شبیه‌سازی فرسایش و انتقال رسوب در رودخانه کارون با مدل HEC-RAS

چکیده

رودخانه‌ها در اثر پدیده فرسایش و رسوبگذاری دستخوش تغییرات مستمر می‌باشند. شناخت چنین تغییرات برای اهداف ساماندهی و ایمن‌سازی رودخانه در مقابل نتیجه‌های به دست آمده دارای اهمیت فراوانی است. برآورد میزان رسوب حمل شده توسط یک جریان می‌تواند شاخصی برای نشان دادن فرسایش خاک حوضه باشد. این موضوع در پروژه‌های آبی جهت برنامه‌ریزی و ذخیره منابع آب مخازن سدها و تغییرات بستر رودخلنه‌ها، مدیریت آبخیز، حفاظت سواحل و محیطزیست و غیره حائز اهمیت است. ازجمله روش‌های مطالعه و شناخت تغییرات ناشی از فرایند فرسایش و رسوبگذاری در رودخانه‌ها تحت تاثیر عوامل مختلف، مدلسازی هیدرولیک انتقال جریان و رسوب در رودخانه با مدل‌های ریاضی است. در این تحقیق به‌منظور شبیه‌سازی هیدرولیک جریان و رسوب در رودخانه کارون بازه اهواز–فارسیات، به کالیبراسیون و ارزیابی مدل HEC-RAS در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳پرداخته شد. جهت شبیه‌سازی هیدرولیک انتقال رسوب در مدل HEC-RAS پارامترهای نوع تابع انتقال رسوب، ضرایب مربوط به تابع انتقال و روش محاسبه سرعت سقوط ذرات رسوب کالیبره گردید. همچنین جهت شبیه‌سازی هیدرولیک جریان، ضرایب مانینگ بستر کانال اصلی و دشت سیلابی رودخانه کالیبره شد. نتایج حاصل از کالیبراسیون و ارزیابی نشان می‌دهد که بهترین تابع انتقال رسوب و روش محاسبه سرعت سقوط در بازه رودخانه موردنظر، به ترتیب معادله لارسن با ضریب بحرانی شیلدز ۰/۰۰۳۲و روش Report 12 است. علاوه بر این مقدار ضرایب زبری مانینگ کانال اصلی و دشت سیلابی به ترتیب برابر با ۰/۰۲۷ و ۰/۰۳۴ به دست آمد.

واژگان کلیدی: شبیه‌سازی، هیدرولیک جریان، انتقال رسوب، رودخانه کارون، مدل HEC-RAS

حسین فتحیان [1*]
علیرضا کیهانی [2]
رامین رستمی [3]

۱. گروه مهندسی منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. کارشناس سواحل، تالابها و آبهای مرزی، معاونت حفاظت و بهره برداری از منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان.
۳. گروه مهندسی عمران، واحد میاندوآب، دانشگاه آزاد اسلامی، میاندوآب، ایران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
Fathian.h@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۷

این مقاله برگرفته از فعالیت پژوهشی سایر است.

مقدمه

رسوبات حمل شده از سطح حوضه‌ها توسط رواناب‌ها وارد سرشاخه‌ها و آبراهه‌های اصلی شده و درنهایت در مخازن سدها ته‌نشین گردیده و باعث کاهش عمر مفید آنها می‌شود. برآورد میزان رسوب حمل شده توسط یک جریان می‌تواند شاخصی برای نشان دادن فرسایش خاک حوضه باشد و در پروژه‌های آبی جهت برنامه‌ریزی و ذخیره منابع آب مخازن سدها و تغییرات بستر رودخانه‌ها، مدیریت آبخیز، حفاظت سواحل و محیطزیست و غیره حائز اهمیت است. رابطه رواناب و بار رسوبی با توسعه، بهره‌برداری و مدیریت منابع آب، بهره‌برداری ایمن از پروژه‌های مرتبط با آب و محیطزیست مرتبط است (Miao *et al*., 2011; Peng *et al*., 2010). به علت تغییرات محیط ناشی از تغیر اقلیم و فعالیت‌های انسانی، مشخصات آماری سری‌های هیدرولوژیکی در حوضه‌های مختلف ممکن است تغیر کند که تحت عنوان ناپایداری نامیده می‌شود (Jiang *et al*., 2015; Gilroy and McCuen, 2012; Vogel *et al*., 2011).

رودخانه‌ها تحت تاثیر پدیده فرسایش و رسوبگذاری دستخوش تغییرات گوناگونی می‌شوند که از آن جمله می‌توان تغییر راستا، جابجایی‌های عرضی و طولی، وقوع میان‌برها، تغییر نوع رودخانه، تغییر تراز بستر، تغییر دانه‌بندی و دگرگونی ویژگی‌های هندسی مسیر را اشاره کرد. سازه‌های متقاطع و موازی موجود در مسیر رودخانه‌ها مانند پل‌ها، بندها، سدها، دیواره‌های سیل بند، سازه‌های حفاظت بستر و کناره‌ها و همچنین تاسیسات موجود در حواشی و اراضی اطراف ازجمله جاده‌های مزارع، مناطق صنعتی، شهری و کشاورزی از فرایندهای مختلف فرسایش و رسوبگذاری تاثیرپذیری مستقیم دارند. بررسی گزارش‌ها و نشریات موجود مبین آن است که در بسیاری از موارد پدیده

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

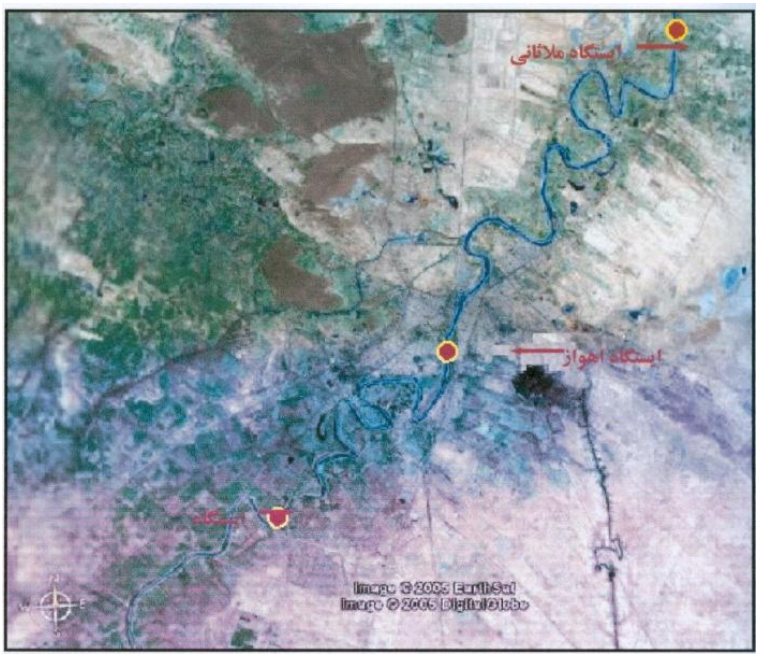
فرسایش و رسوبگذاری و پیامدهای آن عامل اصلی در تخریب پل‌ها، تاسیسات هیدرولیکی و به‌ویژه سازه‌های حفاظت و اصلاح مسیر رودخانه بوده است (Hey, 1986). مطالعات فرسایش و رسوبگذاری این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان ضمن شناخت رفتار ریخت‌شناسی رودخانه، اثرهای اقدامات مختلف ساماندهی را بر عملکرد رفتاری آن مورد ارزیابی کمی و کیفی قرار داده و از این طریق امکان تشخیص عوامل ناپایداری و اعمال معیارهای مناسب حفاظتی و اقدامات مهندسی را پیشاپیش میسر نمود. از طرفی عوامل تاثیرگذار در پدیده فرسایش و رسوبگذاری متنوع می‌باشند که از آن جمله می‌توان وقوع سیلاب‌ها و تکرار آنها، رژیم هیدرولیکی، تغییر رژیم رسوبی، تغییر کاربری اراضی، تغییر در ویژگی‌های حوضه آبریز، دخل و تصرف در حریم طبیعی رودخانه‌ها و ساخت سازه‌های کنترل برای بهره‌برداری از منابع رودخانه‌ای را نام برد.

در طرح‌های ساماندهی رودخانه مجموعه‌ای از عوامل یاد شده تاثیرگذار بوده و لازم است نقش هر یک در فعل و انفعالات فرسایش و رسوبگذاری مدنظر قرار گیرد. ازاین‌رو متخصصین رودخانه از دیرباز به بررسی این فرایند همت گماشته و راهکارها و روش‌های مختلفی را برای مقابله با پیامدها و عوارض آن ارائه داده‌اند. بخصوص در دهه‌های اخیر با بهره‌گیری از توانایی‌های وسیع رایانه‌ای و بسط و گسترش مدل‌های کامپیوتری بررسی فعل و انفعالات فرسایش و رسوبگذاری از دیدگاه ساماندهی ابعاد وسیعی به خود گرفته است. همچنین برای تعیین میزان افت تراز بستر در حالت فرسایش عمومی که ناشی از وقوع سیلاب‌ها است، استفاده از مدل کامپیوتری ضروری می‌باشد. هدف از این تحقیق شبیه‌سازی هیدرولیک جریان و رسوب در حالت غیر ماندگار با مدل HEC-RAS و ارزیابی توانایی آن با مقایسه دبی رسوبی محاسباتی و مشاهداتی و تعیین بهترین تابع انتقال رسوب در رودخانه کارون، بازه اهواز–فارسیات با کالیبراسیون مدل HEC-RAS است.

مواد و روش‌ها

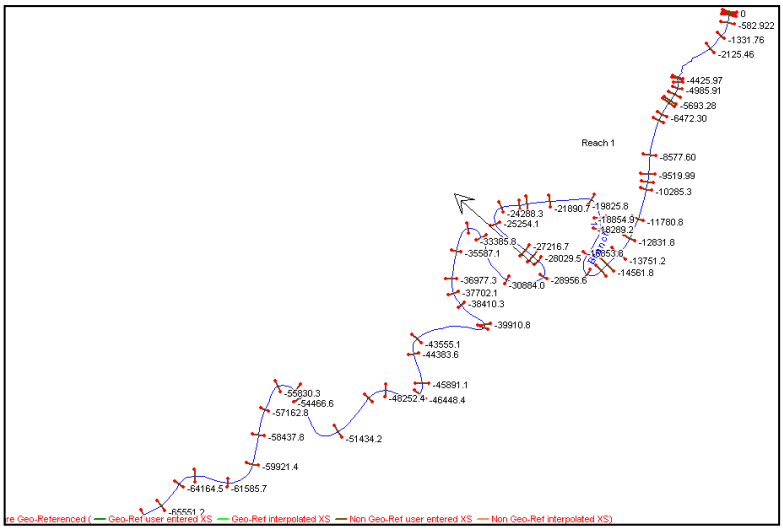
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه رودخانه کارون بازه اهواز تا فارسیات به طول ۶۰ کیلومتر است که طرح شماتیک از این بازه رودخانه در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین شکل ۲ شماتیکی از بازه رودخانه مورد نظر در محیط HEC-RAS نشان می‌دهد.



شکل ۱ : شماتیک بازه اهواز–فارسیات رودخانه کارون

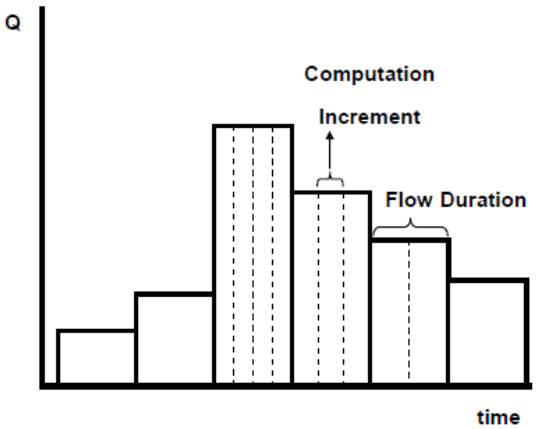
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۲ : شماتیک بازه رودخانه اهواز-فارسیات در محیط HEC-RAS

روش کار

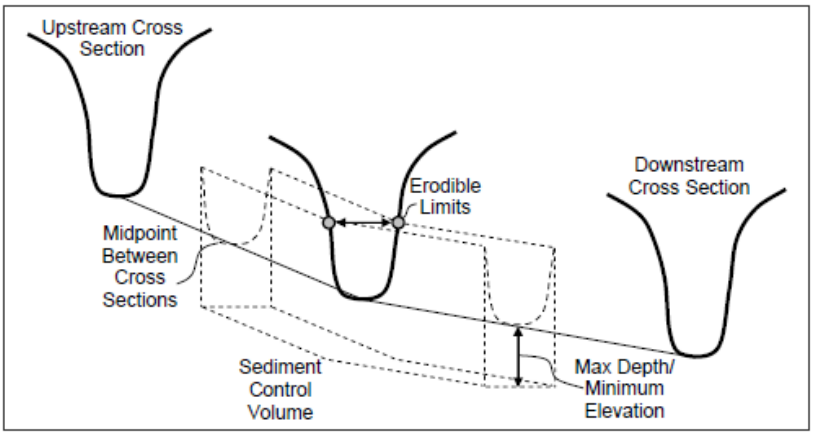
مدل کامپیوتریHEC-RAS با توجه به سوابق طولانی کاربرد در مطالعات تحلیل سیستم رودخانه و قابلیت‌های نسبتا متنوع و نیز مقبولیت عام در بین مهندسین هیدرولیک و مهندسی رودخانه، جهت شبیه‌سازی انتخاب گردید. مدلHEC-RAS یکی از پرکاربردترین مدل‌های تحلیل سیستم رودخانه در ایالت متحد آمریکا است. این مدل یک مدل مفهومی که دارای قابلیت شبیه‌سازی جریان ماندگار و غیرماندگار در رودخانه در رژیم‌های مختلف جریان و تعیین پروفیل سطح جریان در طول رودخانه، شبیه‌سازی انتقال رسوب و فرسایش و رسوبگذاری در طول رودخانه، مدلسازی جریان به لحاظ کیفی و غیره می‌باشد. در این مدل برای مدلسازی انتقال رسوب جریان به صورت شبه غیردائمی(Quasi-Unsteady Flow) در نظر گرفته می‌شود (USACE, 2022). در جریان شبه غیردائمی، هیدروگراف پیوسته جریان به یک سری جریان‌های دائمی مجزا تقریب زده می‌شود. در محاسبات انتقال رسوب در هر گام زمانی، مقدار جریان نیز ثابت در نظر گرفته می‌شود (USACE, 2022). شکل ۳ یک سری جریان شبه غیردائمی با گام زمانی را نشان می‌دهد.



شکل ۳ : جریان شبه غیردائمی با گام زمانی محاسبات (USACE, 2022)

در تحلیل رسوب در مدل HEC-RAS یک حجم کنترل رسوب برای هر مقطع در نظر گرفته می‌شود که شماتیکی از حجم کنترل رسوب برای یک مقطع عرضی در شکل۴ نشان داده شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۴ : شماتیکی از حجم کنترل رسوب برای یک مقطع عرضی (USACE, 2022)

برای تعیین مقدار رسوب حمل شده توسط رودخانه روابط مختلفی توسط متخصصان مسائل رودخانه ای ارائه شده است. به دلیل تنوع روابط، تعدد عوامل و پیچیدگی‌های حاکم بر انتقال رسوب تعداد روابط بیش از ۳۰ مورد هست (Yang, 1996). به‌گونه‌ای که در نظر گرفتن همه عوامل موثر در یک معادله ریاضی را ناممکن می‌کند. ازاین‌رو تنها عوامل شاخص و قابل‌اندازه‌گیری در روابط ارائه شده و عمدتا در شرایط محدود آزمایشگاهی و برای اهداف و موارد کاربردی خاص معرفی گردیده اند. چنین محدودیت‌هایی تاکنون مانع از ارائه یک معادله جهانی واحد برای تعیین نرخ انتقال رسوب انتخاب شود. با استفاده از روابط انتقال رسوب می‌توان مقدار بار بستر، بار معلق و مجموع آنها به‌عنوان بار کل را تعیین نمود (شفاعی بجستان، ۱۳۸۲؛ کوچک زاده، ۱۳۸۱).

در مدل HEC-RAS برای شبیه‌سازی انتقال رسوب در رودخانه، هفت معادله انتقال رسوب در نظر گرفته شده که این معادلات عبارتند از: ایکرز و وایت، ۲- انگلند و هانسن، ۳- لارسن، ۴- میر پیتر و مولر، ۵- توفالتی، ۶- یانگ و ۷- ویلکک

همچنین چندین روش برای محاسبه سرعت سقوط ذرات رسوب در مدل HEC-RAS وجود دارند که عبارتند از: ۱-رابی، ۲- توفالتی، ۳-ون ریجن و ۴- Report 12 (روش ارائه شده در گزارش شماره ۱۲ گروه مهندسی ارتش آمریکا) (USACE, 2022). لازم به ذکر است که نتایج انتقال رسوب حاصل از تحلیل رسوب در رودخانه به‌شدت به نوع تابع انتقال رسوب و روش سرعت سقوط ذرات رسوب بستگی دارد که کاربر بایستی با کالیبراسیون مدل بهترین و دقیق‌ترین معادله و روش انتقال رسوب را تعیین نماید(USACE, 2022). با توجه به‌اندازه گیری‌ها انجام شده بار بستر و بار معلق در ایستگاه اهواز، می‌توان گفت که بار بستر در مقایسه با بار معلق ناچیز است (حداقل ۰/۰۰۹ درصد و حداکثر ۷/۴ درصد). بنابراین در این مطالعه بار رسوب معادل بار معلق در نظر گرفته شده است.

فرضیات اعمال شده در روابط انتقال رسوب و محدوده کاربرد آنها موجب می‌گردد تا نتایج به دست آمده از معادلات مختلف دارای تفاوتهای معنی‌داری باشد. ازاین‌رو آگاهی از میزان انطباق نتایج حاصله با مقدار واقعی انتقال رسوب در شرایط طبیعی از دیدگاه مهندسی دارای اهمیت است. انتخاب معادله مناسب با توجه به وضعیت دانه‌بندی و شرایط رودخانه‌ای ازجمله ضروریات مطالعه رسوب در کارهای مهندسی است. رتبه‌بندی انجام‌شده توسط یانگ یکی از ابزارهای مناسب برای انتخاب معادله است. تجربه‌های به‌دست‌آمده از کاربرد معادلات انتقال رسوب و پیشنهاد مراجع ۴ و ۷ نشان می‌دهد که روابط لارسن، ایکرزوایت و انگلنهانس برای بسترهای ماسه ای مناسب‌تر می‌باشند. برای بسترهای با ترکیب شن و ماسه، رابطه یانگ برتری دارد. در مناطق کوهستانی که ساختار دانه‌بندی درشت‌تر بوده و نسبت بار بستر به بار معلق بیشتر است روابط مایر- پیتر- مولر مناسب‌ترند (Vanoni, 1977; Thorn, 1987).

منطقی‌ترین راه برای انتخاب معادله مناسب، آزمون عملکرد معادلات با مقادیر اندازه‌گیری شده در رودخانه است. که به سبب مشکلات موجود در اندازه‌گیری بار بستر و نبود آمار مورد نیاز تعیین بار رسوب کل رودخانه به‌صورت تجربی این انتخاب مشکل می‌باشد. از این‌رو

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

یانگ بر اساس بررسی‌ها و تجربه‌های متعدد بر روی مطالعات موردی و پژوهش‌های میدانی و آزمایشگاهی توصیه‌های زیر را در انتخاب معادله انتقال رسوب ارائه کرده است (Yang, 1996).

الف- نوع داده‌های صحرایی موجود و یا قابل اندازه‌گیری را با توجه به فرجه زمانی، بودجه اختصاص یافته و محدودیت‌های نیروی انسانی از نظر وجود افراد فنی ماهر برای انجام دادن سنجش‌های رودخانه‌ای و غیره تعیین نمایید.

ب-همه معادلات انتقال رسوب را بررسی و معادلاتی که از نظر داده های اندازه‌گیری شده و موارد مندرج در بند الف سازگاری بیشتری دارند، انتخاب کنید. معادلات را با شرایط رودخانه مقایسه و با توجه به محدوده دانه‌بندی و دامنه کاربرد معادلات(از لحاظ ماسه‌ای یا شنی بودن بستر رودخانه و یا اینکه رودخانه در مناطق جلگه‌ای یا کوهستانی قرار دارد) یک یا تعداد بیشتری معادله انتخاب و مقدار بار رسوبی را تعیین کنید.

نتایج

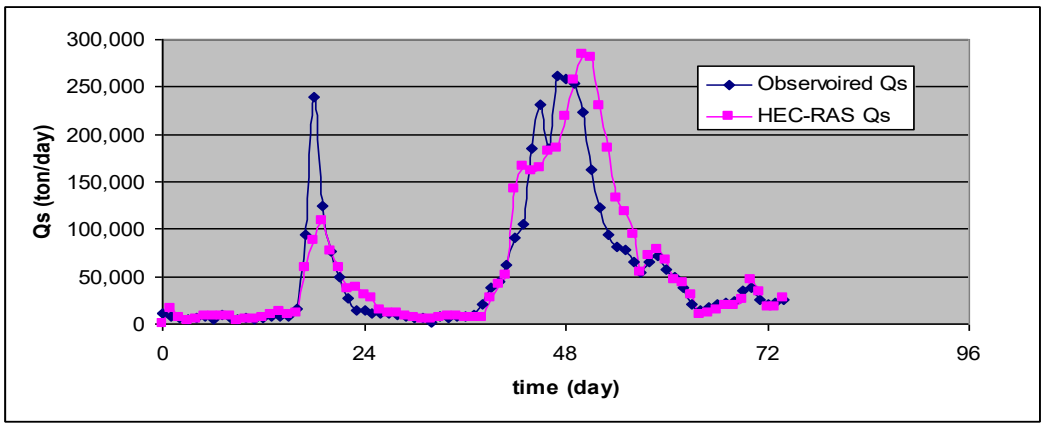
قبل از به‌کارگیری مدل هیدرولیکیHEC-RAS در مدلسازی هیدرولیک جریان و رسوب در رودخانه بایستی مدل را کالیبره نمود. کالیبراسیون فرایندی است که نوع روش مدلسازی و پارامترهای غیرقطعی مربوط به آن، به نحوی تعیین می‌شوند که نتایج مدل به نتایج واقعی تا حد ممکن نزدیک می‌گردند. سپس به ارزیابی مدل کالیبره شده با در نظر گرفتن یک واقعه جدید پرداخته می‌شود. در این تحقیق برای کالیبراسیون مدلHEC-RAS از سیلاب ۱۳۸۱/۱۲/۲۰ تا ۱۳۸۲/۳/۳ در بازه رودخانه اهواز-فارسیات استفاده شد. همچنین برای ارزیابی مدلHEC-RAS، از سیل ۱۳۸۳/۹/۱ تا ۱۳۸۳/۳/۳۰ استفاده گردید.

در این مطالعه نمودار تغییرات دبی رسوب و دبی جریان در ایستگاه هیدرومتری فارسیات به ترتیب جهت کالیبراسیون هیدرولیک رسوب و هیدرولیک جریان در رودخانه به کار گرفته شده است. پارامتر مربوط به هیدرولیک رسوب شامل نوع تابع انتقال رسوب، ضرایب مربوط به تابع انتقال و روش محاسبه سرعت سقوط ذرات رسوب می‌باشد. پارامتر مربوط به هیدرولیک جریان شامل ضریب مانینگ بستر رودخانه در کانال اصلی و دشت سیلابی رودخانه است. نتایج حاصل از کالیبراسیون و ارزیابی نشان می‌دهد که بهترین تابع انتقال رسوب و روش محاسبه سرعت سقوط در بازه رودخانه مورد نظر، به ترتیب معادله لارسن با ضریب بحرانی شیلدز ۰/۰۰۳۲ و روش Report 12 است. مقدار ضریب زبری مانینگ حاصل از کالیبراسیون هیدرولیک جریان برابر ۰/۰۲۷ در کانال اصلی رودخانه به دست آمد. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه عواملی چون نامنظمی کناره‌ها و همچنین وجود پوشش گیاهی زبری کناره‌ها را افزایش می‌دهد، با استفاده از تصاویر مرتبط با جداول تعیین ضریب زبری ونتی چاو و تطبیق این تصاویر با مشاهدات صحرایی به عمل آمده در بازه مطالعاتی مقدار این پارامتر جهت سیلاب‌دشت‌ها ۰/۰۳۴ منظور و به مدل معرفی گردیده است. شکل‌های ۳ تا ۱۰ نتایج حاصل از کالیبراسیون و ارزیابی مدل HEC-RAS را نشان می‌دهند. از مشاهده عینی تغییرات بار رسوب شبیه‌سازی شده توسط مدلHEC-RAS با بار رسوب اندازه‌گیری شده در ایستگاه فارسیات در شکل ۳ می‌توان دریافت که مدل HEC-RAS به‌خوبی کالیبره شده است. مقدار ضریب همبستگی برابر با ۰/۷۸ بین بار رسوب محاسباتی و مشاهداتی در شکل ۶ نیز به‌نوعی بیانگر این است که مدل با دقت قابل قبولی کالیبره گردیده است.

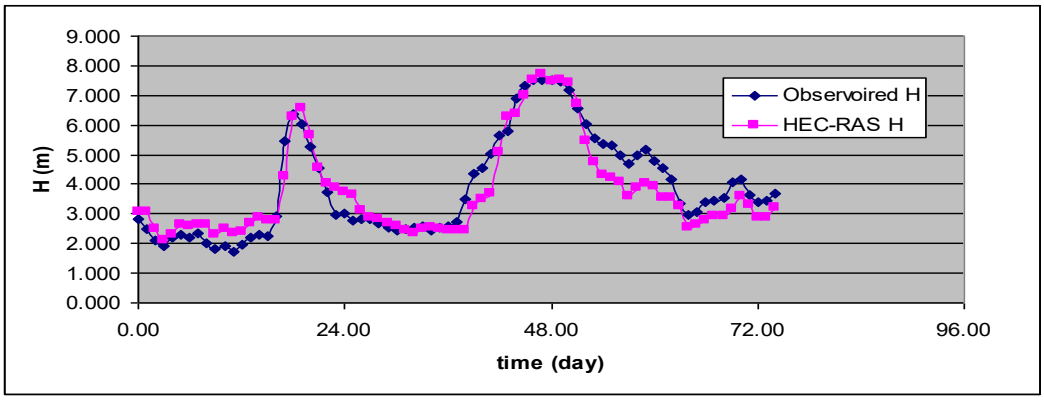
مقایسه تغییرات دبی جریان و رقوم سطح جریان مدلسازی شده با مدل HEC-RAS نسبت به مقادیر متناظر مشاهداتی در ایستگاه فارسیات در اشکال ۴ و ۵ نشان می‌دهد که مدل از لحاظ شبیه‌سازی هیدرولیک جریان به‌خوبی کالیبره شده است.

ارزیابی مدل کالیبره شده از لحاظ شبیه‌سازی هیدرولیک انتقال رسوب در اشکال ۷ و ۱۰ نشان می‌دهد که مدل روند تغییرات بار رسوب را نسبتا خوب شبیه‌سازی می‌نماید ولی در بعضی زمان‌ها شبیه‌سازی مدل دچار خطا است. مقدار ضریب همبستگی برابر با ۰/۴۰ در شکل ۱۰ بیانگر این موضوع می‌باشد. همچنین ارزیابی مدل کالیبره شده از لحاظ شبیه‌سازی هیدرولیک جریان در اشکال ۸ و ۹ نشان می‌دهد که مدل تغییرات دبی و رقوم سطح جریان را نسبتا به‌طور قابل قبولی شبیه‌سازی می‌نماید.

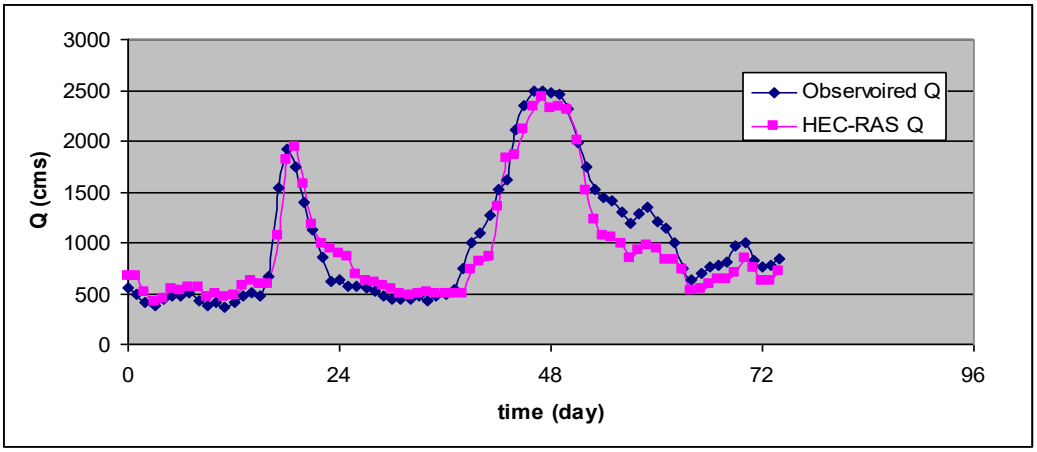
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۵ : مقایسه نمودار تغییرات بار رسوب در ایستگاه فارسیات نسبت به زمان حاصل از کالیبراسیون مدلHEC-RAS

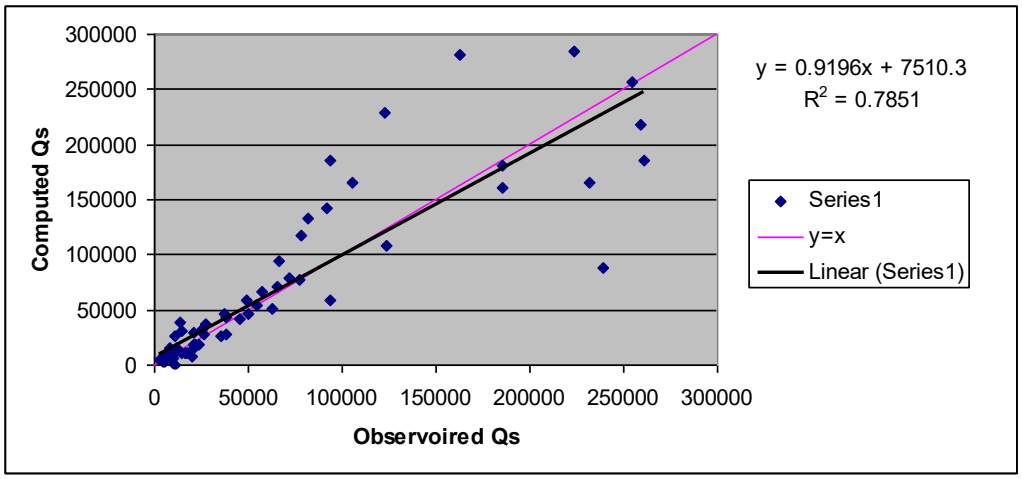


شکل ۶ : مقایسه نمودار تغییرات رقوم سطح جریان در ایستگاه فارسیات نسبت به زمان حاصل از کالیبراسیون مدلHEC-RAS

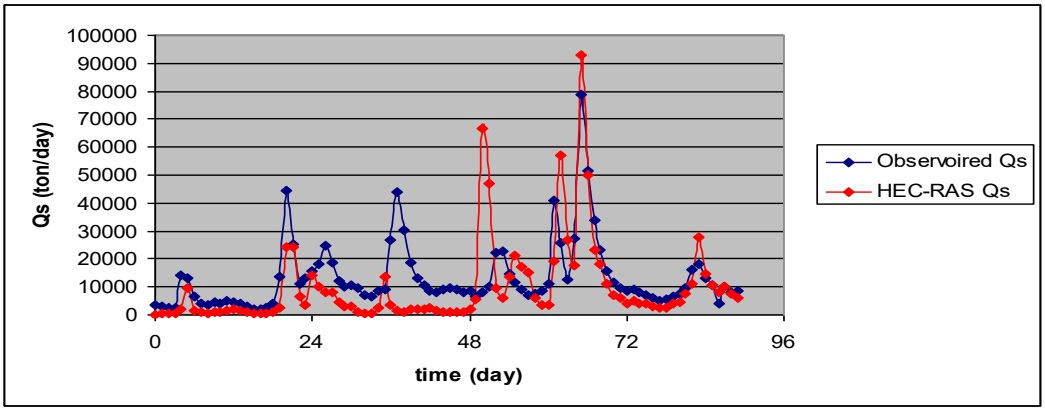


شکل ۷: مقایسه نمودار تغییرات دبی جریان در ایستگاه فارسیات نسبت به زمان حاصل از کالیبراسیون مدلHEC-RAS

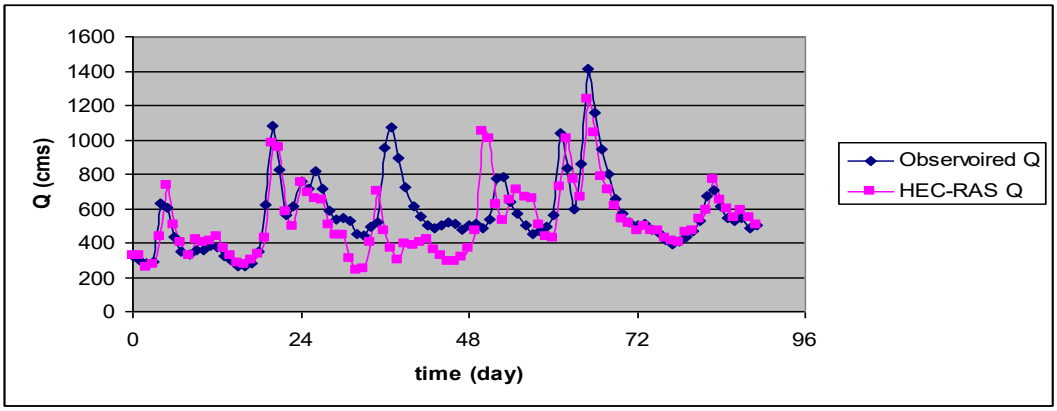
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۸ : مقایسه تغییرات مقادیر بار رسوب محاسبه شده با مدل HEC-RAS نسبت به مقادیر بار معلق رسوب مشاهداتی در ایستگاه فارسیات حاصل از کالیبراسیون مدل

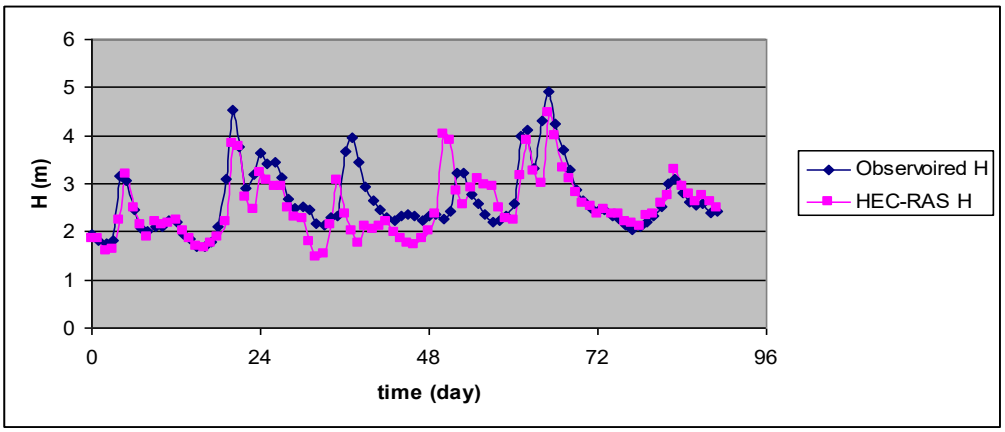


شکل ۹ : مقایسه نمودار تغییرات بار رسوب در ایستگاه فارسیات نسبت به زمان حاصل از ارزیابی مدلHEC-RAS

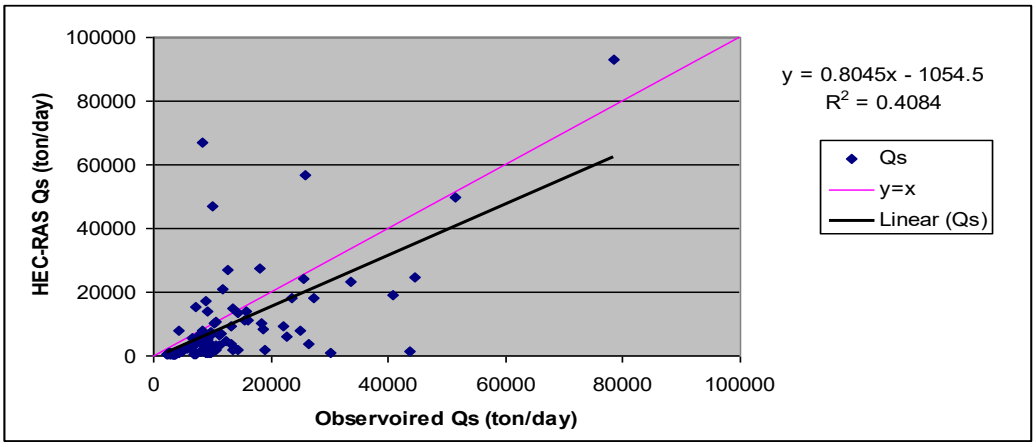


شکل ۱۰: مقایسه نمودار دبی جریان در ایستگاه فارسیات نسبت به زمان حاصل از ارزیابی مدلHEC-RAS

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۱۱ : مقایسه نمودار تغییرات رقوم سطح جریان در ایستگاه فارسیات نسبت به زمان حاصل از ارزیابی مدلHEC-RAS



شکل ۱۲: مقایسه تغییرات مقادیر بار رسوب محاسبه شده با مدل HEC-RAS نسبت به مقادیر بار معلق رسوب مشاهداتی در ایستگاه فارسیات حاصل از ارزیابی مدل

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از کالیبراسیون و ارزیابی نشان می‌دهد که بهترین تابع انتقال رسوب و روش محاسبه سرعت سقوط در بازه رودخانه مورد نظر، به ترتیب معادله لارسن با ضریب بحرانی شیلدز ۰/۰۰۳۲ و روش Report 12 است. علاوه بر این مقدار ضرایب زبری مانینگ کانال اصلی و دشت سیلابی مربوط به رودخانه کارون بازه اهواز–فارسیات به ترتیب برابر با ۰/۰۲۷ و ۰/۰۳۴ در مرحله کالیبراسیون مدل به دست آمد. از مقایسه تغییرات بار رسوب، دبی و رقوم سطح جریان مدلسازی شده با مدل HEC-RAS نسبت به مقادیر متناظر مشاهداتی در ایستگاه فارسیات در مرحله کالبراسیون مدل می‌توان دریافت که مدل از لحاظ شبیه‌سازی هیدرولیک رسوب و جریان به‌خوبی کالیبره شده است. از ارزیابی مدل کالیبره شدهHEC-RAS از لحاظ شبیه‌سازی هیدرولیک انتقال رسوب و جریان در بازه اهواز–فارسیات رودخانه کارون می‌توان دریافت که مدل HEC-RAS توانایی بیشتری در شبیه‌سازی هیدرولیک جریان نسبت به هیدرولیک انتقال رسوب در رودخانه دارد. نیاز به زمان و تکرار زیاد سعی و خطا برای کالیبراسیون مدل از لحاظ هیدرولیک رسوب نسبت به هیدرولیک جریان، تصدیقی بر این ادعا می‌تواند باشد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت مطالعات پایه سازمان آب برق خوزستان به دلیل در اختیار گذاشتن آمار و اطلاعات و نقشه‌های پایه و دفتر پژوهش‌های کاربردی آن سازمان، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

شفاعی بجستان، م. ۱۳۸۲. هیدرولیک انتقال رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

کوچک زاده، ص. یوسفی، ک. ۱۳۸۱. تئوری و کاربرد انتقال رسوب، انتشارات دانشگاه تهران، ترجمه.

Gilroy, K.L. and McCuen, R.H. 2012. A nonstationary flood frequency analysis method to adjust for future climate change and urbanization. Journal of hydrology, 414, pp.40-48.

Hey, R.D. 1986. River response to hydraulic structures, Paris, UNESCO.

Jiang, C., Xiong, L., Xu, C.Y. and Guo, S. 2015. Bivariate frequency analysis of nonstationary low-flow series based on the time-varying copula. Hydrological Processes, 29(6), pp.1521-1534.

Miao, C., Ni, J., Borthwick, A.G. and Yang, L. 2011. A preliminary estimate of human and natural contributions to the changes in water discharge and sediment load in the Yellow River. Global and Planetary Change, 76(3-4), pp.196-205.

Peng, J., Chen, S. and Dong, P. 2010. Temporal variation of sediment load in the Yellow River basin, China, and its impacts on the lower reaches and the river delta. Catena, 83(2-3), pp.135-147.

Thorn, C.R., J.C. Bathurst R.D. Hey. 1978. Sediment transport in gravel-bed rivers, John Wiley & sons, New York.

U.S. Army Crops of Engineers (USACE). 2022. User's Manual Version 5.1 January.

U.S. Army Crops of Engineers (USACE). 2022. Reference's Manual Version 5.1 January.

Vanoni, V.A. 1977. Sedimentation engineering, ASCE, Manuals and Report on engineering practice.

Vogel, R.M., Yaindl, C. and Walter, M. 2011. Nonstationarity: flood magnification and recurrence reduction factors in the United States 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 47(3), pp.464-474.

Yang, C.T. 1996. Sediment transport, M. Graw-Hill Book Co., U.S.A.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

Simulation of erosion and sediment transport in the Karun River using the HEC-RAS model

Hossein Fathian[*1]
Alireza Keihani [2]
Ramin Rostami [3]

1. Department of Water Resources Engineering, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Expert in Coasts, Wetlands, and Transboundary Waters, Deputy for Water Resources Protection and Utilization, Khuzestan Water and Power Authority.
3. Department of civil Engineering, Miy.C., Islamic Azad University, Miyandoab, Iran.

[*]**Corresponding author:**
Fathian.h@iau.ac.ir

Received date: **December/03/2025**
Accepted date: **January/17/2026**

Abstract

Rivers are continuously affected by erosion and sedimentation processes, which cause ongoing morphological changes. Understanding these changes is of great importance for river management and safety purposes. Estimation of caried sediment by flow can be indices for soil erosion in basin. This matter is important in hydraulic projects for planning and water resources storage in Dam reservoirs and river bed variations, watershed management, coastal conservation and environment and etc. One of the methods for studying and identifying changes resulting from erosion and sedimentation processes under various influencing factors is hydraulic modeling of flow and sediment transport in rivers using mathematical models. In this study, hydraulic simulation of flow and sediment transport in the Karun River (Ahvaz–Farsiat reach) was carried out through calibration and evaluation of the HEC-RAS model for 2002-2004 years. For sediment transport simulation in HEC-RAS, parameters such as the type of sediment transport function, coefficients related to the transport function, and the method of calculating sediment fall velocity were calibrated. For hydraulic flow simulation, Manning's roughness coefficients of the main channel bed and floodplain were calibrated. The results of calibration and evaluation indicate that the most suitable sediment transport function and fall velocity calculation method for the studied river reach are, respectively, the Larsen equation with a critical Shields parameter of 0.0032 and the Report 12 method. In addition, Manning's roughness coefficients for the main channel and floodplain were determined to be 0.027 and 0.034, respectively.

Keywords: Simulation, flow hydraulics, sediment transport, Karun River, HEC-RAS model

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]