بررسی تأثیر حذف پیچان‌رود بر الگوی جریان و رسوب رود کارون با استفاده از نرم افزار CCHE2D

محمدرضا زایری[۱*] ، محمودشفاعی بجستان[۲]

چکیده

رودها اصلی‌ترین منابع تامین آب برای مصارف گوناگون استند، لذا بررسی شرایط هیدرولیکی و رسوبی رودها از اهمیت بسزایی برخوردار است و ضرورت آن کاملا احساس می‌شود. با توجه به روند پیچیده‌ی فرسایش و رسوب‌گذاری رودها و اهمیت زیادی که تغییرات بستر رود در طرح های ساماندهی کنترل سیلاب و طراحی سازه‌های هیدرولیکی دارد، نیاز به شناخت این پدیده شدیداً احساس می‌گردد. رود کارون واقع در استان خوزستان در محدوده‌ی مورد مطالعه دارای الگوی پیچان‌رودی است و با توجه به تشکیل جزایر و رسوب‌گذار بودن رود در محدوده‌ی شهر اهواز، موجب می‌شود که افزایش تراز آب در سیلاب‌های رخ داده متوجه شهر باشد. لذا در این مطالعه با استفاده از نرم افزار دو بعدی CCHE2D با فرض احداث میانبر اقدام به حذف پیچانرودهای چنیبیه و کریشان ۲ شده است، بررسی نتایج هیدرولیکی و رسوبی رود نشان می‌دهد با حذف پیچان‌رود موجب افزایش شیب خط انرژی جریان در رود، سرعت جریان و در نتیجه سبب افزایش توان فرسایشی رود گردد. با توجه به نتایج نرم افزار متوسط سرعت جریان ۵۰ درصد نسبت به مسیر موجود افزایش می‌یابد که این امر سبب کاهش ۴۰ درصدی توان رسوب‌گذاری خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: پیچان‌رود، رود کارون، نرم افزار ریاضی CCHE2D ، فرسایش و رسوب‌گذاری

Archive of SID

[۱] استادیار گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
تلفن: ۰۹۱۶۳۱۹۶۹۰۶ ,Email: m.zayri@yahoo.com
[۲] استاد گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

www.SID.ir

مقدمه

آب از مهم‌ترین عوامل فرسایشی پوستهٔ زمین بوده و در مسیر حرکت خود موادی را حمل می‌کند. این مواد، از دامنه‌ها و دشت‌ها شسته شده و باعث فرسایش خاک، فقر پوشش گیاهی و تخریب محیط زیست می‌گردند. رسوب‌گذاری هر ساله صدمات و خسارات زیادی به بار می‌آورد. رودها تحت تأثیر فرسایش و رسوب‌گذاری دستخوش تغییرات گوناگونی می‌شوند که از آن جمله می‌توان به تغییر راستا، جابه‌جایی‌های عرضی و طولی، وقوع میانبرها، تغییر نوع رود، تغییر تراز بستر، تغییر دانه‌بندی و دگرگونی ویژگی‌های هندسی مسیر اشاره کرد. سازه‌های متقاطع و موازی موجود در مسیر رودها مانند پل‌ها، بندها، سدها، دیواره‌های سیل بند سازه‌های حفاظت بستر و کناره‌ها و همچنین تأسیسات موجود در حواشی و اراضی اطراف از جمله جاده‌ها، مزارع، مناطق صنعتی، شهری و کشاورزی از فرایندهای مختلف فرسایش و رسوب‌گذاری تأثیرپذیری مستقیم دارند. این مسئله وقتی دارای اهمیت بیشتری می‌شود که باعث طغیان رودها و ایجاد سیل شده و جان عده زیادی را به‌طور مستقیم تهدید می‌کند (ابهری، ۲۰۰۸). رود کارون از دیرباز شاهد سیلاب‌های شدیدی بوده است که یکی از علل آن در سال‌های اخیر، افزایش فرسایش و رسوب‌گذاری و در نتیجه کاهش ظرفیت آبگذری رود بوده است. ایجاد جزایر رسوبی در این رود مؤید این مطلب است. مسئله رسوب و رسوب‌گذاری در رود کارون در محدوده شهر اهواز و پایین‌دست با توجه به کاهش معنی‌دار شیب رود و ظرفیت انتقال پایین، همواره به عنوان یکی از اصلی‌ترین محورهای مطالعاتی رود کارون مورد توجه قرار داشته است.

درزمینهٔ حذف پیچان‌رود اچیم و رادون (۱۹۸۶) در نتایج پژوهش خود بیان کردند که اصلاح پیچان‌رودها اثراتی بر رفتارهای هیدرولیکی و زمین پویائی شاخه‌های اصلاح شده می‌گذارد که به‌صورت رسوب‌گذاری در طی زمان خود را نشان می‌دهد، در حالی که نهرهای تازه تأسیس شده فرسایش را تجربه می‌کنند. پور آصف و عبدالشاه نژاد (۱۳۸۸) با پیشنهاد احداث ۶ میانبر در رود کارون به‌صورت مصنوعی و تأثیر احداث این میانبرها را در کاهش تراز سیلاب، نشان دادند که با احداث هریک از میانبرها در قوس‌های مورد مطالعه و برای مقادیر بده با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله در نقطه ورودی قوس، مقدار کاهش تراز سیلاب بیش از یک متر خواهد بود و حذف اثر مجموع افت‌های انرژی ناشی از قوس‌های موجود، موجب کاهش تراز عبور جریان به میزان قابل توجهی خواهد شد. آذرنگ و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از نرم افزار یک بعدی از نسخه نرم افزار CCHE به شبیه‌سازی هیدرولیکی و رسوبی رود کارون در بازه اهواز- فارسیات پرداختند و سپس نتایج حاصل از اجرای نرم افزار را با اندازه‌گیری‌های میدانی صحت‌سنجی نمودند.

تیرون و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که فرسایش و تولید رسوب در مسیر میانبر احداثی نسبت به مسیر پیچان‌رودی سابق بیشتر بوده که دلیل این امر افزایش سرعت جریان در نهر میانبر نسبت دادند. سلاجقه و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از نرم افزار یک بعدی MIKE11 به مقایسه مسیر میانبر با حذف پیچان‌رود با مسیر موجود در رود دره گپ استان بوشهر پرداختند. آن‌ها نشان دادند که با حذف پیچان‌رود مقدار شیب خط انرژی ۶۵ درصد افزایش می‌یابد که سبب افزایش توان فرسایشی رود می‌گردد.

فتحی و همکاران (۱۳۹۱) به شبیه‌سازی الگوی جریان در یک پیچان‌رود طبیعی (خشک‌رود فارسان در ۳۰ کیلومتری غرب شهرکرد) با استفاده از نرم افزار عددی CCHE2D پرداختند. آن‌ها نشان دادند که که نرم افزار مذکور در پیش‌بینی مقادیر سرعت جریان، کمترین خطای ممکن را داشته و نتایج حاصل از نرم افزار اختلاف ناچیزی را با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد.

آزم و همکاران (۱۳۹۲) روش‌های ساماندهی رود کارون با استفاده از حذف پیچان‌رود نعل اسبی پایین‌دست اهواز (پیچان‌رود جنگیه) با استفاده از نرم افزار ریاضیHec-Ras4 پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که حذف پیچان‌رود مذکور اثر قابل ملاحظه‌ای بر هیدرولیک جریان و بالا بردن اثربخشی لایروبی و بیشترین تأثیر را در کاهش تراز سیلاب و روند رسوب‌گذاری خواهد داشت.

بررسی رود کارون از دیدگاه فرسایش و رسوب‌گذاری به لحاظ تأثیر مستقیم آن بر سازه‌های کنترل جریان و همچنین اتخاذ تدابیر پیشگیرانه در طرح ساماندهی و نیز بررسی سیلاب دارای اهمیت ویژه‌ای

Archive of SID

www.SID.ir

است. در این راستا هدف از این پژوهش مقایسه تغییرات هیدرولیکی و بستر دو مسیر از رود کارون که در محدوده‌ی شهر اهواز تا بالادست ایستگاه فارسیات به طول سی کیلومتر و مسیر اصلاحی آن که با حذف دو پیچان‌رود به نام چنیبیه و کریشان۲ و ایجاد میانبر جدید به طول ۲۳ کیلومتر است. با توجه به قابلیت‌های نرم افزار دو بعدی CCHE2D در تحلیل برخی از مشخصه‌های هیدرولیکی مانند الگوی جریان و رسوب در پیچان‌رودها و محدوده موانع و جزایر در رود نسبت به نرم افزارهای یک بعدی از این نرم افزار استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده

حوضه آبخیز رود کارون با مساحتی معادل ۴۲۷۵۴ کیلومترمربع بین مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۲۰درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴ دقیقه عرضی شمالی قرار گرفته است و یکی از وسیع‌ترین حوضه‌های آبخیز کشور محسوب می‌شود. حوضه‌ی آبخیز رود کارون از نظر تقسیم بندی کلی آب‌شناسی ایران، جزئی از حوضه‌ی آبخیز خلیج فارس و دریای عمان است. رود کارون در دشت آبرفتی خوزستان که مرکب از ماسه، رس و لای است، جریان دارد. رود کارون از مشکل‌سازترین رودها به لحاظ فرسایش و رسوب‌گذاری است. ساز و کار انتقال رسوب این رود بسیار پیچیده بوده و عوامل مختلف از قبیل چسبنده بودن رسوب‌ها معلق، درصد بسیار زیاد بار شسته (حوض‌های) و وجود قوس‌های فراوان آن را پیچیده‌تر نموده است. تغییرات رژیم جریان در رود که به‌واسطه ایجاد سدهای متوالی در کارون ایجاد شده، سبب گردیده که حجم قابل توجهی از رود توسط رسوب‌ها پر شود و هر ساله شاهد صدمات جانی و مالی زیادی توسط سیلاب‌هایی با بده کمتر از گذشته باشیم. وجود شهرهای بزرگ در مسیر رود کارون و ضرورت حفاظت از این شهرها، اراضی کشاورزی و مراکز بزرگ صنعتی در برابر سیلاب، لزوم اجرای طرح‌های مهار سیلاب را در این رود را ضروری می‌نماید.

منطقه‌ی مطالعه شده بخشی از رود کارون در مرکز شهر اهواز بین ایستگاه آب‌سنجی اهواز تا ایستگاه آب‌سنجی فارسیات به طول ۳۲ کیلومتر است. این بازه مورد مطالعه دارای دو پیچان‌رود به نام‌های چنیبیه و کریشان ۲ است. به منظور اجرای نرم افزار و انجام شبیه‌سازی نیاز به آمار و اطلاعات ایستگاه‌های آب‌سنجی در محدوده‌ی مطالعه شده است.

شکل ۱- محدوده مطالعه شده

معرفی نرم افزار دوبعدی CCHE2D

نرم افزار CCHE2D یک سامانه تحلیل دوبعدی در جریان ناپایدار، رودهائی با جریان آشفته، انتقال رسوب و ارزیابی کیفیت آب است. هدف نرم افزار کاربرد در زمینه‌های مرتبط با پیش بینی فرسایش کف و سواحل رود در جریان‌های یکنواخت و غیریکنواخت رسوب، مهاجرت پیچان‌رودها و کیفیت آب است. نرم افزار در ارزیابی سازه‌های هیدرولیکی مانند سازه‌ها کنترل سطح آب، دایک ها و ... نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علاوه نرم افزار به مهندسین در طراحی اولیه سازه‌های جدید در راستای اقتصادی کردن و بهبود طرح کمک می‌کند. شبیه سازی عددی بر اساس حل معادلات ناویر-استوکس به عنوان یک مسئله مقدار اولیه است.

شبیه سازی بر اساس پنج گام به شرح زیر است:

- تولید شبکه‌ی محاسبه‌های (مش بندی)
- تعیین شرایط اولیه و مرزی
- تنظیم فرا سنجها شامل فرا سنجهای هیدرولیکی و رسوبی
- اجرای شبیه‌سازی
- مشاهده نتایج و تفسیر آن

محققان مختلفی از جمله زرکفلی (۲۰۰۷)، با بررسی نرم افزار ریاضی دو بعدی CCHE2D و نرم افزار یک بعدی HEC- RAS در رود مردکا، به این نتیجه

Archive of SID

www.SID.ir

رسید که اگرچه نرم افزارهای یک بعدی مانند HEC-RAS، به‌صورت گسترده استفاده می‌شود ولی توانایی تحلیل برخی از مشخصه‌های هیدرولیکی جریان مانند الگوی جریان و رسوب در پیچان‌رودها و محدوده سازه‌ها و موانع در رود را ندارند. جیا و ونگ (۲۰۰۸)، نرم افزار دوبعدی آب پویائی و حمل رسوب به نام CCHE2D، برای مطالعه تغییرات بستر و جریان در نهرهای روباز توسعه دادند. در این نرم افزار، معادلات گشتاور دوبعدی انتگرال‌گیری شده از عمق برای جریان آشفته در یک سیستم مختصات کارتزین بکار می‌رود. با توجه به شرایط مرزی، این نرم افزار، سه نوع مرز را مورد استفاده قرار می‌دهد که عبارت‌اند از: ورودی، خروجی و دیواره‌های جامد. در نرم افزار CCHE2D، تغییرات تراز بستر به علت حمل بارکف و اثر جریان ثانویه روی فرایند حمل در نهرهای پیچان محاسبه می‌شود. نتایج محاسبه‌ها نشان می‌دهد که این نرم افزار را می‌توان برای مطالعه جریان‌های پایدار، ناپایدار و آشفته و همچنین فرایندهای حمل رسوب و تغییرات بسترکی نهرهای آبرفتی بکار برد.

معادلات حاکم بر جریان آب و رسوب

نرم افزار عددی CCHE2D، برای حل میدان جریان از معادلات رینولدز متوسط گیری شده در عمق (Depth–Average) استفاده می‌کند و برای شبیه‌سازی حالات انتقال آشفتگی، از دو نرم افزار صفر معادله‌ای توزیع سهموی (Parabolic Eddy Viscosity) و نرم افزار طول اختلاط (Mixing Length) لزجت گردابه ای و نیز نرم افزار دو معادله‌ای k–ε استفاده می‌کند (ژانگ، ۲۰۰۹).

دو معادله اصلی شبیه سازی عبارت‌اند از:

الف) معادله پیوستگی

$$\frac{\partial Z}{\partial t}+\frac{\partial (hu)}{\partial x}+\frac{\partial (hu)}{\partial y}=0 \qquad (۱)$$

ب) معادله حرکت

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+\boldsymbol{\nu}\frac{\partial u}{\partial y}=-g\frac{\partial Z}{\partial x}+\frac{1}{h}\left[\frac{\partial (h\boldsymbol{\tau}_{xx})}{\partial x}+\frac{\partial (h\boldsymbol{\tau}_{xy})}{\partial y}\right]-\frac{\boldsymbol{\tau}_{bx}}{\boldsymbol{\rho} h}+f_{cor}\boldsymbol{\nu} \qquad (۲)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+\boldsymbol{\nu}\frac{\partial u}{\partial y}=-g\frac{\partial Z}{\partial x}+\frac{1}{h}\left[\frac{\partial (h\boldsymbol{\tau}_{yx})}{\partial x}+\frac{\partial (h\boldsymbol{\tau}_{yy})}{\partial y}\right]-\frac{\boldsymbol{\tau}_{by}}{\boldsymbol{\rho} h}+f_{cor}\boldsymbol{\nu} \qquad (۳)$$

که در این معادلات U مؤلفه سرعت در راستای X، V مؤلفه سرعت در راستای Y، g شتاب ثقل، Z ارتفاع سطح آب، ρ چگالی آب، h عمق سطح آب در نقطه مورد نظر، f_{cor} اثر کوریولیس(اثر پیچی)، $\tau_{yx}, \tau_{xy}, \tau_{xx}$ و τ_{yy} مؤلفه‌های تنش برشی رینولدز و τ_{by}, τ_b مؤلفه‌های تنش برشی در سطح بستر استند.

ج) معادله‌ی آشفتگی

برای شبیه‌سازی اثر آشفتگی بر الگوی جریان و بستن سیستم معادلات حاکم، نرم افزار CCHE2D از نرم افزارهای گرانروی چرخابه سهمی شکل، طول اختلاط وε -k بهره می‌برد. در این تحقیق نیز برای شبیه‌سازی الگوی جریان آشفته، از نرم افزار معیار و توانمند $k-\varepsilon$ بهره بردیم که در این نرم افزار، معادله k برای انرژی جنبشی آشفتگی (آشفته) و ε برای نرخ پراکندگی انرژی آشفتگی تعریف می‌شود؛ در ذیل معادلات مربوط به این نرم افزار ترکیبی (۴ و ۵) آمده اند و برای مطالعات بیشتر به منابع مراجعه شود:

$$K=\frac{1}{2}\overline{U_i}'\overline{U_j}' \qquad (۴)$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}=\boldsymbol{\mu}_t\frac{\overline{\partial}u_i'}{\partial x_i}\frac{\overline{\partial}u'_j}{\partial x_j} \qquad (۵)$$

د) معادله‌ی رسوب

شبیه‌سازی انتقال رسوب نیز بوسیله معادله جابه‌جایی- پخش متوسط گیری شده در عمق برای انتقال بار معلق رابطه‌ی (۵) و معادله‌ی پیوستگی برای بار بستر رابطه (۶) صورت می‌گیرد (وو، ۲۰۰۱)

$$\frac{\partial (hC_k)}{\partial t}+\frac{\partial (UhC_k)}{\partial x}+\frac{\partial (VhC_k)}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}(\boldsymbol{\varepsilon}_s h\frac{\partial C_k}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\boldsymbol{\varepsilon}_s h\frac{\partial C_k}{\partial y})+E_{bk}-D_{bk} \qquad (۵)$$

$$(1-p')\frac{\partial z_{bk}}{\partial t}+\frac{\partial (\overline{\delta c_{bk}})}{\partial t}+\frac{\partial (q_{bkx})}{\partial x}+\frac{\partial (q_{bky})}{\partial y}=-E_{bk}+D_{bk} \qquad (۶)$$

نمایه k بیانگر طبقه‌ی ابعادی ذرات رسوب است. و C_k و ε_s به ترتیب عبارت‌اند از غلظت بار رسوب‌های معلق و ضریب پخش گردابه‌ای رسوب که ε_s از رابطه‌ی $\varepsilon_s=\nu_t/\sigma_s$ محاسبه می‌شود. ν_t و σ_s به ترتیب لزجت گردابه‌ای جریان و عدد اشمیت- پرانتل آشفتگی (که بین ۰/۵ تا ۱ قرار دارد) است. E_{bk} و D_{bk} به ترتیب بیانگر نرخ ورود ذرات رسوب از ناحیه بار بستر

Archive of SID

www.SID.ir

به ناحیه بار معلق و نرخ ته نشینی ذرات رسوب در مرز بین نواحی بار بستر و معلق است.

$$E_{bk} - D_{bk} = \alpha\omega_{sk}(C_{*k} - C_k) \quad (۷)$$

ضریب α فراسنجی است در شبیه سازی انتقال رسوب به نام ضریب تطبیقی غیرتعادلی بار معلق، ω_{Sk} سرعت سقوط مربوط به طبقه ابعادی ذرات معلق و C_* بیانگر غلظت رسوب‌ها در حالت تعادلی (ظرفیت انتقال رسوب)، p' تخلخل مواد کف، $\overline{c_{bk}}$ غلظت متوسط بار بستر در منطقه حرکت بار بستر، δ ضخامت لایه‌ی بستر و q_{bkx} و q_{bky} به ترتیب مؤلفه‌های نرخ انتقال بار بستر در راستای x و y است.

در مرزهای ثابت مانند جزیره‌ها و یا کناره‌ها، نرخ انتقال بار بستر و تغییرات غلظت بار بستر عمود بر مرز برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

$$q_{bk}=0 \quad (۸)$$

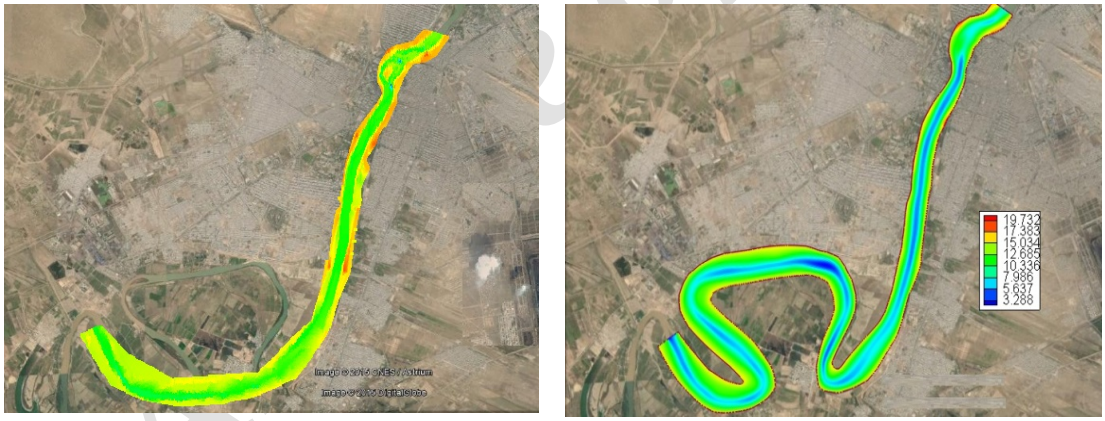
$$\frac{\partial C_k}{\partial n} = 0 \quad (۹)$$

در مرز خروجی، محاسبه‌های بار بستر نیاز به شرط خاصی ندارد، اما تغییرات غلظت بار معلق در جهت حرکت جریان برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

$$\frac{\partial C_k}{\partial s} = 0 \quad (۱۰)$$

تهیه هندسه‌ی میدان حل

پس از ورود اطلاعات به محیط نرم افزار تهیه شبکه محدوده مورد نظر در دو مسیر شبکه‌بندی شد. همچنین، در محدوده‌ی بالادست و پائین‌دست جزیره با توجه به شیب بالای سرعت، انحناء خطوط جریان و احتمال تشکیل نواحی چرخشی جریان در این منطقه از شبکه‌بندی فشرده‌تری نسبت به سایر نواحی استفاده شده است . تصویر شماره‌ی ۲ نشانگر وضعیت اولیه‌ی اطلاعات رقومی نقاط در محدوده‌ی شهر اهواز، و نیز مسیر جدید انتخاب شده جهت شبیه سازی است. با توجه به تصویر زیر می‌توان الگوی نقطه‌ای اطلاعات را به خوبی تشخیص داد.



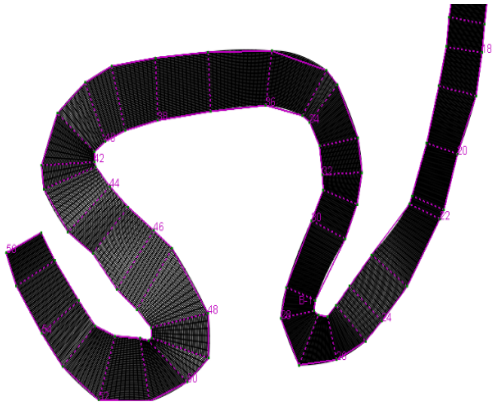
شکل ۲- هندسه‌ی میدان، حل و وضعیت اولیه‌ی اطلاعات رقومی نقاط در مسیر موجود و مسیر میانبر رود کارون

شبکه بندی هندسه‌ی رود

پس از تعیین و ایجاد مرزهای محاسبه‌های، می‌توان شبکه را ایجاد نمود. برای این منظور تعداد گره‌ها در طول و عرض شبکه به شکلی مشخص می‌شود که ابعاد سلول‌های شبکه از یکنواختی تقریبی برخوردار بوده و خطوط شبکه کمترین میزان انحراف را از حالت عمود بر هم داشته باشند. همچنین، باید به این موضوع که ابعاد کوچک سلول‌ها حجم محاسبه‌ها و زمان اجرای نرم افزار را بالا برده و ابعاد بیش از اندازه بزرگ سلول‌ها باعث عدم دقت و واگرا شدن نرم افزار می‌شود، دقت داشت. شبکه مورد استفاده مطابق شکل ۳ شامل یک شبکه ساختار یافته غیریکنواخت از نوع تطبیق یافته با ابعاد ۵۰ * ۴۰۰ بوده که بوسیله نرم افزار CCHE-Mesh تولید و ارتقا یافته است. این شبکه بر مبنای نقشه برداری میدانی انجام گرفته است که فاصله نقاط در آن در حدود ۱۰ متر است انجام پذیرفته است. نتایج حاصله نشان دادند که ریزتر کردن شبکه تأثیر چندانی بر حل میدان نداشته و از شبکه‌ی فوق برای محاسبه‌های میدان جریان استفاده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



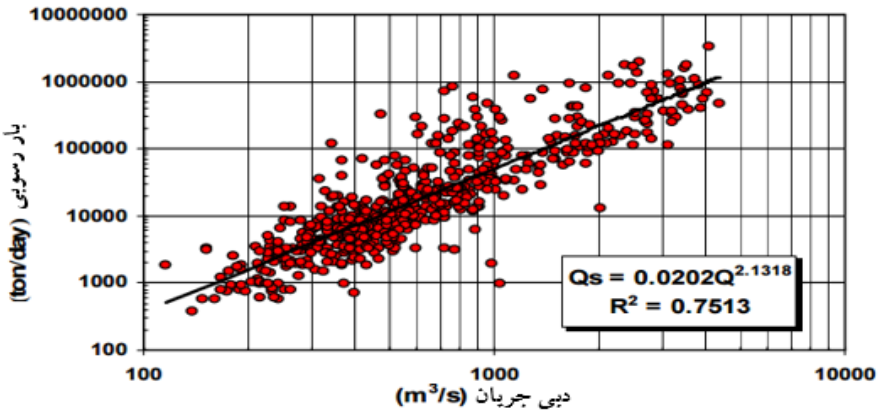
شکل ۳-شبکه بندی رود کارون با استفاده از نرم افزار CCHE-Mesh

اعمال شرایط مرزی و اولیه‌ی جریان

برای شبیه سازی جریان و انتقال رسوب، نیاز به اعمال شرایط مرزی به نرم افزار است. در این تحقیق از مقدار بده متوسط سالانه به عنوان ورودی میدان جریان در شبیه‌سازی آب پویائی منطقه استفاده شده است. بده اوج این سیلاب که معادل ۲۸۴ متر مکعب بر ثانیه است به‌صورت مقدار ثابت در ورودی میدان اعمال شد. در مرز پائین‌دست از شرط مرزی خروجی استفاده شده و شرط شیب صفر در جهت بهنجار برای فراسنج‌های میدان در این مرز در نظر گرفته شد. شرایط اولیه‌ی سطح آب بدین صورت به نرم افزار اعمال شد که در بالادست میدان رقوم ۱۳/۰، و در پایین‌دست , رقوم ۱۲/۵ به عنوان رقوم اولیه‌ی سطح آب در نظر گرفته شده و برای سایر نقاط حد فاصل این دو مرز، از درون‌یابی بین مقادیر بالا گفته استفاده شد. همچنین از نرم افزار آشفتگی k-ε جهت شبیه‌سازی آشفتگی میدان و بیان تنش‌های رینولدز استفاده شده است. حل میدان جریان تا رسیدن باقیمانده‌ها به ۰/۰۰۱ ادامه یافته است.

پس از اجرای نرم افزار با گام‌های زمانی مختلف اجرای برنامه برای بازه‌ی زمانی یک ساله, با گام‌های زمانی ۶۰ ثانیه به منظور رسیدن به همگرایی مناسب تشخیص داده شد.

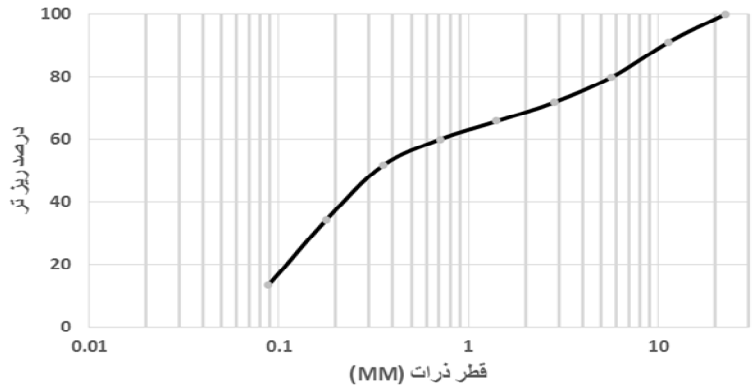
در بخش اطلاعات رسوبی، منحنی سنجه‌ی بار معلق ایستگاه اهواز به عنوان رسوب‌های کل ورودی به کار گرفته شد (شکل (۴)) با توجه به اینکه اطلاعات منحنی دانه‌بندی مصالح بستر نقش مهمی در شبیه‌سازی جریان و رسوب دارد به همین علت منحنی‌های دانه‌بندی در چند سال گذشته مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در نهایت از متوسط آن‌ها در نرم افزار استفاده شد. در شکل ۵ منحنی دانه‌بندی رسوب مورد استفاده را در نرم افزار نشان می‌دهد.



شکل ۴-منحنی سنجه بار معلق رود کارون در ایستگاه اهواز

Archive of SID

www.SID.ir



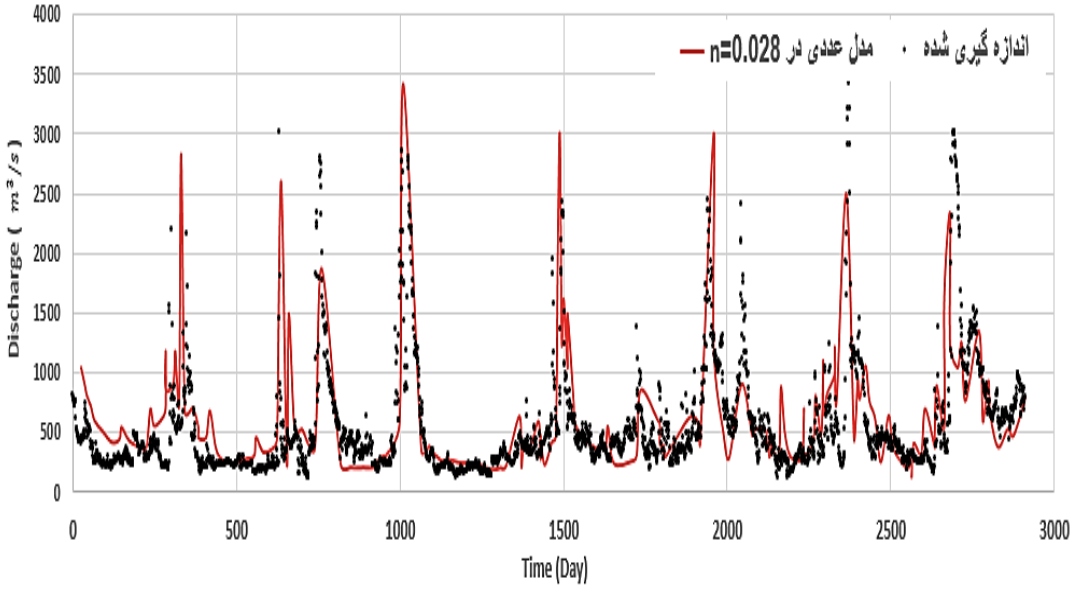
شکل ۵- منحنی‌های دانه‌بندی مصالح بستر رود کارون در ایستگاه اهواز

نتایج و بحث

واسنجی نرم افزار عددی

برای اجرای قسمت رسوبی نرم افزار، ابتدا لازم است تا از واسنجی بودن هیدرولیکی نرم افزار اطمینان حاصل شود، چرا که فراسنجهای به دست آمده از آب پویائی جریان مبنای محاسبه‌های رسوبی است. به همین منظور در ابتدا برای شبیه‌سازی هیدرولیک جریان، نرم افزار به ازای مقادیر مختلف ضریب زبری مانینگ اجرا گردید به منظور واسنجی نرم افزار، ایستگاه آب‌سنجی اهواز به عنوان مرز بالادست و ایستگاه آب‌سنجی فارسیات به عنوان مرز پایین‌دست در نظر گرفته شده است. در واسنجی نرم افزار ابتدا از آب نگار خروجی ایستگاه فارسیات در طول دوره‌ی شبیه‌سازی سال ۱۳۸۴-۱۳۷۷ به عنوان مقادیر مشاهداتی جهت مقایسه با مقادیر شبیه‌سازی شده استفاده شد. در شکل ۶ مشاهده می‌شود که نتایج حاصل از اجرای هیدرولیکی نرم افزار با ضریب مانینگ ۰/۰۲۸ بهترین برازش را با داده‌های مشاهداتی دارند.

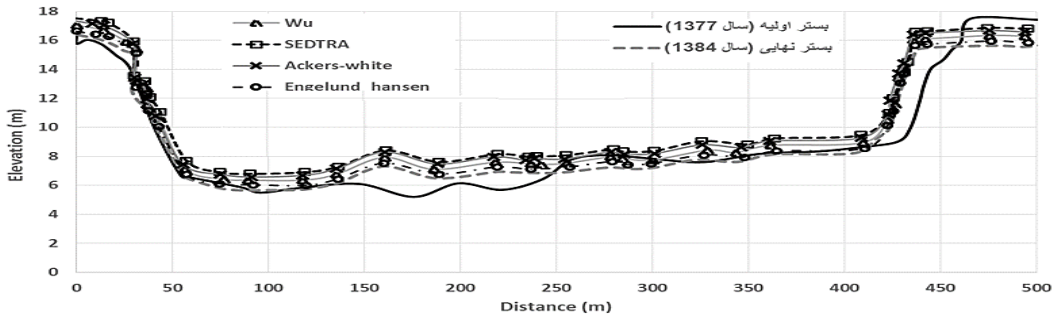
جهت واسنجی نرم افزار از تغییرات مقطع عرضی در قبل و بعد از فرایندهای رسوب‌گذاری و فرسایش استفاده گردید. شکل ۷ مقایسه‌ی مقطع عرضی ایستگاه اهواز شبیه‌سازی شده را با مقادیر اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۸۴ نشان می‌دهد. مطابق این شکل، رابطه تجربی انگلد هانسون مطابقت بهتری را با شرایط واقعی این رود در دوره‌ی زمانی مطالعه شده داشته است.



شکل ۶- مقایسه‌ی مقادیر بده شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در ایستگاه فارسیات

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷ –مقایسه‌ی مقطع عرضی ایستگاه اهواز شبیه‌سازی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۸۴ در ایستگاه اهواز

بعد از واسنجی نرم افزار CCHE2D جهت بررسی اثر حذف پیچان‌رود شبیه‌سازی برای بازه زمانی ۱۲ ماه برای هر دو حالت شبیه سازی صورت پذیرفت. در هر دوره الگوی جریان و میزان رسوب‌ها ته نشین شده در بازه مورد مطالعه، میزان رسوب‌های ورودی و میزان رسوب‌ها خروجی از رود، برآورد و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج شامل بردارها و خطهای میزان منحنی‌های سرعت و تغییرات تراز بستر در دوره شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار عددی CCHE2D است که می‌توان برای دو حالت یعنی در مسیر موجود رود کارون (بدون حذف پیچان‌رود) و مسیر میانبر رود کارون(حذف پیچان‌رود نعلی شکل) مورد ارزیابی قرار گیرد.

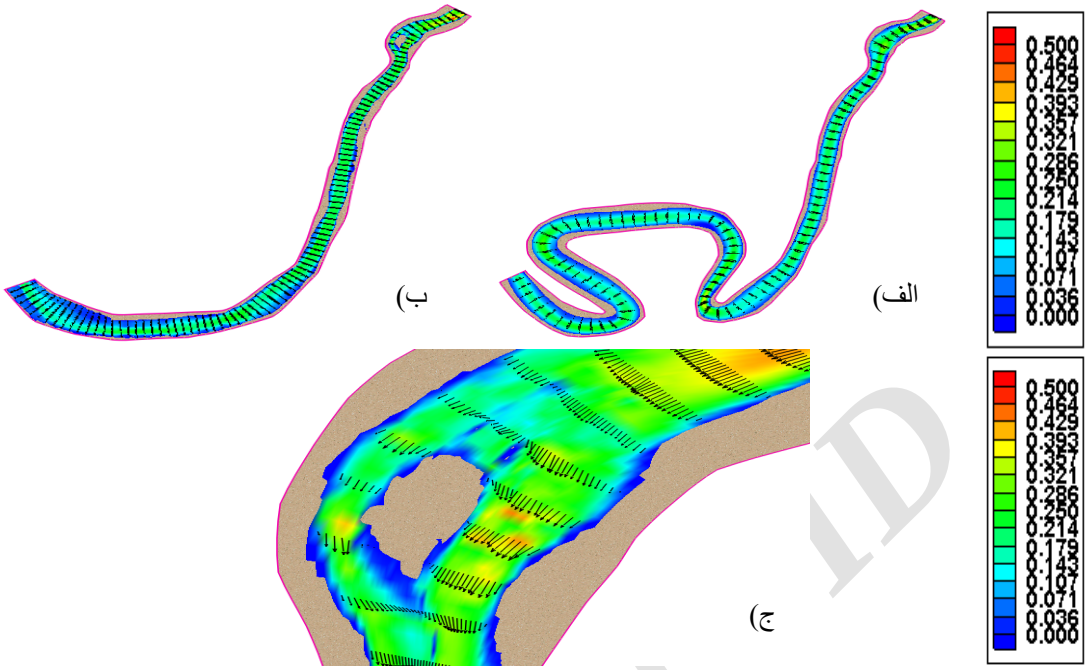
شبیه‌سازی الگوی جریان

به منظور شناخت الگوی جریان در طول میدان محاسبه‌های, روند تغییرات مقادیر و بردارهای سرعت در دو طرح از رود کارون بررسی شده اند. همواره در حالتی که رود، به حالت مستقیم است، بیشینه مقدار سرعت در وسط رود اتفاق می‌افتد که این امر به دلیل کاهش اثرات اصطکاکی کناره‌ها است. ولی در محل وقوع خم و کمی بعد از آن، مقدار حداکثر سرعت، متمایل به دیواره خارجی(مقعر) ایجاد می‌شود. این حالت به دلیل تشکیل جریان‌های ثانویه هنگام ورود به محل قرار گرفتن قوس و توسعه‌ی جریان ثانویه در فاصله کوتاهی بعد از آن است، تا جایی که با حذف الگوی پیچان‌رود و تغییر آن به شکل مستقیم‌الخط رود، شاهد حذف جریان‌های ثانویه خواهد بود. با توجه به شکل ۸-الف در نرم افزار مسیر موجود رود، سرعت جریان در بازه‌ی بالادست میدان در حالت عمومی بالا بوده، و حداکثر سرعت جریان در کل میدان نیز در این ناحیه اتفاق می‌افتد که برابر با ۰/۳۸ متر بر ثانیه است. علت این امر، محدود بودن این ناحیه از رود توسط دیواره‌های دو طرف و عدم پخش سیلاب در نواحی سیلاب دشت است. علت دیگر این پدیده می‌تواند شیب نسبتاً بالای بستر رود در این منطقه باشد.

با توجه به شکل ۸-ج در محدوده‌ی اطراف جزیره تغییرات سرعت نشان از برقراری جریان شدید در ساحل چپ است به‌طوری که بازه‌ی میانی ساحل چپ در این منطقه دارای سرعت بالایی است و این منطقه منطبق بر حداکثر عرض جزیره است. کاهش سرعت در بالادست و نیز پایین‌دست جزیره مشهود است که این امر ناشی از تشکیل نواحی چرخشی است. در پایین‌دست جزیره منطقه‌ای با الگوی جریان نسبتاً یکنواخت مشاهده می‌شود، ولی در پایین‌دست بازه با توجه به تغییرات موضعی تراز بستر و وضعیت کناره‌ها، افزایش موضعی سرعت در بعضی مناطق از جمله در دو پیچان‌رود مشاهده می‌شود، و در نهایت با افزایش نسبی عمق جریان و با متوسط سرعت ۰/۱۸ متر بر ثانیه به انتهای بازه می‌رسد. الگوی جریان در مسیر طرح میانبر در تصویر شماره ۸-ب نشان داده شده است. با توجه به شکل مزبور توزیع سرعت از یکنواختی بیشتری نسبت به حالت موجود برخوردار است. با حذف دو پیچان‌رود همچنین شاهد افزایش شیب خط انرژی و تنش برشی بستر و کاهش افت جریان خواهیم بود به نحوی که متوسط سرعت در انتهای بازه به ۰/۲۷ متر بر ثانیه می‌رسد. که این افزایش ۵۰ درصدی سرعت جریان سبب کاهش توان رسوب‌گذاری و افزایش ظرفیت عبور جریان رود خواهد شد.

Archive of SID

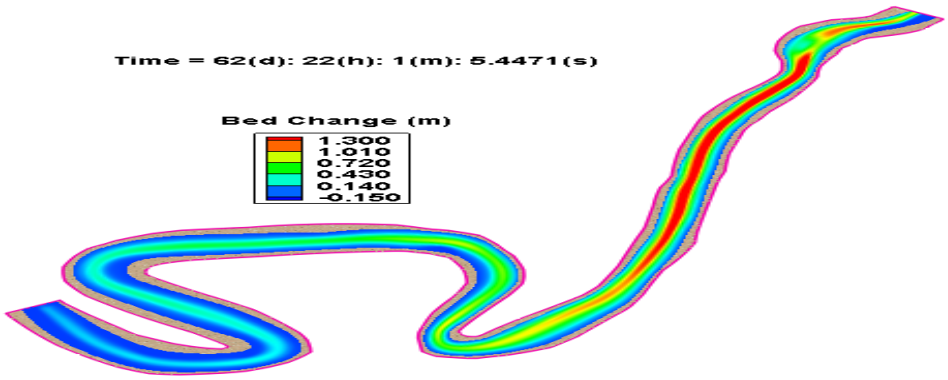
www.SID.ir



شکل ۸- توزیع سرعت جریان در الف) مسیر موجود ب)مسیر طرح ج) اطراف جزیره در بالادست

شبیه‌سازی الگوی رسوب

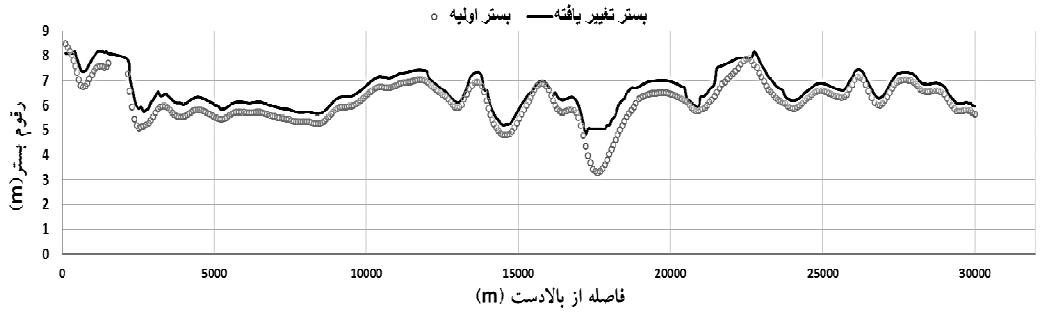
پس از اعمال داده‌های رسوبی در نرم افزار، برای هر دو مسیر شبیه سازی اجرا گردید. با توجه به تطابق بهتر رابطه انگلود-هانسن در پیش بینی مقطع عرضی از این رابطه جهت برآورد بده رسوبی استفاده گردید. شکل ۹ توزیع الگوی فرسایش و رسوب‌گذاری را پس از دو ماه از شبیه‌سازی برای مسیر موجود از رود نشان می‌دهد. در ابتدای بازه، به علت وجود نواحی چرخشی، رسوب‌گذاری کمتری نسبت به بعد از جزیره و آرام شده‌ی جریان در رود اتفاق افتاده است. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ تغییرات متوسط تراز بستر در دو مسیر پس از دوازده ماه از شبیه‌سازی را نشان می‌دهند با توجه به شکل ۱۰ بیشینه مقدار ته نشینی رسوب‌ها پیش از قوس سوم و چهارم برابر ۱/۸ متر رخ می‌دهد. در شکل ۱۱ حداکثر مقدار ته نشینی رسوب‌ها در بالادست و در محدوده جزیره برابر با ۰/۸ خواهد بود. همچنین، مقادیر فرسایش و تولید رسوب در مسیر میانبر بیشتر بوده که این مقدار حداکثر برابر ۰/۳۵ متر خواهد بود. در جدول ۱ بیلان رسوب‌های ورودی و خروجی از نرم افزار برای هر دو مسیر آمده است. با توجه به جدول ۱ می‌توان بیان داشت که حذف پیچان‌رود سبب کاهش ۴۰ درصدی توان رسوب‌گذاری رود خواهد شد.



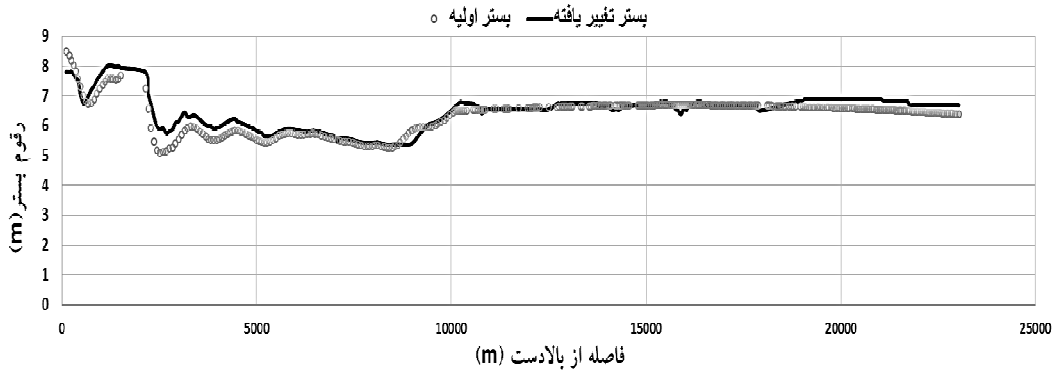
شکل ۹- تغییرات بستر، فرسایش و رسوب‌گذاری در مسیر موجود رود پس از دو ماه از شبیه‌سازی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۰- تغییرات متوسط تراز بستر، برای مسیر موجود رود



شکل ۱۱- تغییرات متوسط تراز بستر، برای مسیر جدید رود

جدول ۱-تراز رسوب‌های ورودی، خروجی استخراج شده از نرم افزارCCHE2D

	وزن ورودی(تن)	وزن خروجی(تن)	تراز رسوب(تن)
طرح موجود (مسیر پیچان‌رودی)	۱۳۹۶۵۲۹	۱۵۱۹۴۸۱	۱۲۲۹۵۲
طرح جدید (مسیر میانبر)	۱۶۴۲۴۳۳	۱۷۱۶۲۰۵	۷۳۷۷۱

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق به شرح زیر هستند:

۱) وضعیت فرسایشی و رسوب‌گذاری بخشی از رود کارون نشان از رسوب‌گذاری این بازه از رود را دارد. در این پژوهش با بهره‌گیری از یک نرم افزار دو بعدی به نام CCHE2D، الگوی جریان آب و رسوب در این بازه پیچان‌رود طبیعی شبیه‌سازی گردید و با نتایج حاصل از تأثیر ایجاد میانبر مقایسه شد.

۲) بر اساس نتایج حاصل از مقایسه دو مسیر در نرم افزار عددی نشان داده شد که با حذف پیچان‌رود شیب خط انرژی، و درنتیجه مقدار متوسط سرعت نسبت به حالت موجود ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت.

۳) مقایسه تراز رسوبی سالانه در دو مسیر نشان می‌دهد که حذف پیچان‌رود سبب کاهش ۴۰ درصدی توان رسوب‌گذاری رود خواهد شد.

۴) نتایج واسنجی نرم افزار CCHE2D در مقطع عرضی ایستگاه آب‌سنجی اهواز نشان می‌دهد که مقطع عرضی برآورد شده از رابطه انگلود-هانسن بهترین تطابق را با مقادیر اندازه‌گیری شده سال ۱۳۸۴ دارد.

۵) توزیع الگوی رسوب‌گذاری نشان می‌دهد که در مسیر موجود حداکثر مقدار ته نشینی رسوب‌ها پیش از قوس سوم و چهارم برابر با ۱/۸ متر رخ می‌دهد، در حالی که در مسیر میانبر این مقدار به ۰/۸ متر خواهد رسید. همچنین مقدار فرسایش که به‌تبع افزایش تنش برشی در مسیر میانبر رخ می‌دهد به مقدار ۰/۳۵ متر خواهد رسید.

Archive

www.SID.ir

منابع

۱) آذرنگ، ف.، شفاعی بجستان، م.، دهان زاده، ب. و شاهی نژاد ب. ۱۳۸۸ .کاربرد نرم افزار یک بعدی CCHE در شبیه‌سازی هیدرولیکی و رسوبی رود (مطالعه موردی: رود کارون، بازه اهواز – فارسیات). هشتمین سمینار مهندسی رود. دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۱۱۲-۱۲۱.

۲) آزم، ن.، قمشی، م.، فایضی زاده، ژ. و منصوری هفشجانی، م. ۱۳۹۲، شبیه‌سازی هیدرولیکی طرح‌های ساماندهی رود با استفاده از نرم افزار ریاضی-Hec Ras4(مطالعه موردی رود کارون)، نشریه علمی پژوهشی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۴، آبان ، ص. ۸۰۲-۸۱۱.

۳) پور آصف، ف. و عبدالشاه نژاد ر. ۱۳۸۸ .بررسی تأثیر احداث میان برها بر مهار سیلاب در رودهای پیچان‌رودی. هشتمین کنفرانس هیدرولیک. دانشگاه تهران. ص ۱۳۰- ۱

۴) رحیمی شوشتری، م.، علی پیرنیا، م.، محمودیان شوشتری، م. و رحیمی شوشتری، م.۱۳۹۰، تخمین ضریب مقاومت مانینگ در بازه ای از رودکارون بزرگ توسط نرم افزار MIKE11 مطالعه موردی حد فاصل دو ایستگاه آب‌سنجی اهواز و فارسیات، سومین همایش ملی عمران شهری، سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج. ص ۹۲- ۸۴

۵) سالجقه، ع.، رضوی زاده، س.، یعقوبی، ا. و بهادری، ف. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر احداث میانبر بر فرسایش و تولید رسوب رود با استفاده از نرم افزار MIKE11 ، مجله علمی- پژوهشی انجمن آبخیزداری ایران. شماره ۸، پاییز ، ص. ۱۹-۱۱.

۶) فتحی، م.، هنربخش، ا. و رستمی، م. ۱۳۹۱ "شبیه‌سازی عددی الگوی جریان در بازه‌ای از پیچان‌رود طبیعی رود خشکه‌رود" مجله علمی- پژوهشی پژوهش آب ایران. شماره ۱۷، زمستان ، ص. ۱۲۸-۱۱۳.

7) Abhari, M. 2008. Numerical simulation of flow by SSIIM, Fourth National Congresson River Engineering, Tehran University. pp 368-377

8) Guo, Q. C., and Jin, Y. C. 1999. Modeling sediment transport using depth-averagedand moment equations. J. Hydraul. Eng. 125(12): 1262–1269.

9) Ichim, I., and Radoane, M. 1986. Efectele barajelor in dinamica reliefului. Abordare geomorfologica. Editura Academiei. Bucuresti.

10) Jia ,Y., and Wang S. 2008. CCHE2D: A two dimensional hydrodynamic and sediment transport model for unsteady open channel flows over loose bed. Technical Report CCHE TR-2, NCCHE, University of Mississippi.

11) Tiron, L. J., Jerome, L.C., Mireille, P., Nicolae, R., Guillaume, D., Guillaume, P., and Philippe. D. 2009. Flow and sediment processes in a cut off meander of the Danube Delta during episodic floodin, journal of Geomorphology. 124(4): 862-870.

12) Wu, W. 2001. CCHE2D sediment transport model, school of engineering, the university of mississippi.

13) Zhang, Y. 2009 .CCHE-GUI – Graphical users interface for NCCHE model user's manual – version 3.0, Technical Report No. NCCHE-TR-2009-01, Mississippi University, MS 38677.

14) Zorkeflee, H. 2007. Application of 2-D modelling for Muda River using CCHE2D in, International conference on Managing Rivers in the 21 Century Solution Towards Sustainable River Basins. 124(6):589-596.

Archive of SID

www.SID.ir