

مدل‌سازی فرسایش و رسوب با استفاده از مدل عددی GSTARS (مطالعه موردی رودخانه تلوار حسن‌خان)

امیرحسین عزیزیان^۱، امیرحمزه حقی‌آبی^{۲*}، حسن ترابی^۳ و عباس ملکی^۴

چکیده

فرسایش و رسوب‌گذاری در بستر رودخانه، از مسائلی که در مطالعات بستر رودخانه، احداث سد و سایر موارد حائز اهمیت است؛ به‌گونه‌ای که اگر در طراحی یک سد، به مسائل مربوط به رسوب توجه نشود، مشکلات بسیاری در بهره‌برداری به وجود خواهد آمد. از طرف دیگر، اگرچه مدل‌های کامپیوتری در مقایسه با مساحی، دقت و اطمینان کمتری دارد، با توجه به هزینه بالای مساحی، استفاده از مدل‌های کامپیوتری برای مشخص کردن فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها اصولی‌تر به نظر می‌رسد. در روند این پژوهش، شبیه‌سازی بستر رودخانه تلوار حسن‌خان با مدل GSTARS-3 انجام شده است. نتایج حاصل از مدل با تغییر در پارامترهای ورودی به مدل مانند آمار دبی - ترا، ضریب زبری، دانه‌بندی و تابع انتقال رسوب تغییر می‌کند. برای سنجش توانایی مدل نتایج مدل با نتایج نقشه‌برداری مقایسه شد. مقایسه انجام شده، نشان‌دهنده دقت مناسب مدل در پیش‌بینی رفتار رودخانه‌هاست.

واژه‌های کلیدی: برآورد رسوب، بستر رودخانه، فرسایش و رسوب‌گذاری، مدل GSTARS.

ارجاع: عزیزیان ا. ح. حقی‌آبی ا. ح. ترابی ح. و ملکی ع. ۱۳۹۸. مدل‌سازی فرسایش و رسوب با استفاده از مدل عددی GSTARS (مطالعه موردی رودخانه تلوار حسن‌خان). مجله پژوهش آب ایران. ۳۳: ۴۴-۴۴.

۱- دانش‌آموخته رشته مهندسی سازه‌های آبی، مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

۴- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

* نویسنده مسئول: haghiabi.a@lu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۸

مقدمه

بر رسوب‌گذاری مخازن با آثار واقعی آنها مورد مقایسه قرار گرفت. اعلمی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی مدل‌های ریاضی رسوب‌گذاری مخازن و مقایسه آنها با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته‌اند. مقایسه نتایج مدل‌ها بیان‌کننده دقت بیشتر مدل GSTARS-2 که وضعیت جریان را به صورت نیمه دو بعدی در نظر می‌گیرد، نسبت به مدل‌های HEC-6 و River Intake است. سیدیان (۱۳۸۵) به بررسی وضعیت رسوب‌گذاری در مخزن سد وشمگیر با استفاده از مدل GSTARS-3 پرداخت که با توجه به بررسی‌ها توانست حجم رسوب این مخزن را برای هفت سال آینده پیش‌بینی کند. ظهیری و همکاران (۱۳۸۷) به تغییرات مورفولوژی رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز با استفاده از مدل GSTARS-2.1 پرداختند. آنها برای استفاده از مدل داده‌های هندسی، هیدرولیکی و رسوبی را به مدل معرفی و برای ۷ سال شبیه‌سازی و روند فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه بررسی شد.

جباری و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی وضعیت رسوب‌گذاری رودخانه ابهررود واقع در استان زنجان پرداختند. منطقه مورد مطالعه حدود ۵۰ کیلومتر بوده است که برای مدل‌سازی عددی وضعیت فرسایش و رسوب‌گذاری آن نقشه‌های DEM مربوطه منطقه مطالعاتی با مقیاس ۱/۴۰۰۰ تهیه و سپس ۵۰ مقطع عرضی از آن تهیه شد. برای تهیه هیدروگراف جریان ورودی در رودخانه از نرم‌افزار استفاده کردند. برای تحلیل عددی از نرم‌افزار HEC-RAS استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین معادلات موجود در نرم‌افزار، معادله یانگ (Yang) از دقت بهتری برخوردار است.

ظهیری و دهانزاده (۱۳۹۳) به توسعه مدل شبه دو بعدی جریان و رسوب با استفاده از معادلات شینو نایت پرداختند. ایشان برای صحت‌سنجی مدل توسعه داده شده خود، از آمار رودخانه کارون استفاده کردند. آنان مزیت مدل خود را علاوه بر دقت مناسب در تعداد کم داده مورد نیاز، در فرآیند شبیه‌سازی بیان کردند.

گلمایی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی میزان انتقال رسوب در رودخانه گاوهرود با استفاده از نرم‌افزار GSTARS-3 پرداختند. ایشان اظهار داشتند که فرمول یانگ بهترین عملکرد را در بین مدل‌های موجود در نرم‌افزار یانگ دارد. آهن و سانگ (۲۰۱۷) به شبیه‌سازی رسوب‌گذاری در

میزان بار بستر در واحد عرض رودخانه و نسبت بار بستر به بار معلق و بار کل، از پارامترهای مهم ارزیابی توان رودخانه‌ها، پایداری و فرم رودخانه است. اندازه‌گیری بار بستر در رودخانه‌ها به مراتب مشکل‌تر از بار معلق است. اندازه‌گیری بار رسوبی در رودخانه‌ها معمولاً به اندازه‌گیری بار معلق محدود می‌شود؛ در نتیجه بهینه کردن منابع و کمینه کردن خسارت‌های ناشی از جریان در رودخانه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. این کار با شناسایی، رفتارسنجی و تحلیل جریان آب و رسوب در رودخانه‌ها میسر می‌شود (چانگ، ۱۹۸۸). کنترل و به حداقل رساندن خسارات وارده ناشی از سیلاب، رسوب‌گذاری و فرسایش به آبراهه‌ها، اراضی کشاورزی، تأسیسات و ابنیه‌های آبی، نیازمند به این است که فرآیند حرکت جریان، فرسایش بستر، انتقال مواد جامد و ته‌نشینی مواد رسوبی مطالعه و بررسی شود (تلوری، ۱۳۸۳).

فرسایش آثار متعددی را در پی دارد که از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. گود شدن بستر و به تدریج پایین افتادن سطح آب در پایین‌دست سدهایی که بر روی پی نفوذپذیر احداث می‌شوند، باعث خواهد شد تا اختلاف پتانسیل مؤثر، یعنی اختلاف ارتفاع سطح آب در بالادست و پایین‌دست افزایش یابد و در نتیجه گرادیان هیدرولیکی فشار بالا برنده افزایش یابد که اگر این امر در طراحی سد در نظر گرفته نشده باشد، نتایج مخربی را در پی خواهد داشت (اصغری سراسکانرود، ۱۳۹۳).

ساماندهی رودخانه با توجه به موارد گفته شده، می‌تواند برای بهبود وضعیت رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها و سدهای مخزنی مفید واقع شود؛ لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی الگوی فرسایش و رسوب‌گذاری رودخانه تلوار حسن‌خان دهگلان با استفاده از مدل GSTARS-3 است که این مدل به وضوح آثار فرسایش و رسوب‌گذاری را در مقاطع عرضی و طولی رودخانه نشان می‌دهد.

بخشی از مطالعات و پژوهش‌های گذشته در ارتباط با شبیه‌سازی روند رسوب‌گذاری در مخازن و رودخانه‌ها که با استفاده از مدل‌های مرتبط در زمینه رسوب انجام شده و از جنبه‌ای مختلف به بررسی فرآیند فرسایش و رسوب‌گذاری پرداخته شده است که برخی از آنها عبارتند از: سزار و همکاران (۲۰۰۱) اثر جریانات گل‌آلود در رسوب‌گذاری مخازن را بررسی کردند و آثار جریانات غلیظ

۴. شامل معیارهای پایداری شیب دیواره کانال براساس زاویه ایستایی خاک مصالح دیواره و پیوستگی رسوب است.

محاسبات پروفیل‌های سطح آب

محاسبات هیدرولیکی در GSTARS-3 براساس مدل جریان متغیر تدریجی است. این مدل پروفیل سطح آب را با استفاده از معادلات انرژی یا ممنتم برای جریان شبه دائمی محاسبه می‌کند. در جریان شبه دائمی هیدروگراف جریان با قطعانی تقریبی با دبی ثابت جایگزین می‌شود و طی دبی ثابت، معادلات جریان دائمی برای محاسبات پروفیل سطح آب به کار می‌رود. این مدل برای محاسبه انتقال رسوب، از مفهوم لوله جریان و خطوط استفاده می‌کند. لوله‌های جریان لوله‌های فرضی هستند که دیواره‌های آنها را خطوط جریان تعیین می‌کند. دبی جریان در طول لوله جریان ثابت است؛ زیرا جریان نمی‌تواند از مرز لوله جریان عبور کند؛ بنابراین متغیر سرعت در طول جریان با مساحت لوله جریان نسبت عکس دارد. موقعیت لوله جریان برای هر گام زمانی محاسبه می‌شود؛ بنابراین به لوله‌های جریان اجازه داده می‌شود تا با زمان تغییر کنند. روندیابی رسوب برای هر لوله جریان و هر گام زمانی انجام می‌شود. ترکیب مواد بستر برای هر لوله جریان در آغاز گام زمانی محاسبه می‌شود و محاسبه جورشدهگی و روسازی به طور جاگانه برای هر لوله انجام می‌شود. شکل ۱ نمایی از فرض لوله جریان را نشان می‌دهد.

محاسبات روندیابی رسوب

در GSTARS-3 پس از محاسبه پروفیل سطح آب در هر گام زمانی، محاسبات روندیابی رسوب انجام می‌شود. این محاسبات بر پایه اصل بقای جرم رسوب است. در جریان غیردائمی یک بعدی معادله پیوستگی رسوب عبارت است از:

$$\frac{\partial Q_s}{\partial x} + m \frac{\partial A_d}{\partial t} + \frac{\partial A_s}{\partial t} - q_{lat} = 0 \quad (1)$$

که در آن μ حجم رسوب در واحد حجم لایه بستر، A_d حجم رسوب بستر در واحد طول، A_s حجم رسوب معلق در مقطع عرضی در واحد طول، Q_s دبی حجمی رسوب و q_{lat} جریان رسوب جانبی است. پس از در نظر گرفتن

مخزن سد با استفاده از مدل GSTARS پرداختند. نتایج پژوهش‌های، آنان نشان داد که توانایی مناسبی برای شبیه‌سازی رسوب به خصوص رسوبات در رده رس و سیلت را دارد. از میان فرمول‌های به کار رفته در این نرم‌افزار بهترین عملکرد مربوط به فرمول یانگ گزارش شده است.

در این پژوهش با شبیه‌سازی رسوب رودخانه تلوار حسن‌خان با استفاده از مدل عددی GSTARS-3 به محاسبه پروفیل سطح آب پرداخته شده است که نرم‌افزار برای مدت هفت سال با ۱۲ معادله مختلف اجرا شد و بهترین مدل که قابل کاربرد برای این رودخانه و بافت آن بود، برگزیده و شبیه‌سازی فرسایش انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی مدل ریاضی GSTARS-3

یکی از مدل‌های ریاضی جریان در رودخانه، مدل GSTARS است. این مدل را آقایان یانگ و مولیناس برای شبیه‌سازی رودخانه‌های آبرفتی ارائه دادند. این مدل را یانگ و همکاران اصلاح کردند و با عنوان GSTARS 2 عرضه شد. این نسخه از مدل را یانگ و سیموئز بهبود دادند و با نام GSTARS 2.1 ارائه شد. GSTARS 3 مدل تعمیم یافته انتقال رسوب برای شبیه‌سازی رودخانه‌های آبرفتی است که آخرین نسخه از سری مدل‌های عددی برای شبیه‌سازی انتقال جریان آب و رسوب در رودخانه‌های آبرفتی که در گروه هیدرولیک رودخانه و رسوب مرکز خدمات فنی USBR نوشته شده است (یانگ و سیموئز، ۲۰۰۲؛ یانگ و سیموئز، ۲۰۰۶).

GSTARS-3 شامل چهار قسمت عمده است:

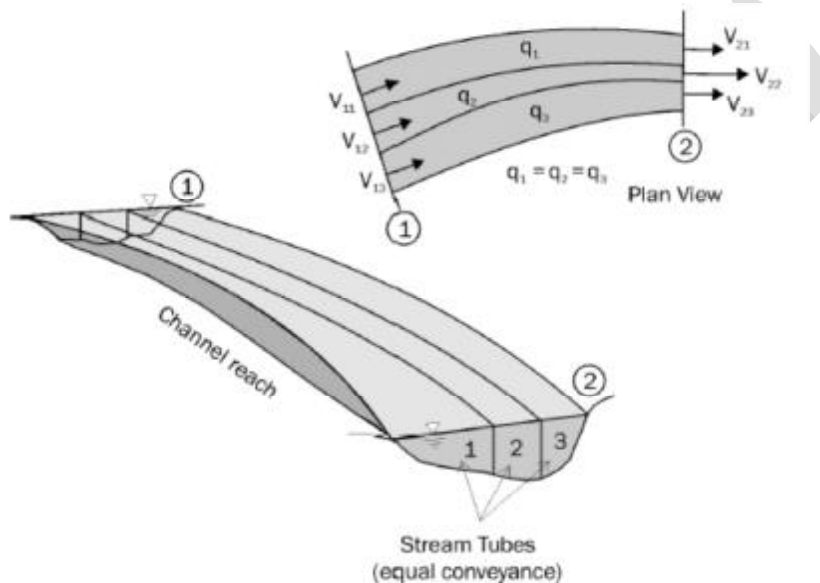
۱. استفاده از معادلات انرژی و ممنتم برای محاسبات مربوط به پروفیل سطح آب.
۲. استفاده از مفهوم جریان در محاسبات روندیابی رسوب.
۳. استفاده از فرضیه شدت افت انرژی حداقل یانگ و سونگ که برای محاسبه اصلاحات عرضی و عمق کانال استفاده می‌شود و حالت ساده‌سازی شده آن «فرضیه حداقل توان جریان کل چانگ و هیل» است.

می‌دهد؛ بنابراین ذرات با اندازه‌های مختلف دارای شدت انتقال متفاوت خواهند بود و همچنین ظرفیت حمل را برای اندازه ذرات موجود در بستر محاسبه می‌کند. GSTARS-3، ۱۴ تابع انتقال رسوب برای مواد غیر چسبیده دارد. معمولاً هر تابع رسوب برای یک دامنه خاصی از اندازه رسوب و وضعیت جریان، توسعه یافته شده است.

فرضیاتی، آنگاه معادله پیوستگی رسوب به صورت زیر تبدیل می‌شود که GSTARS-3 از آن برای روندیابی رسوب استفاده خواهد کرد.

$$\frac{dQ_s}{dx} + m \frac{\partial A_d}{\partial t} = q_{lat} \quad (2)$$

GSTARS-3 از تفاضلات محدود و روش صریح برای حل معادله فوق استفاده می‌کند. GSTARS-3 محاسبات انتقال رسوب را براساس دانه‌بندی مواد رسوبی انجام



شکل ۱- نمایی شماتیک از مفهوم لوله جریان به کار گرفته شده در نرم‌افزار GSTARS-3

عرصه پژوهش، اقلیمی سرد و خشک دارد و متوسط بارندگی ۳۶۳ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است؛ در نتیجه این حوضه تقریباً دارای آب و هوای کوهستانی است و در این نواحی حداکثر درجه حرارت در تابستان به ۲۰ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن در زمستان به ۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر می‌رسد. برای انجام مطالعات هیدرولیکی رودخانه، لازم است ژئومتری رودخانه شامل پلان مسیر، پروفیل طولی، مقاطع عرضی و سازه‌های احداث شده در مسیر رودخانه با دقت ارزیابی شود. بازه‌ای حدود ۱۴ کیلومتر از این رودخانه بررسی شده است که بدین منظور، طول بازه مورد نظر نقشه‌برداری و ۳۰ سطح مقطع از آن تهیه شد. برای مدل‌سازی وضعیت انتقال رسوب در منطقه مورد مطالعه، از مدل ریاضی GSTARS-3 استفاده و با توجه به تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بازدید میدانی ۵ مقطع از

ویژگی‌های محل بررسی

رودخانه تلوار در شهرستان دهگلان (از شهرهای استان کردستان) واقع در غرب کشور قرار دارد. این رودخانه از کوه‌های شارک بالا و صیدان در بخش خسروآباد سرچشمه می‌گیرد و پس از مشروب کردن مسیر خود در این بخش، در محل روستای کمال‌آباد به رودخانه شور و در نهایت این رودخانه به تلوار می‌ریزد. رود شور که از زمین‌آباد و گرمخانی سرچشمه می‌گیرد، در محل گوجه‌کند به رودخانه چم تلوار متصل می‌شود و تا روستا کنارمار پیش می‌رود. منابع آب و خاک حوضه رودخانه تلوار بخش قابل توجهی از منابع طبیعی شهرستان دهگلان را داراست که مساحت بالایی را تحت پوشش قرار می‌دهد و با طول ۱۴۷ کیلومتر یکی از بزرگ‌ترین حوضه‌های در استان است. در شکل ۲ نمایی از رودخانه مورد مطالعه نشان داده شده است.

که مقطع‌های مشخص شده در شکل ۲ نمایش داده شده است.

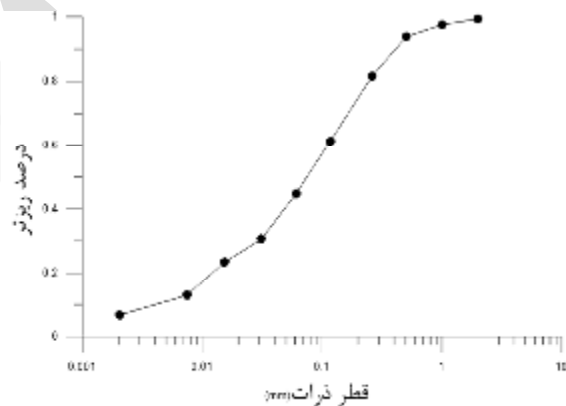
رودخانه تلوار به عنوان نمونه شناسایی شد و نمونه‌های از رسوب (شکل ۳) این مقاطع در کف و کناره‌ها برداشت شد



شکل ۲- عکس هوایی منطقه مورد نظر در امتداد رودخانه تلوار

دانه‌بندی بستگی دارد، در نتیجه تعدادی از روابط که با بازه مورد مطالعه مطابقت بیشتری داشتند، مورد استفاده قرار گرفتند و مدل اجرا شد. برای رابطه رسوبی مناسب، روابط مختلف اجرا و نتایج با توجه به پروفیل طولی رودخانه مقایسه شد. علت انتخاب این معادلات نسبت به چهارده معادله دیگر، این است که سایر معادلات، پروفیل طولی نسبتاً مناسبی در مقایسه با این معادلات نداشتند؛ لذا از مابقی معادلات صرف‌نظر شد. شکل ۴ مقایسه برآورد نتایج حاصل از روابط رسوبی مختلف را برای پروفیل طولی رودخانه نشان می‌دهد.

مقایسات و بررسی نتایج نشان می‌دهد که اندازه فرسایش و رسوب‌گذاری در یک مقطع عرضی، نسبت به انتخاب معادله انتقال رسوب و ضریب زبری حساس است. نتایج خطا برای معادلات به‌کار گرفته شده در جدول ۱ به صورت کمی ارائه شده است. با توجه به شکل رودخانه و اینکه بستر آن نزدیک به بافت ماسه‌ای است و با توجه به واسنجی انجام شده با روابط انتقال رسوب استفاده شده در مدل Gstars-3 می‌توان گفت که روابط میر پیتر و مولر و یانگ ۱۹۷۳ و یانگ ۱۹۷۹ نسبت به سایر روابط قابل به‌کار برده شده جواب‌های دقیق‌تری را ارائه می‌دهند.



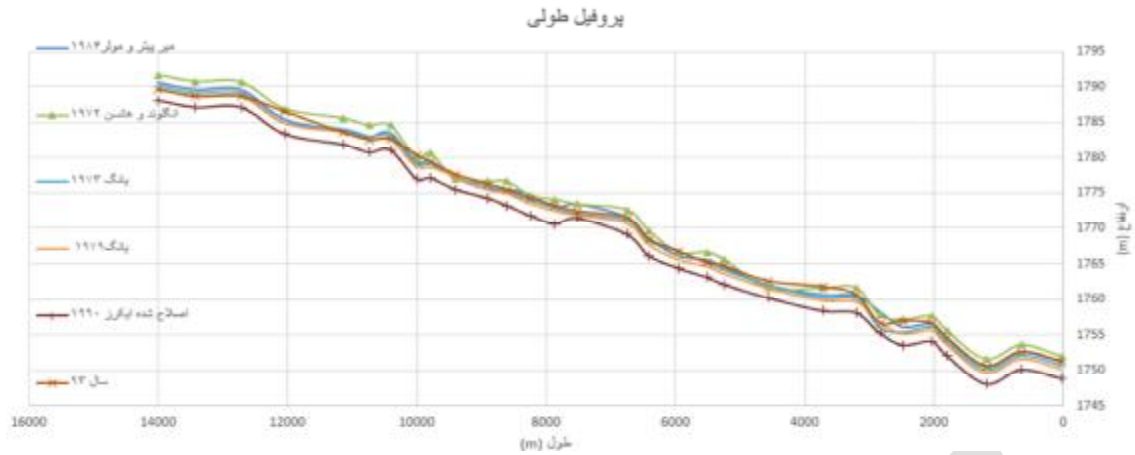
شکل ۳- دانه‌بندی رسوبات ورودی

هدف از انجام این فعالیت‌ها تحلیل فرسایش طولی رودخانه و مقاطع عرضی آن با استفاده از نرم‌افزار GSTARS-3 و برآورد عملکرد معادله‌های مختلف این نرم‌افزار برای به‌دست آوردن یک روش مناسب که با توجه به دانه‌بندی و سایر وضعیت موجود رودخانه تطبیق بهتری با وضعیت موجود رودخانه دارد.

نتایج و بحث

واسنجی مدل

با توجه به اینکه برآورد فرسایش و رسوب‌گذاری به معادلات انتقال رسوب و اطلاعات به‌دست آمده از منحنی



شکل ۴- واسنجی روابط رسوبی رودخانه برای پروفیل طولی

معادله یانگ مدل را با اعمال تعداد لوله جریان‌های متغیر اجرا شده و در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که نشان داده شده است، افزایش تعداد لوله‌های از سه بیشتر تأثیر چندانی روی دقت مدل ندارد و هزینه محاسبات را افزایش می‌دهد.

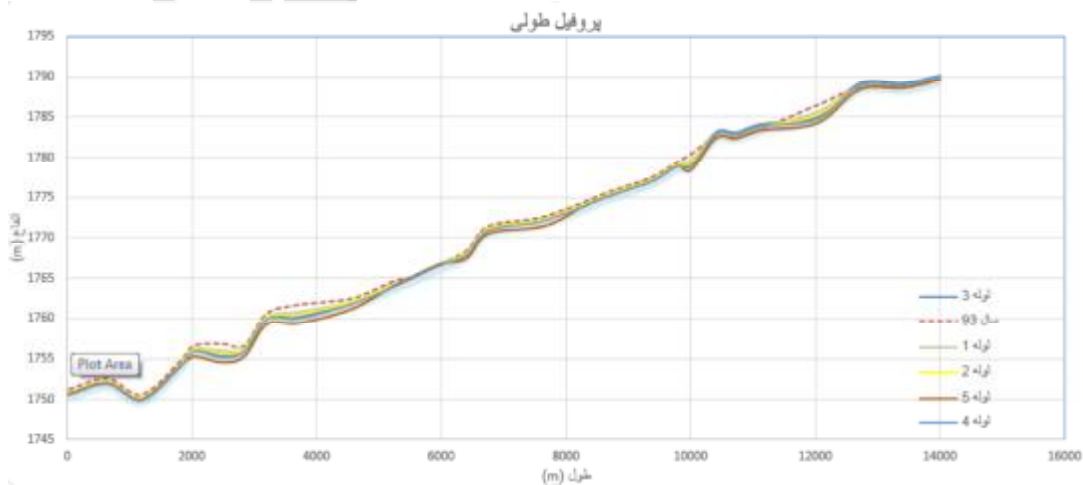
برای بررسی چگونگی عملکرد بهتر مدل و حساسیت آن در ارتباط با عوامل تأثیرگذار بر نتیجه حاصل‌شده، برای معادله یانگ، GSTARS را با اعمال محاسبه ضریب زبری مانینگ، چزی و داریسی اجرا که نتایج آن در شکل ۶ نمایش داده شده است.

جدول ۱- نتایج دقت معادلات به کار گرفته شده

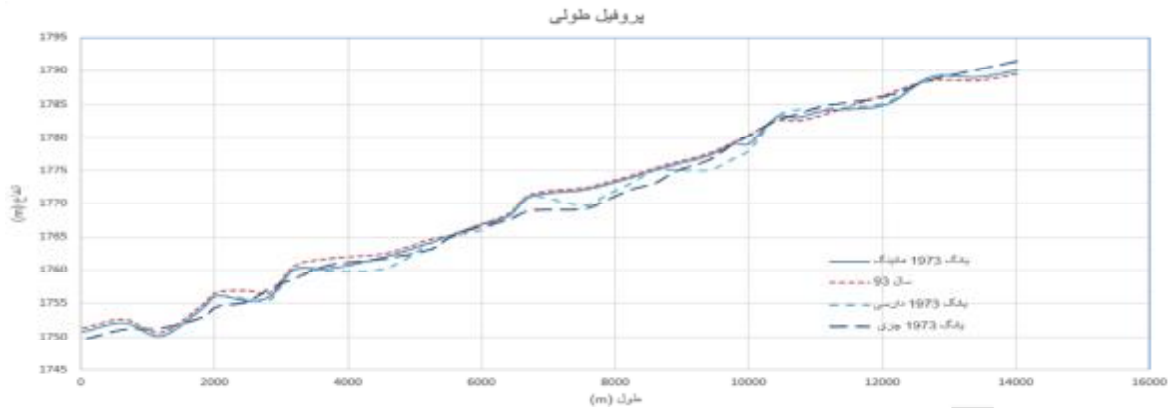
معادله	ضریب تبیین	میانگین مربعات خطا
میر پیتر مولر ۱۹۸۴	۰/۹۴	۰/۸۴
انگلوند هانسن ۱۹۷۲	۰/۸۹	۱/۰۹
یانگ ۱۹۷۳	۰/۹۴	۰/۸۴
یانگ ۱۹۷۹	۰/۹۵	۰/۸۳
ایکز اصلاح شده ۱۹۹۰	۰/۹۶	۰/۷۹

آنالیز حساسیت

در مدل GSTARS-3 حداکثر تعداد لوله جریان ۵ است. برای بررسی چگونگی عملکرد بهتر مدل و حساسیت آن در ارتباط با عوامل تأثیرگذار بر نتیجه محاسبات برای



شکل ۵- آنالیز حساسیت مدل نسبت به تعداد لوله‌های جریان

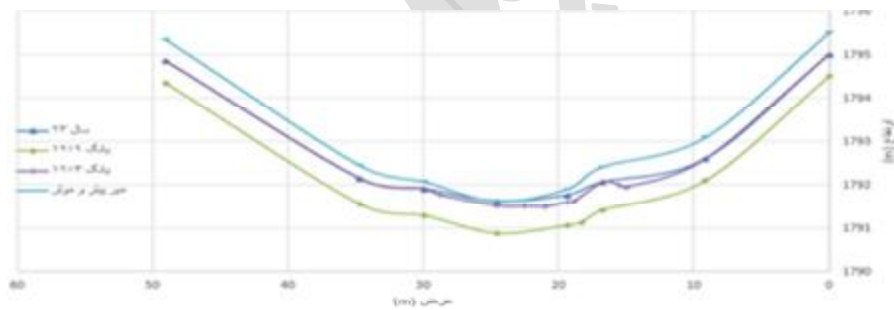


شکل ۶- آنالیز حساسیت مدل با اعمال روابط مربوط به ضریب زبری

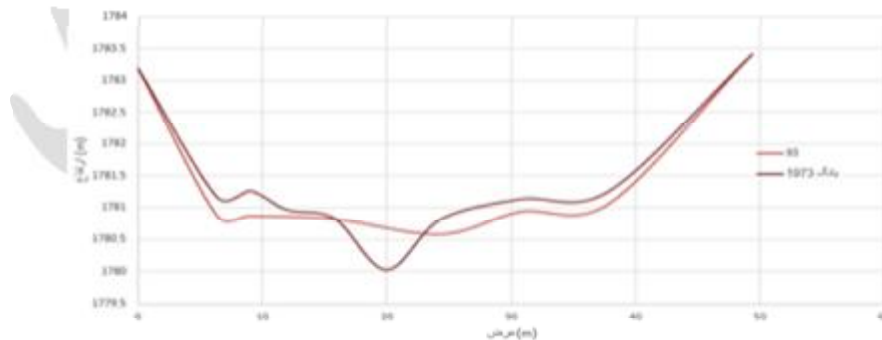
و یانگ (۱۹۷۹) است که به خوبی مشاهده می‌شود که بیشترین مطابقت را معادله یانگ ۱۹۷۳ به نسبت سایرین با مقاطع مشاهداتی دارد. مقایسه این نتیجه با پژوهش‌هایی که جباری و همکاران (۱۳۹۳) انجام دادند، نشان می‌دهد که در میان مدل‌های به کار گرفته شده مدل یانگ دقت بهتری در شبیه‌سازی مقاطع مستعد فرسایش و رسوب را دارد.

صحت‌سنجی معادلات

در بخش صحت‌سنجی مدل، مقاطع رودخانه را در پنج نقطه مشخص شده اندازه‌گیری و از سه معادله استفاده کرده‌ایم که در واسنجی برگزیده شده و با مقاطع، مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج صحت‌سنجی مدل در شکل ۷ نشان داده شده است. شکل ۷ معادلاتی است که در بخش واسنجی استفاده و ارزیابی شده و شامل رابطه میرپیتر و مولر و یانگ (۱۹۷۳)

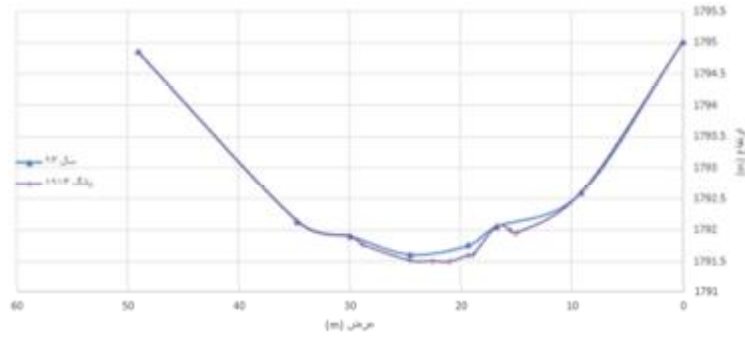


مقایسه ی روابط مختلف با بستر برای مقطع اول

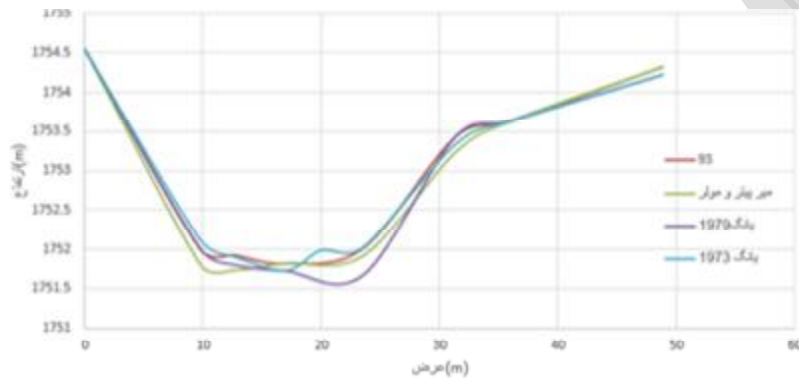


مقایسه ی مدل برای یانگ 1973 با مقطع مشاهداتی سوم

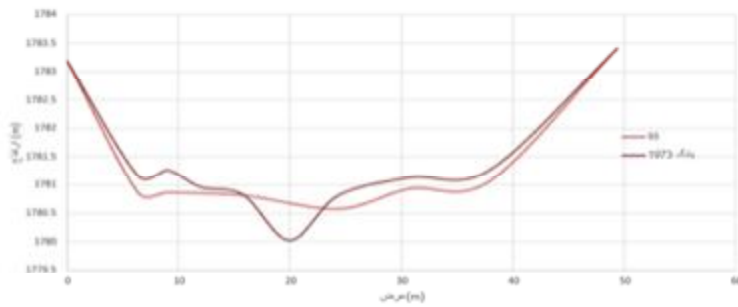
شکل ۷- مقایسه روابط مختلف با بستر برای مقاطع عرضی



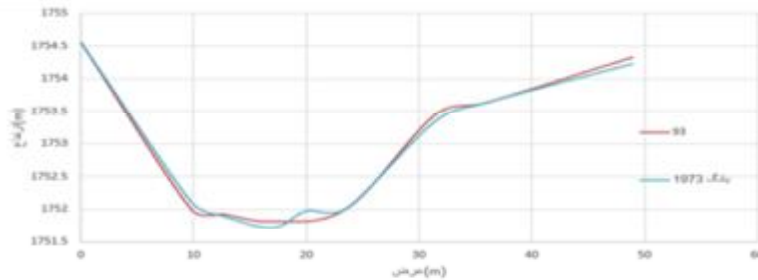
مقایسه ی روابط مختلف با بستر برای مقطع پنجم
ادامه شکل ۷- مقایسه روابط مختلف با بستر برای مقاطع عرضی



مقایسه ی مدل برای بانگ ۱۹73 با مقطع مشاهداتی اول



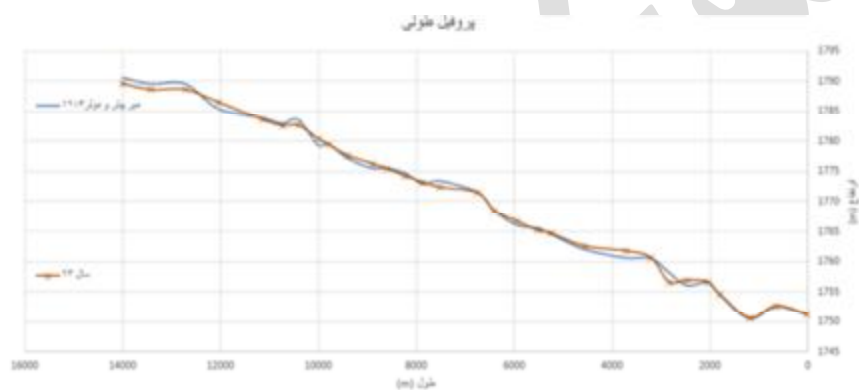
مقایسه ی مدل برای بانگ ۱۹73 با مقطع مشاهداتی سوم



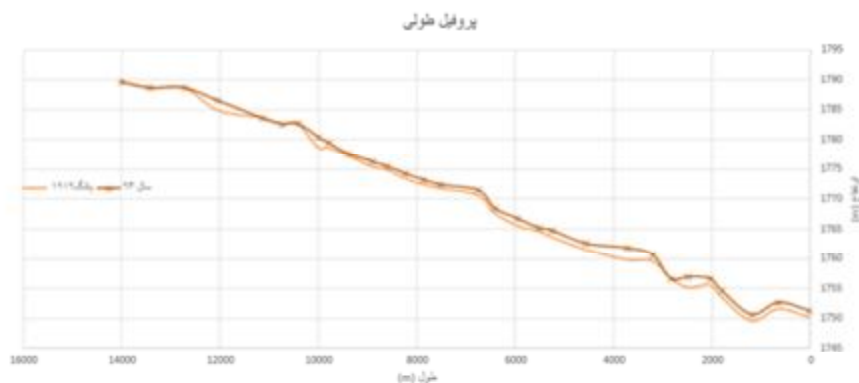
مقایسه ی مدل برای بانگ ۱۹73 با مقطع مشاهداتی پنجم
شکل ۸- مقایسه مدل بانگ ۱۹۷۳ با پنج مقطع مشاهداتی

شدیدی را به زمین‌های کشاورزی و تأسیسات وارد کند. با کمک GSTARS-3 می‌توان مقاطعی در طول مسیر که ساحل آنها به مرور زمان دچار فرسایش می‌شود، شناسایی کرد و از بروز خسارت‌های جدی جلوگیری به عمل آورد؛ تمهیدات لازم را اندیشید و چنین فرآیندهایی را به عنوان هشدار مهم در برنامه‌های آینده قرار داد. علاوه بر این، مدل قادر به شبیه‌سازی پروفیل طولی رودخانه است که پس از اجرا با معادلات رسوبی مختلف در شکل ۸ و ۹ نمونه‌ای از آن برای سه معادله دیگر آورده شده است که در آن رسوب‌گذاری و فرسایش در طول مسیر را می‌توان مشاهده کرد.

نتایج شبیه‌سازی پروفیل طولی و عرضی رودخانه برای سال‌های آتی در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است. با توجه به نتایجی که حاصل شد، می‌توان گفت این مدل برای پیش‌بینی بستر و پروفیل رودخانه مدل مناسبی محسوب می‌شود و می‌توان آن را به کار گرفت. بررسی و تحلیل تغییرات مقاطع در سال‌های آینده از این جنبه اهمیت دارد که در ساحل رودخانه اراضی کشاورزی، بناهای آبی و تأسیساتی از قبیل ایستگاه پمپاژ وجود دارد یا ممکن است طرح‌هایی در سال‌های آتی در این مناطق اجرا و بهره‌برداری شود. هر گونه تغییری در ساحل رودخانه به ویژه فرآیند فرسایش، می‌تواند خسارت بسیار



مقایسه پروفیل طولی رودخانه با مدل (استفاده از میر پیتز و مولر)



مقایسه پروفیل طولی رودخانه با مدل (استفاده از یانگ ۱۹۷۹)

شکل ۹- مقایسه پروفیل طولی رودخانه با مدل

رسوب‌گذاری را در مقاطع رودخانه‌ها دارد. کالیبراسیون مدل GSTARS-3 برای پیش‌بینی فرسایش و رسوب رودخانه تلوار حسن‌خان نشان داد که از بین فرمول‌های موجود در این مدل، فرمول‌های یانگ و ایکرز اصلاح شده بیشترین دقت را دارند. با بررسی نتایج حاصل از اجرای

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که مدل GSTARS-3 دقت قابل قبولی در مدل‌سازی انتقال رسوب در رودخانه‌ها دارد. این مدل با بهره‌گیری از مفهوم لوله جریان توانایی مناسبی در پیش‌بینی پتانسیل فرسایش و

شبه دوبعدی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۲): ۱۴۳-۱۵۸.

۹. ظهیری ع. ر. شاه‌نژاد ب. و رستمی س. ۱۳۸۷. پیش‌بینی روتد فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز با استفاده از مدل ریاضی GSTARS، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران. ۱۷ تا ۱۹ اردیبهشت‌ماه.

۱۰. گلمایمی س. ضیا تبار احمدی م. و بطنی آ. ۱۳۹۴. بررسی انتقال رسوب و تغییرات بستر رودخانه با استفاده از مدل ریاضی Gstars3 (مطالعه موردی: رودخانه گاو رود). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۱): ۱۹۱-۲۱۰.

11. Ahn J. and Song C. G. 2017. Numerical modeling of long term reservoir sedimentation in semi-two dimensional manner. KSCE Journal of Civil Engineering. 1-6.
12. Chang H. H 1988. Fluvial processes in River Engineering” John Wiley & sons NewYork. pp. 325-359
13. Yang C. T. Simoes F. J. M. Huang J. and Greimann B. 2006. Generalized Sediment Transport Models for Alluvial Rivers and Reservoirs. US-China Workshop on advanced computational modeling in Hydroscience&Engineering, September, 19-21, Oxford, Mississippi, USA.
14. Yang C. T. and Simoes F. J. M. 2002. (generalized sediment transport model for alluvial river simulation version 3.0). US Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
15. Cesare G. D. Schleiss A. and Hermann F. 2001. Impact of turbidity currents on reservoir sedimentation. Journal of Hydraulic Engineering. 127(1): 6-16.

برنامه، در می‌یابیم که نتایج؛ نزدیکی خوبی به واقعیت دارد و به استناد این موضوع می‌توان گفت این مدل به دلیل شبه دو بعدی بودن از دقت و تطابق نسبتاً قابل قبولی برای بررسی فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها برخوردار است و می‌توان از آن برای بررسی سایر رودخانه نیز استفاده به‌عمل آید.

منابع

۱. اصغری سراسکانرود ص. ۱۳۹۳. تحلیل تأثیرات برداشت شن و ماسه بر مورفولوژی رودخانه قرقو (محدوده بعد از سد سهند تا روستای خراسانک). هیدروژئومورفولوژی. ۱(۱): ۲۱-۳۹.
۲. اعلمی م. جدی ا. م. و احمدیان م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر احداث سد ونیاب بر مورفولوژی رودخانه پایاب سد با استفاده از نرم‌افزار GSTARS 3. دومین همایش ملی سدسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان. ۱۰ اسفندماه.
۳. بخشعلی پور ث. ۱۳۹۰. بررسی آثار سد مخزنی کرخه بر الگوی رسوب پایین‌دست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۳۳ ص.
۴. بنی‌سلطان س. و کاویانپور م. ر. ۱۳۸۸. بررسی مدل‌سازی رسوب‌گذاری در نرم‌افزارهای عددی مختلف. مجموعه مقالات هشتمین همایش مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۶ تا ۸ بهمن‌ماه.
۵. تلوری ع. ر. ۱۳۸۳. اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، انتشارات، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری. ۴۹۰ ص.
۶. جباری آ. حسینی س. ا. حقی‌آبی ا. ح. امام‌قلی‌زاده ص. و بهنیا ع. ک. ۱۳۹۳. برآورد انتقال رسوب رودخانه با استفاده از مدل ریاضی HEC-RAS. مجله مهندسی آبیاری و آب. ۱۶: ۱۲-۲۳.
۷. سیدیان م. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت رسوب‌گذاری سد وشمگیر با استفاده از مدل GSTARS 3. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۳۵ ص.
۸. ظهیری، ع. و دهانزاده ب. ۱۳۹۳. برآورد ظرفیت انتقال رسوب رودخانه‌ها با استفاده از مدل ریاضی

Modeling of erosion and sediment transport in rivers using the Gstars-3 model (Case study: Telvar HassanKhan river)

A. H. Azizian¹, A. H. Haghiabi^{2*}, H. Torabi³ and A. Maleki⁴

Abstract

Modeling the erosion and sediment transport is one of the main problems which discussed in the river engineering projects such as river intake and dam construction. Careless estimation of sediment load of river most time causes of failure of river engineering projects. Bed load of river sediment is one of the main parameters for assessing the stability of form of river and evaluating the power flow of river. Bed load measurement has much more difficulty in compare to the suspended load so measuring the sediment load of rivers limited to the suspended load measurement. Estimating the river sediment load is conducted with study on the river hydraulic, flow regime, river morphology grading materials of sediment load. Controlling and minimization of defection to the hydraulic structure caused by river sediment load needs to define the river flow regime, sediment motion, erosion and degradation mechanism. Erosion in river has several effects on the river flow regime such as descending the water surface elevation that may causes to decrease the efficiency of hydraulic structures such as intakes and pump stations. River management with regarding to the sediment transport conditions causes to increase the operation period. Study on the sediment transport in rivers usually conducted with laboratory experiments and field study. In this regard ---.due to high cost of experiments and field study, researchers attempt to model the sediment transport using the mathematical approaches. To this purpose, the governing equation of flow in rivers such saint venant equation is coupled by sediment transport equations such as Akers-White, Englund-Hansen, Laursen, Meyer-peter Muller, Tofaletti (filed and laboratory), and Yang and numerical is solved by advance numerical methods. for facility using the mathematical approaches, recently power full free or commercial software packages have been provided. In this regard the Mike 11 as commercial tool and HEC-RAS, SSIM, FLUVIAL and GSTARS as free software could be mentioned. Using the free software packages such as HEC-RAS has been reported in the several studies. Jabary et al (2014) used the HEC-RAS for modeling the sediment transport in Abhar River. They stated that the Yong formula is accurate among the other empirical approaches for modeling the river bed elevation. They considered the graded material of sediments, river cross sections, hydrograph of flood with 25 years return period as input parameters of the model. They stated that the HEC-RAS model has suitable performance for modeling the sediment transport in Abhar River. Alami (2003) used assessed the, HEC-6, River Intake and GSTARS-V2 for modeling the sediment transport in reservoir of dams and stated that the GSTARS is more accurate in compare to the other software. Seyedian et al (2006) used the GSTARS-3 for modeling the sedimentation of river load in the Voshmgir Dam and predicted the volume of sediments for

1- Graduate Student, Department of Water Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

2- Professor, Department of Water Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

3- Associated Professor, Department of Water Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

* Corresponding author: haghiabi.a@lu.ac.ir

Received: 2009/08/08

Accepted: 2010/11/11

the next seven years. Shahinejad et al (2009) used the GSTARS-2.1 for modeling the morphological variation of Karun River within the Ahvaz city. They evaluated the river bed elevation for the next seven years. Due to high important effect of modeling the river sedimentation on the success of river engineering projects, in this paper modeling the sediment transport in Telvar River using the GSTARS-3 is considered. The Telvar River is a main river in the Kordistan province at the west of Iran. The area of catchment of the Telvar River is about 147 Km² and in this study about 26.1 Km of river was considered as case study. The GSTARS was developed by Molinas and Yang (1985) for modeling the alluvial rivers, this mode has been modified with Yang et al(2006) and nowadays the GSTARS-4 is the last version of the GSTARS. The GSTARS in involved four part, first, using the energy and momentum equations for water surface calculation. Second, using the concept of flood routing for routing the river sediment load. Third, using the concept of intensity of energy losses in other words, using the minimum power flow theory for modifying the width and depth of flow and fourth, evaluating the Criteria of slope stability. The GSTARS included the 14 equations for modeling the Non-cohesive sediments. The aim of this study is analyzing the longitudinal erosion of river bed and also evaluating the cross section width variation and at the end, selecting the suitable empirical formula which has suitable performance for modeling the case study area. the model validation was conducted by a try and error process because of evaluating the erosion as sedimentation depends on the empirical formula and graded material curve therefore number of formula which had more suitable performance was selected. During the model validation process the result of model was compared with the measured data which was recorded at the 2013 and found that the Yang method is more suitable for modeling the river bed elevation. The results of this study showed that the GSTARS model has suitable performance for modeling the erosion and sedimentation in the Abhar River, and this software can be used for modeling the cross section erosion and finding the area which has high potential for erosion and sedimentation.

Keywords: Erosion and Sediment Transport, GSTARS Software, Sediment Loads, River Bed.

Citation: Azizian A. H. Haghiabi A. H. Torabi H. and Maleki A. ????. Modeling of erosion and sediment transport in rivers using the Gstars-3 model (Case study:Telvar HassanKhan River). Iranian Water Research Journal.