آن‌ها در طول زمان یکی از مهم‌ترین بحث‌ها در مدیریت و استفاده بهینه از این رودخانه‌ها است. شریانی شدن رودخانه مخروط‌افکنه‌ای در بعضی موارد تحت تأثیر عوامل تحمیل‌شده بر آن هست، بخصوص در ساختار آبرفتی مخروط‌افکنه‌ها که اغلب دستخوش فعالیت‌های شدید انسانی است. استفاده غیراصولی از رودخانه (مانند برداشت بی‌رویه شن و ماسه و کشت در حریم رودخانه) می‌تواند باعث ایجاد تغییرات سریع در شکل رودخانه شده و آن را چند شاخه نماید (Gilvear et al., ۲۰۰۰). چند شاخه‌ای شدن باعث افزایش عرض رودخانه، و افزایش عرض سبب بزرگ‌تر شدن نواحی سیل‌گیر اطراف رودخانه شده که خود سبب افزایش خسارت به ابنیه، خطوط انتقال نیرو و زمین‌های کشاورزی می‌گردد. از سوی دیگر، از آنجاکه مقدار رسوب جابجا شده در این نقاط بسیار زیاد است، در صورت وقوع سیل، سبب ایجاد خسارت‌های مالی و جانی می‌گردد (Ji et al., ۲۰۱۱).

در دهه‌های اخیر، فرایندهای حاکم بر جریان آب و حمل رسوب به دلیل اهمیت ویژه آن در مدیریت سیلاب‌دشت‌ها به‌صورت دقیق‌تر، مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفته است. همچنین، با پیشرفت‌های به وجود آمده در توانمندی کامپیوترها و توسعه روش‌های محاسبات عددی، استفاده از مدل‌های دینامیک سیالات محاسباتی ((CFD)، به‌صورت چشم‌گیری افزایش یافته است و امروزه کاربرد مدل‌های CFD، به‌عنوان یک ابزار مؤثر در دست مهندسين هیدرولیک کانال‌های روباز و فرایندهای رودخانه‌ای محسوب می‌شود. لذا به‌منظور تحلیل هیدرولیک جریان در مخروط‌افکنه‌ها یکی از ابزارهای مهم، مدل‌های ریاضی می‌باشد (Wu et al., 2000).

از آنجایی که استفاده از یک مدل سه‌بعدی به دلیل دخالت فرسایش کناره‌ای و پارامترهای دخیل در آن نسبتاً هزینه‌بر است، برخی از محققین مدل‌های دوبعدی را پیشنهاد می‌کنند، که توانایی مقابله با یک مدل سه‌بعدی را از نظر کارایی داشته باشد؛ بدیهی است که تنها مدل‌های دوبعدی می‌توانند تا حدودی کارایی یک مدل سه‌بعدی را در این مقوله داشته باشند که به نحوی قادر به شبیه‌سازی اثر جریان‌های ثانویه باشند (Rahuel et al., 1989; Wu and Vieria, 2002). از سوی دیگر نگاهی به مطالعات صورت گرفته، نشان می‌دهد که هرچند استفاده از مدل‌های سه‌بعدی ممکن است نتایج دقیق‌تری نسبت به مدل‌های دوبعدی داشته باشد، ولی استفاده از آن‌ها نیاز به اندازه‌گیری‌های میدانی دقیق‌تر و استفاده از وسایلی است که اغلب پرهزینه بوده و نصب و راه‌اندازی آن‌ها در شرایط طبیعی فوق‌العاده مشکل است. از این‌رو استفاده از مدلی دوبعدی با توانایی بالا هم می‌تواند سودمند باشد لذا با توجه به اهمیت بررسی هیدرولیک جریان در رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای، در این تحقیق با کمک مدل دوبعدی CCHE2D که توسط مرکز علوم رایانه‌ای و مهندسی آب دانشگاه می‌سی‌سی‌پی آمریکا توسعه یافته است (Jia and Wang, 2001)، به مطالعه الگوی جریان و تغییرات بستر، درک هیدرولیک جریان در رودخانه، مطالعه جریان‌های ثانویه و تنش برشی، توزیع سرعت طولی و عرضی در پلان و در مقطع عرضی، در یک بازه مخروط‌افکنه‌ای از رودخانه رودان پرداخته شده و مورد شبیه‌سازی و بررسی قرار می‌گیرد.

در این زمینه مطالعات متعددی صورت پذیرفته که می‌توان به محققین زیادی همچون جیا و وانگ^۱ (۲۰۰۱)، ژانگ^۲ و جیا^۳ (۲۰۰۵)، جیا و همکاران (۲۰۰۶)، جی (۲۰۰۶)، مغربی و همکاران (۲۰۱۰)، جی و همکاران (۲۰۱۱)، نثار^۴ (۲۰۱۱)، پارک^۵ و همکاران (۲۰۱۳) و ماگنوزوفسکی^۶ (۲۰۱۵)، ملک‌عباسلو و همکاران (۱۳۹۱)، خسروی و همکاران (۱۳۹۱) و فتحی و همکاران (۱۳۹۱)، جعفرپور و همکاران (۱۳۹۲)، اشاره نمود. جیا و همکاران (۲۰۰۶)، به شبیه‌سازی عددی جریان، حمل رسوب، تغییرات توپوگرافی بستر و سازه‌های رودخانه‌ای، در رودخانه آرکانزاس^۷، با استفاده از مدل CCHE2D پرداختند. نتایج نشان داد، وجود دایک سبب افزایش سرعت و کاهش مقدار رسوب‌گذاری می‌گردد. همچنین نتایج جیا و وانگ (۲۰۰۸)، برای مطالعات تغییرات بستر و جریان در کانال‌های روباز با استفاده از مدل CCHE2D محاسبات نشان می‌دهد که مدل مذکور را می‌توان برای مطالعه جریان‌های پایدار، ناپایدار و آشفته و همچنین فرایندهای حمل رسوب و تغییرات مورفولوژیکی کانال‌های آبرفتی بکار برد. نثار (۲۰۱۱) به آنالیز حساسیت مدل CCHE2D در رودخانه نیل در مصر پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد، مدل حساسیت بالایی به تغییرات ضریب زبری دارد. نتایج پارک و همکاران (۲۰۱۳) در شبیه‌سازی حجم رسوب ورودی به خور رودخانه ناکدونگ^۸ در کره جنوبی حاکی از کارایی بالای مدل CCHE2D است. ماگنوزوفسکی (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر پوشش گیاهی در سیل‌خیزی یک بازه ۲۰ متری از رودخانه ویچوال^۹ و ورشو^{۱۰} با استفاده از مدل CCHE2D می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد، مدل فوق کمک شایانی در پیش‌بینی آسیب‌پذیری سیل می‌نماید. مغربی و همکاران (۱۳۸۹) به شبیه‌سازی عددی جریان در رودخانه شریانی سرباز در ایران پرداختند. نتایج نشان می‌دهد، جریان حول جزیره‌ی رسوبی تابعی از شرایط هیدرولیکی جریان بوده و جزیره‌ی رسوبی در دبی‌های مختلف اثرگذاری متفاوتی بر روی الگوی جریان در ناحیه‌ی مورد بررسی دارد. ملک‌عباسلو و همکاران (۱۳۹۱) به پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه‌های مخروط افکنه‌ای با استفاده از مدل CCHE2D پرداخته‌اند. نتایج حاکی از تطابق بالای خروجی مدل با مقادیر اندازه‌گیری میدانی است. خسروی (۱۳۹۱) از مدل عددی دوبعدی CCHE2D برای شبیه‌سازی الگوی جریان و رسوب در بازه‌ای از پیچان رودی طبیعی، حداقل سد استقلال میناب تا پل شهرستان میناب در استان هرمزگان پرداخت. نتایج نشان داد که مدل فوق از قابلیت خوبی جهت پیش‌بینی مشخصات جریان در رودخانه‌های پیچان‌رودی برخوردار است. فتحی و همکاران (۱۳۹۱) به شبیه‌سازی الگوی جریان رودخانه فارسان با استفاده از مدل CCHE2D پرداخته است. نتایج حاکی از قابلیت بالای مدل فوق جهت پیش‌بینی مشخصات جریان در رودخانه‌های پیچان‌رودی است.

همانطور که ملاحظه می‌گردد، اکثر تحقیقات صورت پذیرفته با مدل فوق بر روی الگوی جریان و انتقال رسوبات در یک کانال مستقیم‌الخط و یا رودخانه‌های پیچان‌رودی بوده و تحقیقی که به شبیه‌سازی الگوی جریان در رودخانه‌های شریانی و

1 Jia and Wang

2 Zhang

3 Jia

4 Nassar

5 Park

6 Magnuszewski

7 Arkansas

8 Nakdong

9 Vistual

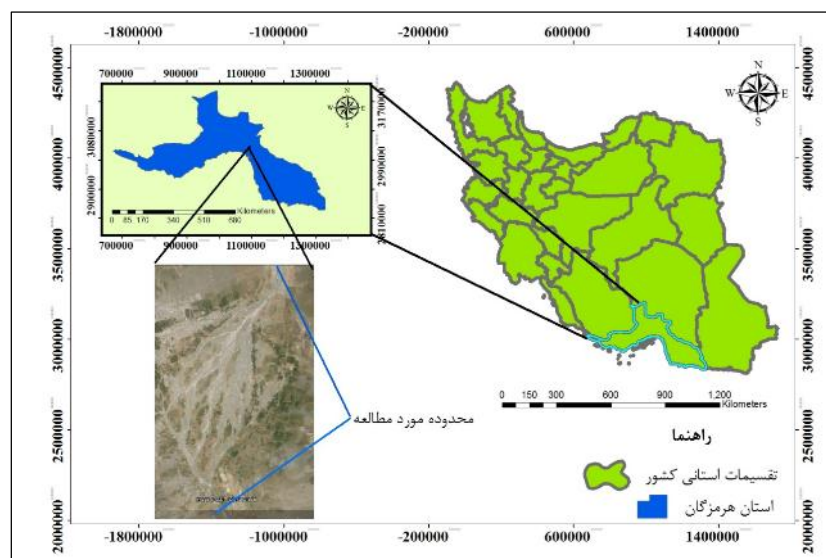
10 Warsaw

مخروطه‌افکنه‌ای پردازد، کمتر صورت پذیرفته است. لذا هدف از این تحقیق، بررسی قابلیت و کارآمدی مدل موردنظر در شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان در رودخانه مخروط‌افکنه‌ای و بررسی نقش الگوی جریان در تغییرات و جابجایی مسیر کانال رودخانه است.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه، بازه‌ی مخروط‌افکنه‌ای از این رودخانه بوده که از محل پل آبنا شروع و تا روستای بیکا ادامه دارد. موقعیت این بازه بین مختصات جغرافیایی $11^{\circ} 10' 05''$ تا $15^{\circ} 07' 21''$ طول شرقی و $21^{\circ} 28' 27''$ تا $28^{\circ} 21' 27''$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). تراز ارتفاعی ابتدای این بازه ۲۱۸ متر از سطح دریا می‌باشد. امتداد این بازه، شرقی - غربی و مناطق شهری، روستایی و باغات مرکبات و نخیلات زیادی در حاشیه این مخروط‌افکنه گسترده شده‌اند و سیلاب‌های این رودخانه سالانه باعث آب‌گرفتگی و خسارت به آن‌ها می‌شود. همچنین به دلیل تعرضات و تصرفات گسترده غیرقانونی که توسط اهالی به حریم رودخانه به‌ویژه در بازه مورد مطالعه صورت گرفته است، سطح مقطع رودخانه دچار تغییرات بسیاری گردیده است (مهندسین مشاور مهرآب پارس تدبیر، ۱۳۸۹).



شکل ۱: نمایی از موقعیت بازه مورد مطالعه رودخانه رودان در استان هرمزگان (مهندسین مشاور مهرآب پارس تدبیر، ۱۳۸۹)

روش

مشخصات مدل عددی CCHE2D

CCHE2D یک مدل عددی برای شبیه‌سازی جریان ماندگار، غیر ماندگار آشفته و انتقال رسوب^۱ در کانال‌های باز است که در مرکز بین‌المللی علوم هیدرولیک و مهندسی آب دانشکده فنی دانشگاه می‌سی‌سی‌پی آمریکا تهیه و توسعه یافته است. این مدل جزء مدل‌های هیدرودینامیکی دوبعدی است که برای ساخت هندسه میدان از یک نرم‌افزار مجزای پیش‌پردازنده تحت عنوان CCHE-MESH برخوردار است و حل میدان جریان و انتقال رسوب و همچنین مشاهده نتایج در محیط گرافیکی

¹Sediment Transport

نرم افزار، با عنوان CCHE-1GUI انجام می شود (Jia et al., 2013). مراحل عمومی انجام شبیه سازی با استفاده از مدل CCHE2D شامل شبکه بندی (مش بندی)، تنظیم شرایط مرزی، تنظیم پارامترهای اولیه جریان و رسوب، اجرای مدل (انجام فرآیند شبیه سازی) و تفسیر و نمایش نتایج حاصل از اجرای برنامه می باشد.

معادلات حاکم بر میدان جریان در مدل CCHE2D

مدل عددی CCHE2D، یک مدل متوسط گیری شده در عمق بوده و برای شبیه سازی جریان غیردائم و آشفته و برای شبیه سازی انتقال رسوب در کانال های روباز توسعه یافته، که برای دو جریان ماندگار و غیرماندگار مورد استفاده قرار می گیرد. معادلات اصلی که این مدل بر اساس آنها پایه گذاری شده است را می توان به صورت زیر ارائه نمود:

الف: معادله پیوستگی

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

ب: معادله مومنتم

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{h} \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{Cor}v$$

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

$$-g \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left(\frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho h} - f_{Cor}u$$

در معادلات فوق u و v به ترتیب بیانگر مؤلفه های سرعت متوسط گیری شده در عمق در راستای x و y ، t زمان، g شتاب جاذبه، Z بیانگر تراز ارتفاعی سطح آب، ρ دانسیته آب (وزن مخصوص آب)، h عمق جریان و f_{cor} ضریب مربوط به شتاب کوریولیس^۱، τ_{yx} ، τ_{yy} ، τ_{xy} ، τ_{xx} تنش های رینولدز متوسط گیری شده در عمق^۳ و τ_{bx} و τ_{by} تنش های برشی بستر^۴ در راستای x و y می باشند (Park et al., 2013).

برای شبیه سازی اثر آشفتگی بر رفتار جریان متوسط و بستن سیستم معادلات حاکم، در معادلات (۲) و (۳)، تنش های رینولدز با استفاده از معادلات بوزینسک^۵ و از طریق ضریب تناسب لزجت گردابه ای ν_t به نرخ کرنش های متوسط جریان مرتبط می شوند.

ج: مدل های آشفتگی

1 Graphical Users Interface

2 Coriolis parameter

3 Depth integrated Reynolds stresses

4 Shear stresses on the bed surface

5 Boussinesq's Assumption

در مدل CCHE2D، سه نمونه مدل آشفتگی وجود دارد که شامل مدل لزجت گردابه‌ای، مدل طول اختلاط و مدل دو معادله‌ای $k - \epsilon$ است. که در این تحقیق به توصیه خسروی (۱۳۹۱) و فتحی و همکاران (۱۳۹۱) از مدل معادله‌ای $k - \epsilon$ استفاده گردید.

پایش صحرائی و اندازه‌گیری داده‌های مورد نیاز برای مدل CCHE2D

برای شبیه‌سازی جریان به پارامترهایی نیاز است که عبارت‌اند از:

۱- تهیه نقشه توپوگرافی بزرگ‌مقیاس از محدوده مورد مطالعه: در این تحقیق با استفاده از دوربین نقشه‌برداری توتال استیشن دیجیتال نقشه‌برداری از بازه مورد مطالعه انجام شد و در قسمت‌هایی که نیاز بود از نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ که توسط سازمان آب منطقه‌ای هرمزگان ترسیم و تنظیم گردیده بود، استفاده شد.

۲- دبی‌های سیلابی سال‌های مختلف ایستگاه آب‌سنجی آبنا در ابتدای بازه مورد مطالعه: دبی سیلابی با استفاده از رقوم تراز آب بر روی اشل نصب‌شده در محل ایستگاه و همچنین اندازه‌گیری سرعت سیلاب با مولینه و در نظر گرفتن ابعاد سطح مقطع، اندازه‌گیری و به ثبت رسید.

۳- تراز سطح آب در بالا و پایین دست بازه مورد مطالعه

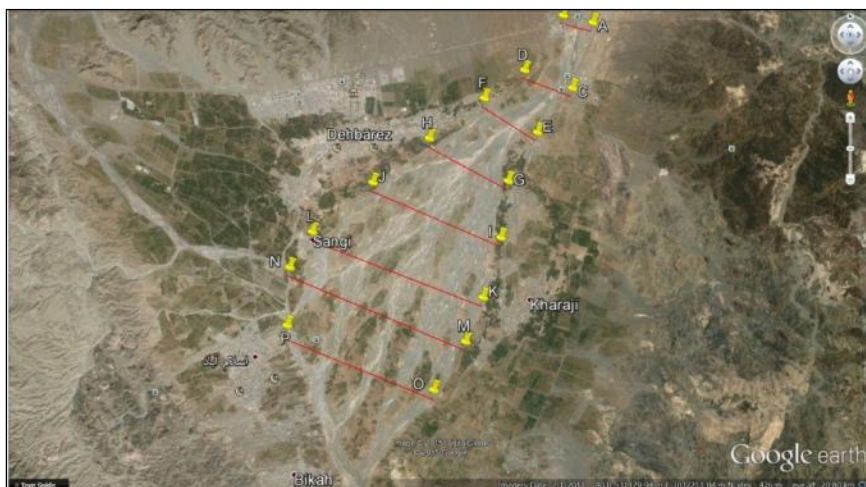
۴- تراز آب در کناره‌ها و مرکز بازه مورد مطالعه

۵- سرعت سیلاب‌های متفاوت در ابتدای بازه مورد مطالعه

۶- ضریب زبری کناره و کف رودخانه.

در امتداد بازه مورد مطالعه ۸ مقطع از رودخانه در نظر گرفته شد که در شکل ۲ نمایش داده شده است.

در مطالعه حاضر، با توجه به شکل پلان رودخانه، حالت کانال تک بلوکی برای نرم افزار تولید شبکه محاسباتی (CCHE-) MESH انتخاب شد. همچنین مراحل تولید شبکه با استفاده از داده‌های توپوگرافی بازه پیچان رود انتخابی (شامل مقادیر X ، Y و Z) به صورت خلاصه شامل موارد ذیل بود: ایجاد محیط کار؛ بارگذاری داده‌های پستی و بلندی با پسوند $mesh*xyz$ ؛ تعریف مرزهای بلوک؛ تولید شبکه محاسباتی جبری؛ تولید شبکه محاسباتی عددی؛ ارزیابی شبکه محاسباتی؛ درون‌یابی رقوم بستر رودخانه و نمایش شبکه.



شکل ۲: نمایی از جانمایی مقاطع در بازه مورد مطالعه

واسنجی مدل عددی CCHE2D و تعیین درصد خطای مدل

واسنجی مدل عددی CCHE2D با هدف تخمین صحیح پارامتر مقاومت جریان (ضریب زبری مانینگ) و از طریق مقایسه پروفیل سطح آب پیش‌بینی شده توسط مدل با تراز سطح آب اندازه گیری شده در شرایطی که دبی جریان ۱۳۰۲ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد، انجام شده است. بدین منظور یکبار با ضریب زبری مشاهداتی (۰/۰۶۰-۰/۰۳۲) با توجه به غیریکنواخت بودن جنس رسوبات در کل بازه و پراکنش متفاوت پوشش گیاهی در کناره‌ی رودخانه، با تهیه عکس و فیلم از بازه مورد مطالعه و استفاده از منابع محاسباتی هیدرولیک، چاو^۱ و کاوان^۲ مشخص شد که پارامتر ضریب زبری در بازه، غیر یکنواخت بوده لذا برای هر بازه ضریب زبری مشخص تعیین گردید و با ضریب زبری بدست آمده (محاسباتی) (۰/۰۵۰-۰/۰۳۳)، مدل با مدت زمان شبیه‌سازی برابر ۸۶۴۰۰ ثانیه و گام زمانی ۰/۵ اجرا گردید و در پایان نتایج به دست آمده از مدل با داده‌های اندازه‌گیری شده در طبیعت با استفاده از جذر میانگین مربع خطا (RMSE) و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) مقایسه گردید (Magnuszewski, 2015).

زبری کف و کناره‌های رودخانه، یک پارامتر اصطکاکی (کاهنده) به شمار رفته و به عنوان مانعی بر سر راه حرکت سیال قلمداد می‌شود. لذا افزایش مقدار عددی ضریب زبری، باعث افزایش مقاومت جریان شده و بالطبع اثری مستقیم بر روی سرعت حرکت و الگوی جریان و رسوب سیال می‌گذارد. ولی در عین اهمیت بالای آن، دامنه تغییرات آن متفاوت می‌باشد (خسروی، ۱۳۹۱). شکل ۳ نمای از زبری بستر را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمای از وضعیت زبری بستر رودخانه رودان

یافته‌ها (نتایج)

مدل‌سازی سرعت جریان

شکل ۳ تغییرات ناشی از سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله را در بخش ابتدائی و میانی بازه نشان می‌دهد. طبق شکل، سرعت جریان در بالادست مخروط‌افکنه به علت شیب زیاد و تک شاخه‌ای بودن رودخانه بالا است. کرانه راست رودخانه توسط دیواره محدود شده، خط تالوگ در سمت چپ بازه قرار گرفته که دلیل آن تمایل شیب عرضی است که به سمت دیواره سمت چپ قرار گرفته که این عوامل سبب افزایش سرعت جریان می‌گردد (شکل الف). در محدوده مخروط‌افکنه (شکل ب)، رودخانه

¹ Chow

² Cowan

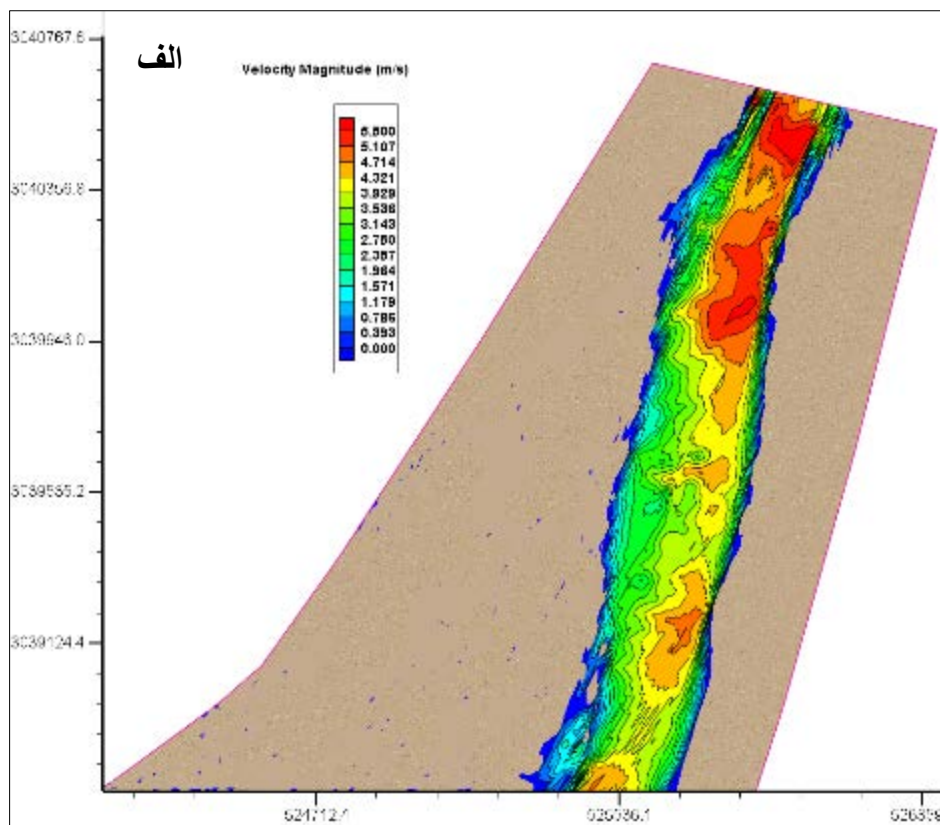
شیرانی شده، تغییرات موضعی تراز بستر و وضعیت کناره‌ها، سبب افزایش محلی سرعت در بعضی از مناطق مانند شاخه‌های کرانه چپ رودخانه می‌شود. در این ناحیه شیب کاهش یافته و هم زمان با آن سرعت جریان در رودخانه نیز کاهش یافته و موجب تمرکز نهشته‌های رسوبی در این بازه از رودخانه می‌شود (شکل ب).

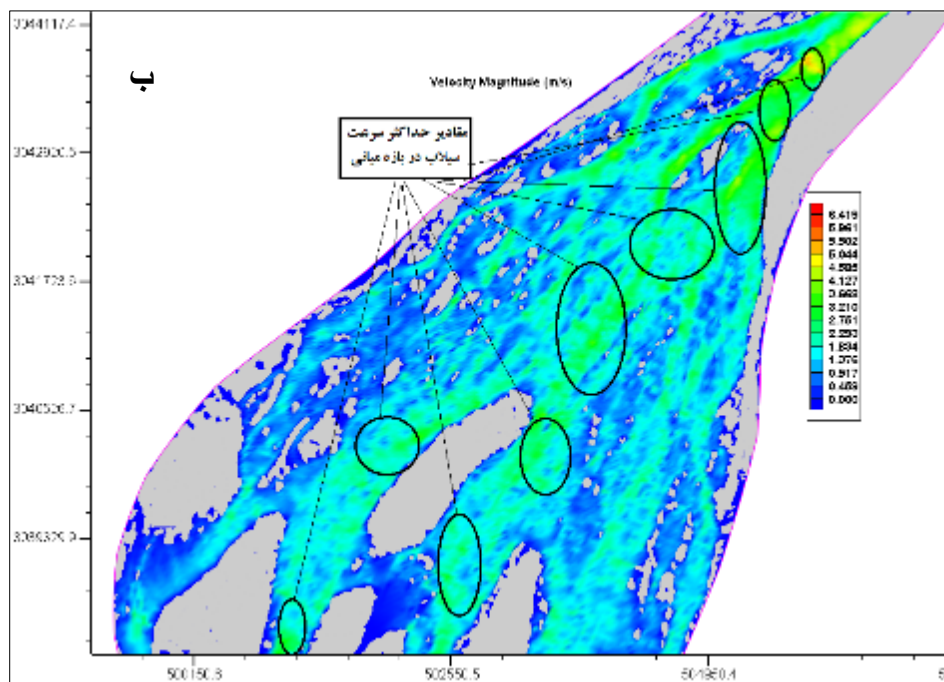
مدلسازی تنش برشی

شکل ۵ و ۶ نتیجه حاصل از مدلسازی تنش برشی را نشان می‌دهد. محدوده‌هایی از مخروط افکنه رودان که دارای بیشترین تنش برشی است، آسیب پذیرترین مناطق مخروط افکنه در مقابل فرسایش بستر (شکل ۵) و نواحی با تنش برشی کم (شکل ۶)، مناسب‌ترین مناطق برای رسوب‌گذاری است. چرا که در نواحی شیرانی مخروط افکنه، تنش برشی کاهش یافته و مستعد رسوب‌گذاری است. در محدوده بالادست جزایر، مقادیر تنش برشی بسیار کم شده که علت آن تشکیل ناحیه ایستایی و کاهش سرعت در این نواحی بوده که زمینه توسعه جزایر رسوبی را فراهم می‌نماید.

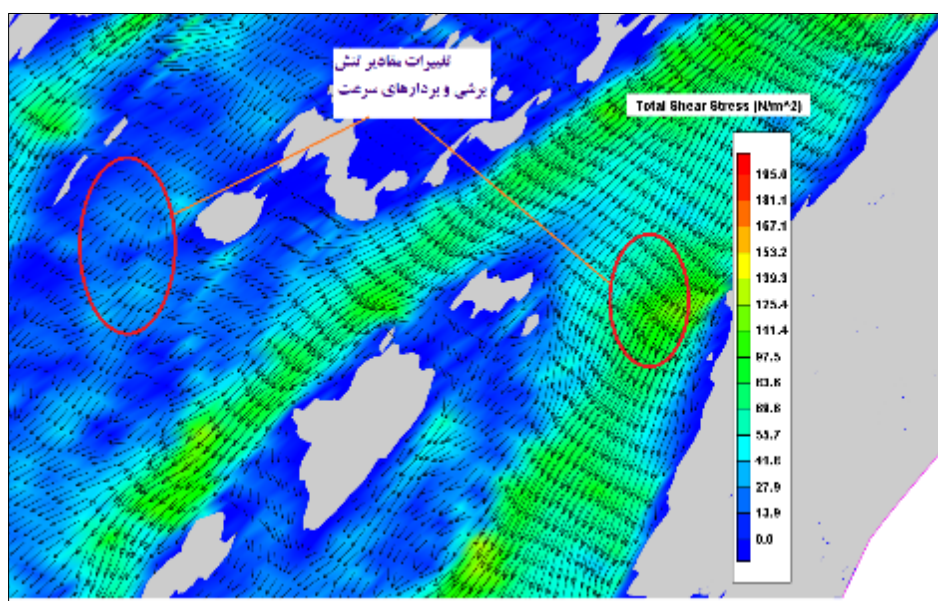
شکل‌گیری جریان‌های چرخشی عرضی

افزایش دبی جریان، تمایل الگوی جریان به پخش در سیلاب‌دشت‌ها و شکل‌گیری جریان‌های گردابه‌ای با شدت بیشتری را نشان می‌دهد. تغییر ناگهانی در هندسه رودخانه (بازشدگی مقطع) باعث جداشدگی جریان و در نتیجه، تشکیل جریان‌های چرخشی در این مقطع از رودخانه می‌شود (شکل ۷). این جریان‌ها با کاهش سطح مقطع عبور جریان، در افزایش سرعت جریان تأثیر می‌گذارند. همچنین همگرایی و فشردگی خطوط جریان در ادامه مسیر رودخانه، افزایش سرعت را به همراه دارد.

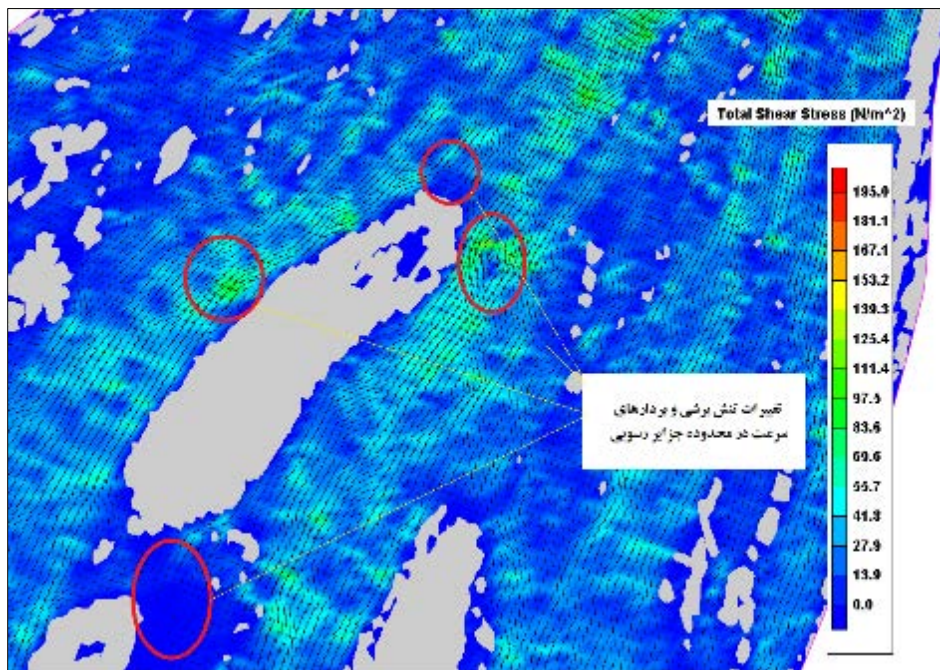




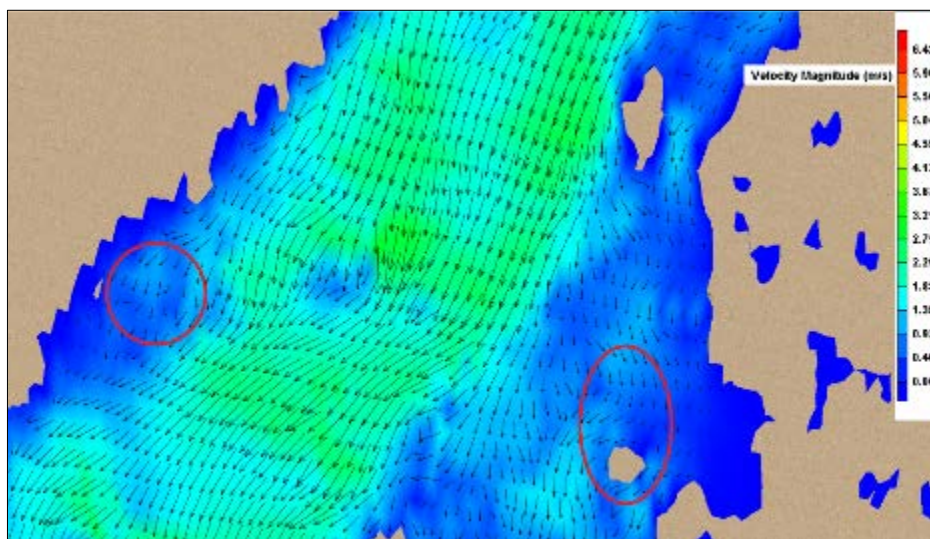
شکل ۴: سرعت سيلاب در ابتداى بازه (الف) و بازه ميانى (ب) براى ديبى ۲۵ ساله



شکل ۵: تغییرات تنش برشی همراه با تغییرات بردارهای سرعت در ابتدای مخروط افکنه



شکل ۶: تغییرات تنش برشی همراه با تغییرات بردارهای سرعت در محدوده جزایر انتهایی مخروط افکنه



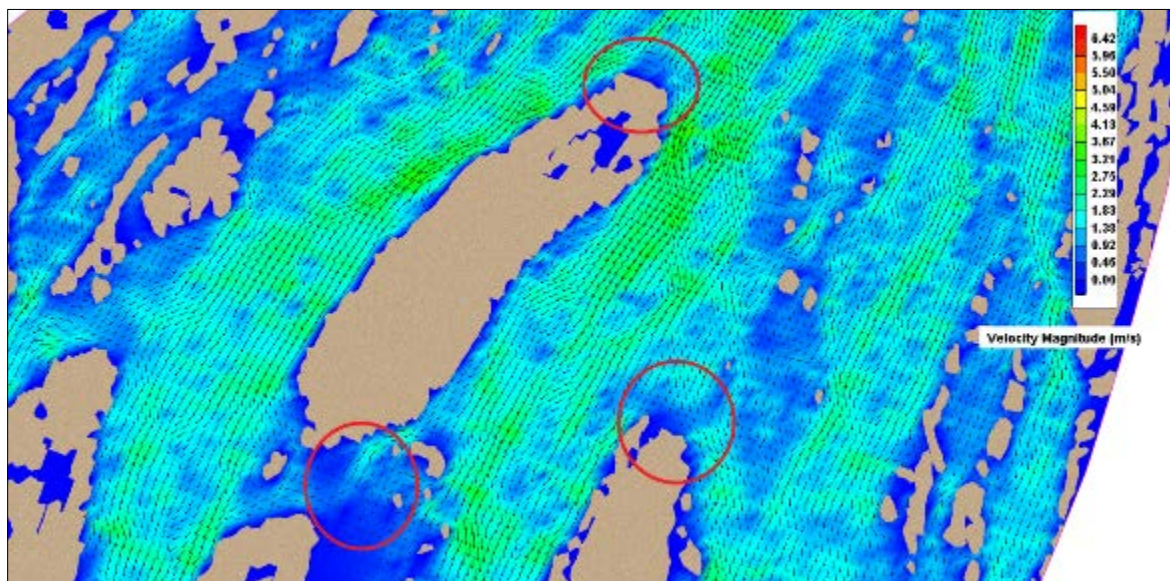
شکل ۷: انحراف جریان حول رسوبات در کناره‌های بستر سیلابی محدوده مورد مطالعه

پارامترهای هیدرولیکی جریان حول جزایر رسوبی

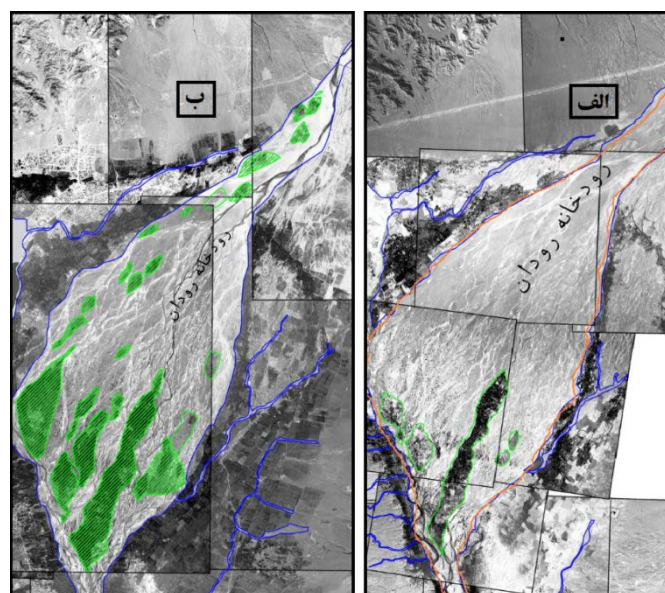
شکل ۸ کاهش سرعت جریان و تشکیل ناحیه ایستایی در بالادست جزایر رسوبی در سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال را نشان می‌دهد. وجود جزایر رسوبی در مسیر جریان سیلابی، به عنوان یک مانع در برابر جریان، منجر به تشکیل ناحیه ایستایی^۱ (ناحیه

^۱Stagnation Zone

آب ساکن) در بالادست جزیره می شود. با تشکیل ناحیه ایستایی، ارتفاع ناشی از سرعت جریان^۱ به ارتفاع فشاری^۲ تبدیل شده، سرعت جریان کاهش و در مقابل تراز سطح آب در این ناحیه افزایش می یابد که نهایتاً منجر به فرآیند رسوب گذاری در این ناحیه می گردد و زمینه توسعه جزیره رسوبی را فراهم می نماید. از عوامل دیگر در ساکن شدن جریان بالادست پشته رسوبی، کوچک شدن مقطع عرضی بین دو پشته رسوبی است. زیرا وقتی آب به محدوده تنگ شدگی برخورد می کند به دلیل انسداد، آب برگشت داده شده و سبب افت سرعت جریان آب می گردد. شاهد این مطلب مقایسه عکس هوایی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۴۴ و ۱۳۹۳ است (شکل ۹).



شکل ۸: کاهش سرعت جریان و تشکیل ناحیه ایستایی در بالادست جزایر رسوبی برای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله



شکل ۹: عکس هوایی از بازه مورد مطالعه الف) سال ۱۳۴۴ ب) ۱۳۹۳

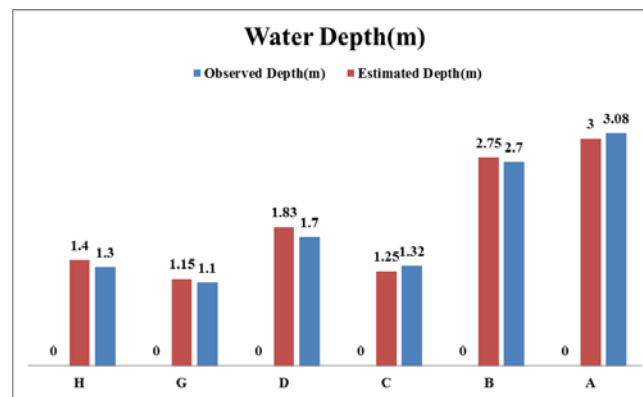
^۲Velocity Head

^۳Pressure Head

در ادامه پژوهش مقادیر محاسباتی توسط مدل با مقادیر اندازه گیری شده با استفاده از معیارهای خطای معرفی شده مورد مقایسه قرار گرفت. جدول ۱۰ و شکل ۱۰ نتایج حاصل از مرحله صحت سنجی مدل را نشان می‌دهد. براساس جدول فوق اعداد گزارش شده، مربوط به یک سلول از شبکه ایجاد شده (مش بندی) می‌باشد.

جدول 1: مقایسه پارامتر عمق متوسط جریان اندازه گیری شده و محاسبه شده توسط مدل در مقاطع مورد بررسی

مقطع اندازه گیری شده	پارامتر عمق جریان (P) اندازه گیری شده کرانه راست هر مقطع	پارامتر عمق جریان (D) پیش بینی شده با مدل (ضریب زبری ۰/۰۳۳ و ابعاد شبکه محاسباتی ۱۰۰×۳۵۰) در	میزان خطا	
			RMSE	MAPE
A مقطع	۳/۰۸	۳/۱۵	۰/۰۸	۲/۵۹
B مقطع	۲/۷۰	۳/۴۰	۰/۰۵	۱/۸۵
C مقطع	۱/۳۲	۱/۱۰	۰/۰۷	۵/۳۰
D مقطع	۱/۷۰	۰/۸۵	۰/۱۳	۷/۶۴
G مقطع	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۰۵	۴/۵۴
H مقطع	۱/۳۰	۰/۹۲	۰/۱۰	۷/۶۹



شکل ۱۰: مقایسه مقادیر متوسط عمق آب اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در شش مقطع مورد بررسی

بحث و نتیجه گیری

در مطالعه الگوی هیدرولیک جریان در رودخانه شریانی جاری در مخروط افکنه رودان، ضمن مطالعه روند تغییرات مقادیر و بردارهای سرعت در طول میدان محاسباتی، توزیع تنش برشی در بستر و کناره های رودخانه و تغییرات عمق آب می توان گفت: ۱- بیشترین جریان های چرخشی عرضی، محلی است که عمق سیلاب کاهش یافته است. بخصوص در سطح مخروط افکنه که دارای جریان های چرخشی عرضی زیادی است. محدوده هایی که عمق سیلاب در آن افزایش می یابد علاوه بر جریان چرخشی عرضی، جریان ثانویه (جریان چرخشی عمقی) به آن نیز اضافه می گردد.

۲- میدان هیدرودینامیکی جریان و المان های چرخابه ای در اطراف جزایر رسوبی نشان می دهد، در این ناحیه با نزدیک شدن جریان به جداره های مرزی (کناره های جزایر) به واسطه وجود جریان های لایه مرزی در نزدیکی جداره های جزایر، سرعت جریان به سمت صفر میل می کند. با کاهش مؤلفه های سرعت در نزدیکی جداره ها، برگشت (جداشدگی) جریان اتفاق می افتد و جریان های چرخابه ای شکل می گیرند. با افزایش قدرت چرخابه ای این جریان ها در اطراف جزایر، سطح مقطع عبوری جریان

کاهش یافته و سرعت جریان به صورت موضعی در آن مقطع افزایش می‌یابد که با نتایج مغربی و همکاران (۱۳۸۹) در رودخانه شریانی سرباز و ملک‌عباسلو و همکاران (۱۳۹۱) در بازه‌ای از رودخانه رودان مطابقت دارد.

۳- نقش جزایر رسوبی در کاهش سطح مقطع جریان و تأثیر آن بر پارامترهای هیدرولیکی نشان داد که دبی‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله توانایی زیر آب بردن جزایر رسوبی در انتهای مخروطافکنه را ندارند و از این حیث ایمن می‌باشند. با افزایش دبی ویژه در فاصله بین جزایر، کناره‌های رودخانه در این بازه دچار فرسایش می‌شود؛ و از آنجایی که در این بازه از رودخانه، مواد تشکیل‌دهنده کناره‌ها کوچک‌تر از مواد تشکیل‌دهنده کف می‌باشند فرسایش در کناره‌ها و سپس در کف صورت می‌گیرد.

۴- نتایج حاصل از مدل عددی نشان می‌دهد که الگوی جریان در دبی‌های کم وابسته به شکل و نوع بستر بوده و الگوی جریان شریانی در الگوی جریان مشاهده می‌گردد، در حالی که در دبی‌های بالاتر و با افزایش سطح تراز آب شاهد اثر گذاری هندسه جزیره رسوبی بر الگوی جریان با افزایش تنش برشی در دماغه آبشکن و ایجاد گردابه‌های در پائین دست جزیره رسوبی می‌باشیم. این الگوی جریان، امکان توسعه جزیره رسوبی به سمت پائین دست را در آینده تقویت می‌نماید.

۵- مدل مذکور در پیش‌بینی مقادیر عمق جریان، کمترین خطا را داشته و نتایج حاصل از مدل بر مبنای ضریب $RMSE$ بطور متوسط $0/08$ و $MAPE$ برابر ۵ است که اختلاف ناچیزی با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد. لذا نتایج تحقیق، توانمندی بالای مدل در پیش‌بینی دقیق پارامتر سرعت جریان را تأیید نمود که با نتایج بسیاری از محققین مانند نثار (۲۰۱۱)، فتحی و همکاران (۱۳۹۱) و خسروی و همکاران (۱۳۹۱)، پارک و همکاران (۲۰۱۳)، ماگنوزوفسکی (۲۰۱۵) در رودخانه پیچان‌رودی مطابقت دارد.

۶- در پایان پیشنهاد می‌گردد برای ارزیابی دقیق‌تر مدل، مقادیر دبی، سرعت و عمق آب در اطراف جزایر رسوبی در مواقع بروز سیلاب اندازه‌گیری و با خروجی مدل مقایسه گردد.

فهرست منابع

۱. جعفرپور، ع.، نوحه‌گر، الف.، رستمی، م.، ارشادی، س. ۱۳۹۲. تأثیر آبشکن بروی جریان رودخانه میناب با استفاده از مدل $CCHE2D$. پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب، تهران، ایران.
۲. خسروی، غ. ر. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی جریان و رسوب رودخانه با استفاده از مدل $CCHE2D$ (مطالعه موردی: پیچان‌رود پائین دست سد میناب). پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان.
۳. فتحی، م.، هنر بخش، الف.، رستمی، م. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی الگوی جریان در روزخانه‌های پیچان‌رودی با استفاده از مدل $CCHE2D$. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۶(۱۹)، ۵۹-۶۶.
۴. فتحی، م.، هنر بخش، الف.، رستمی، م.، داوودیان دهکردی، م. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی الگوی جریان با یک مدل عددی دوبعدی در بازه‌ای از پیچان‌رود طبیعی؛ مطالعه موردی رودخانه خشکه رود فارسان، استان چهارمحال و بختیاری، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۶(۶۲)، ۹۵-۱۰۸.

۵. گروه مهندسين مشاور ايران. ۱۳۸۹. مطالعات آزادسازی بستر و حریم رودخانه‌های فاریاب و رودان، سازمان آب منطقه‌ای هرمزگان، وزارت نیرو.
۶. مغربی، م.، مقدم، الف.، مشکي کاخکی، م. ۱۳۸۹. شبیه سازی عددی الگوی جریان آشفته حول جزیره رسوبی در رودخانه ی شریانی با استفاده از مدل CCHE2D (مطالعه موردی: رودخانه سرباز). نهمین کنفرانس بین‌المللی هیدرولیک ایران، تهران، ایران.
۷. ملک‌عباسلو، الف.، حاجی‌کندی، ه.، پیرستانی، م. ۱۳۹۱. مدل‌سازی دوبعدی الگوی جریان در رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای، نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، ایران.
۸. ملک‌عباسلو، الف.، حاجی‌کندی، ه.، محمودی وانعلیا، م.، وثوق، م. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه‌های مخروط‌افکنه‌ای با استفاده از مدل CCHE2D، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی هیدرولیک ایران، ارومیه، ایران.

9. Gilvear, D. J., Cecil, J., & Parsons, H. (2000). Channel change and vegetation diversity on a low-angle alluvial fan, River Feshie, Scotland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 10 (1), 53-71.
10. Ji, U. (2006). Numerical model for sediment flushing at the Nakdong River estuary barrage, PhD Thesis, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.
11. Ji, U., Julien, P. Y., & Park, S. K. (2011). Sediment flushing at the Nakdong river estuary barrage. *Journal of Hydraulic Engineering*, 137 (11), 1522-1535.
12. Jia, Y. and Wang, S. Y. (2001). CCHE2D: Two-dimensional hydrodynamic and sediment transport model for unsteady open channel flows over loose Bed, Technical Report No. NCCHE-TR-2001-1, National Center for Computational Hydroscience and Engineering, University of Mississippi, USA.
13. Jia, Y., Chao, X., Zhang, Y., & Zhu, T. (2013). Technical Manual of CCHE2D, version 4.1. NCCHE-TR-02-2013, Technical Report, National Center for Computational Hydroscience and Engineering, Oxford, MS.
14. Jia, Y., Zhang, Y., Wang, S., Raible, A. (2006). Numerical Simulations of Channel Response to Riverine Structures in Arkansas River, the 7th Int. Conf. on Hydroscience and Engineering (ICHE-2006), Sep. 10 – Sep. 13, Philadelphia, USA.
15. Magnuszewski, A. (2015). Influence on flood safety of channel processes and vegetation in the River Vistula valley in Warsaw. In *Stochastic Flood Forecasting System* (pp. 129-140). Springer International Publishing. pp ۱۴۰-۱۲۹.
16. Nassar, M. A. (2011). Multi-parametric sensitivity analysis of CCHE2D for channel flow simulations in Nile River. *Journal of hydro-environment research*, 5 (3), 187-195., 5 (3): 187–195.
17. Park, S. K., Ji, U., Yeo, W., & Kim, D. (2013). Analysis for the effectiveness of sediment dredging in the approach channel at the Nakdong River estuary barrage. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17 (6), 1489-1495.
18. Rahuel, J. L., Holly, F. M., Chollet, J. P., Belleudy, P. J., & Yang, G. (1989). Modeling of riverbed evolution for bed load sediment mixtures. *Journal of Hydraulic Engineering*, 115 (11), 1521-1542.

19. Wu, W., & Vieira, D. A. (2002). One-dimensional channel network model CCHE1D version 3.0—technical manual. The University of Mississippi, Technical Manual, Technical Report No NCCHE- 2002-1.
20. Wu, W., Rodi, W., & Wenka, T. (2000). 3D numerical modeling of flow and sediment transport in open channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, 126 (1), 4-15.
21. Zhang, Y., & Jia, Y. (2005). CCHE2D Mesh Generator Users' Manual—Version 2.50. National Center for Computational Hydroscience and Engineering, Technical Report: NCCHE-TR-2005-05.



Environmental Erosion Research

journal homepage: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>



Analysis of Flood Hydraulic in Alluvial Fan River using CCHE2D Case Study: (Roodan River)

Nohegar, A.^{1*}, Mohseni Zadeh, H.², Bazrafshan, O.²

¹*Environment Planning Department, Faculty of Environment, University of Tehran*

²*Rangeland & Watershed Management Department, Faculty of Agricultural & Natural Resources, Hormozgan University*

Abstract

In this study the advantages and importance of a numerical model to predict and monitor the processes governing hydraulic changes alluvial fan river is discussed. For this reason and because of the importance of flow velocity and shear stresses resulting from the erosion of the river, A two-dimensional numerical model to simulate the CCHE2D river changes ranging from Roodan River is used. In this study by the use of large-scale maps of the topography of the area under study Were prepared The model geometry and computational grid with different dimensions, and then measured streamflow characteristics Dimensional hydrodynamic model of moderate depth, implementation and results of the distribution of depth, velocity, specific discharge, shear stress were obtained in the Fan river. The statistical criteria RMSE and MAPE data from the simulation model against observed data, which were Error model for depth with RMSE index Respectively 0. 0851 And MAPE values 5.02 Percentages were calculated. The results showed that the simulated data were compared with data obtained from field measurements are very similar.

Article History:

Received:

26 June 2014

Revised:

18 November 2014

Accepted:

10 May 2014

Keywords:

Simulation

CCHE2D

Alluvial fan

Roodan River

* Corresponding Author Email:Amad.nohegar@gmail.com