Arch

گزارش کوتاه علمی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۲۲۹-۲۳۶
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.16553.3184

مقایسه روش‌های مختلف تخمین بار بستر در رودخانه بابل‌رود با توسعه نرم‌افزار STE

رضا تیموری[۱] و *امیراحمد دهقانی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: تخمین بار رسوبی در رودخانه به‌منظور طراحی سازه‌های تقاطعی و حفاظت و احیای رودخانه از اهمیت فراوانی برخوردار است. حمل بار بستر در مسیرهای آبرفتی به‌طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته و معادلات متفاوتی بر اساس اطلاعات آزمایشگاهی یا صحرایی ارائه شده است. برآورد نرخ حمل بار بستر با استفاده از معادلات مختلف نتایج متفاوتی می‌دهند که همیشه قابل اعتماد نیستند. با توجه به پیچیدگی اندرکنش رفتار رسوب و جریان، هنوز نسبت ناجوری بالایی بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر اندازه‌گیری‌شده وجود دارد. بنابراین باید در هر رودخانه با توجه به شرایط هیدرولیک و هندسی آن، بهترین رابطه که از دقت بالاتری جهت تخمین بار بستر برخوردار است، انتخاب شود. برای دستیابی به رابطه‌ای که میزان برآورد بهتری ارایه دهد، باید شرایط منطقه مورد مطالعه را با شرایط و فرضیاتی که هر یک از روابط در آن شکل گرفته‌اند، به دقت مقایسه و بررسی کرد تا بتوان به جواب مناسب‌تر و منطقی‌تری که به واقعیت نزدیک باشد، دست یافت؛ بنابراین دستیابی به شیوه‌های نوین و خلاقانه که بتواند ضمن افزایش سرعت و دقت در محاسبات، روش‌های مختلف برآورد بار رسوبی را در رودخانه‌ها مورد ارزیابی قرار دهد دارای اهمیت بسیار زیادی است. با توجه به روش‌های مختلف برآورد بار رسوبی در رودخانه‌ها و هم‌چنین حجم بالای محاسبات آن‌ها، نیاز به یک نرم‌افزار جامع محاسباتی برای افزایش دقت و سرعت و هم‌چنین برای مقایسه نتایج مختلف به‌دست آمده از این روش‌ها در این زمینه احساس می‌شود.

مواد و روش‌ها: با توجه به این‌که هنوز نرم‌افزاری که بتواند اکثر معادلات موجود را برای محاسبه بار رسوبی در رودخانه به‌کار گرفته و از بین آن‌ها بهترین معادله را ارایه کند، وجود ندارد، در این پژوهش با توسعه یک نرم‌افزار کاربر پسند به‌نام Sediment Transport Estimator(STE) که به زبان برنامه‌نویسی VB.NET و در محیط ویندوز طراحی شده است، توانایی رابطه‌های موجود در برآورد بار بستر رودخانه بابل‌رود استان مازندران در ۳ بازه با نام‌های انارستان، درون کلاً غربی و کلاریکلا و در ۱۳ مقطع که در آن‌ها بار بستر اندازه‌گیری می‌شود، مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توسعه این نرم‌افزار هم‌زمان می‌توان بهترین روابط تخمین رسوب را در بازه‌های مختلفی از یک رودخانه و یا تعدادی رودخانه مختلف به‌دست آورد.

* مسئول مکاتبه: a.dehghani@gau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با استفاده از نرم‌افزار توسعه‌یافته، بهترین روش برای برآورد بار بستر در رودخانه مورد مطالعه، روش توفالتی با فراوانی نسبت ناجوری بین نیم تا دو ٦٩/٢ درصد می‌باشد. در این حالت فراوانی نسبت ناجوری بین نیم تا دو برای بازه‌های انارستان، درونکلا و کلاریکلا به‌ترتیب ٦٦/٧، ١٠٠ و ٥٠ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری: معادله‌های توفالتی، یانگ، یالین، اینشتین–براون و ایکرز–وایت به‌ترتیب، نتایج مناسب‌تری نسبت به سایر معادلات ارائه می‌دهند و معادله توفالتی که در آن ٦٩/٢ درصد از داده‌ها در دامنه نسبت ناجوری بین ٠/٥ تا ٢ قرار می‌گیرند، بهترین نتایج را ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بار کف، بستر شنی، حمل رسوب، روابط تجربی رسوبی، رودخانه بابل رود، ظرفیت انتقال رسوب

مقدمه

یکی از مسائل و مشکلاتی که در رابطه با بهره‌برداری از منابع آبی اهمیت خاصی پیدا نموده، مسأله رسوب می‌باشد. معمولاً رسوباتی که در مجاری طبیعی آبی در حال حرکت هستند یا از طریق فرسایش حوزه‌های بالادست به آبراهه‌ها منتقل می‌شوند و یا منشأ آن‌ها از بدنه و کف خود مجرای آبی است. معمولاً رسوباتی که از بدنه و یا بستر مجرای آبی تحویل جریان می‌شود، بسته به مشخصات هیدرولیکی و اندازه دانه‌ها، به دو صورت بار معلق و یا بار بستر طبقه‌بندی می‌شوند. بار بستر یا همان بار تماسی قسمتی از بار رسوبی است که در تماس دائم با کف مجرای آبی است و نسبت به ذرات بار معلق درشت‌تر هستند.

راحت‌طلب نخجیری و همکاران (٢٠٠٤) ١٦ رابطه برآورد بارکف را برای رودخانه زرین‌گل در استان گلستان موردبررسی قرار دادند. با مقایسه‌ی مقادیر محاسباتی با مقادیر اندازه‌گیری شده بارکف به کمک تجزیه‌وتحلیل نتایج با روش‌های گرافیکی به‌ترتیب روابط میر پیتر و مولر، توفالتی و انیشتین را برای تعیین دبی بار کف رودخانه زرین‌گل پیشنهاد داده‌اند (٤).

حدادچی و همکاران (٢٠١١)، با اندازه‌گیری بار رسوبی در رودخانه چهل‌چای با بستر شنی مسلح و شیب تند توسط دستگاه نمونه‌بردار هلی‌اسمیت؛ به بررسی ١٣ معادله شناخته‌شده بار بستر پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که روابط ون راین، میر– پیتر و مولر و ایکرز و وایت، مقدار بار بستر را مناسب‌تر از سایر روابط پیش‌بینی می‌کنند (١).

طهماسبی و همکاران (٢٠١٤)، نیز با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری‌شده صحرایی از دو رودخانه کورا و آرا واقع در کشور مالزی، به بررسی دقت ١٢ معادله نرخ انتقال بار بستر پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که معادله ایکرز و وایت بهترین نتایج را با ٦٤/٣ درصد نرخ حمل پیش‌بینی‌شده در رنج نسبت ناجوری بین ٠/٥ تا ٢ ارائه می‌دهد. معادلات میر– پیتر و مولر و ون راین نیز نتایج خوبی را به‌ترتیب با ٤٣ درصد و ٣٦ درصد نرخ حمل پیش‌بینی‌شده ارائه می‌دهد (٥).

در پژوهش ظهیری و دهانزاده (٢٠١٥) برای استفاده کاربردی از مدل‌های ریاضی در محاسبات هم‌زمان هیدرولیک جریان و رسوب، از یک مدل ریاضی شبه دوبعدی برای محاسبه دبی جریان و ظرفیت حمل رسوب استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که از بین روابط تجربی مورداستفاده برای برآورد انتقال کل رسوب، رابطه یانگ در محدوده دبی‌های پایین جریان (کوچک‌تر از ٨٠٠ مترمکعب بر ثانیه) دارای کارایی مناسب‌تری است (٦).

www.SID.ir

Archive of SID

پورحسین و افضلی‌مهر (۲۰۱۵)، نیز با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری‌شده از رودخانه بابل‌رود و مقایسه داده‌های اندازه‌گیری‌شده توسط سازمان آب معادله توانی دبی- دبی رسوب به‌دست آوردند که براساس معادله به‌دست آمده، نسبت بار بستر به بار معلق حدود ۳-۲ درصد محاسبه گردیده است. هم‌چنین با بررسی روابط تجربی و نیمه‌تجربی بار بستر انتقالی، معادلات حسن‌زاده (۱۹۹۵) و ریکینگ (۲۰۱۱) را در این رودخانه پیشنهاد داده‌اند (۳).

نجف‌پور و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری‌شده در رودخانه کارون به بررسی ۱۰ معادله محاسبه بار رسوبی با استفاده از معیارهای آماری مانند خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و ضریب همبستگی (R2) پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که فرمول انگلاند و هانسن مقادیر بار رسوبی در رودخانه کارون را مناسب‌تر از سایر روابط پیش‌بینی می‌کند (۲).

نگاهی به سوابق پژوهش نشان می‌دهد که هنوز نرم‌افزاری که بتواند اکثر معادلات موجود را برای محاسبه بار بستر در رودخانه به‌کار گرفته و از بین آن‌ها بهترین معادله را ارائه کند، وجود نداشته و بنابراین در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار توسعه‌یافته توسط نویسندگان مقاله، به‌نام اس تی ایی[1] که نرم‌افزاری کاربردی و کاربرپسند و به زبان برنامه‌نویسی وی بی دات نت[2] و در محیط ویندوز طراحی‌شده است، معادلات برآورد بار بستر در رودخانه بابل‌رود مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

با توجه به حجم بالای محاسبات هیدرولیک و هیدرولیک رسوب و هم‌چنین وجود پارامترهای مختلف و حساس از نظر دقت محاسباتی نیاز به یک نرم‌افزار طراحی شده برای انجام محاسبات با دقت بالا در زمان کم با هدف برآورد هرچه دقیق‌تر بار رسوبی در رودخانه‌ها و مقایسه نتایج برای تشخیص بهتر معادلات مناسب هر رودخانه کاملاً احساس می‌شود.

نرم‌افزار اس تی ایی که با زبان وی بی دات نت در محیط مایکروسافت ویژوال استدیو[3] تنظیم و برنامه‌نویسی شده است قابلیت‌ها و امکانات زیر را برای کاربران خود فراهم می‌کند:

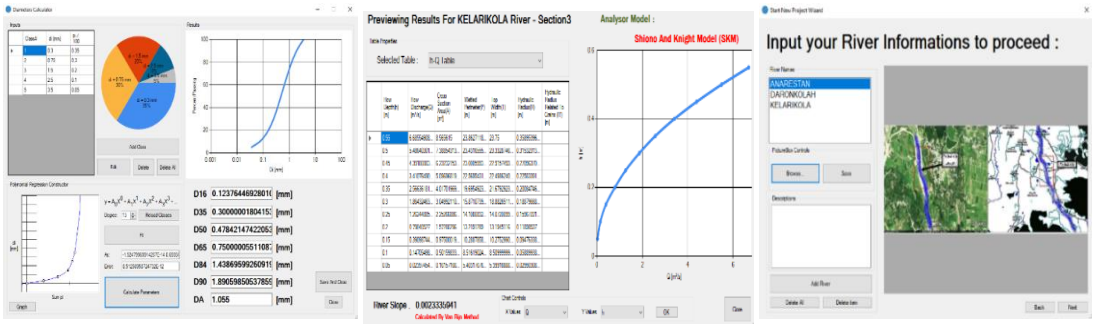
- ایجاد فایل‌های دیتابیس برای هر پروژه با پسوند (accdb.)[4] که اطلاعات ذخیره‌شده در این نوع فایل هم از طریق خود نرم‌افزار و هم از طریق نرم‌افزار مایکروسافت اکسس[5] قابل فراخوانی و اصلاح می‌باشند.
- امکان گلچین و انتخاب روش‌های موردنیاز برای برآورد بار رسوبی،
- امکان تعریف رودخانه‌های متعدد در هر پروژه به همراه ذخیره‌سازی عکس برای هر رودخانه بدون محدودیت تعداد.
- برای هر رودخانه تعریف‌شده امکان ثبت بی‌نهایت سری‌های مختلف دانه‌بندی[6] و ایستگاه‌های محاسباتی، سطح مقطع و پارامترهای مربوط به آن[7] می‌باشد.
- امکان تعریف دانه‌بندی‌های یکنواخت و غیریکنواخت و تغییر روند محاسبات بار رسوبی مناسب با نوع دانه‌بندی،
- امکان دریافت اندازه ذرات[8] برای هر سری دانه‌بندی و محاسبه قطرهای مختلف دانه‌بندی توسط برازش خط رگرسیونی با درجات بالا (شکل ۱)،
- امکان واسنجی شیب انرژی رودخانه تنها با دریافت دو پارامتر عمق و دبی جریان و ارائه منحنی دبی اشل در رودخانه‌ها.

1- Sediment Transport Estimator (STE)
2- VB.NET

3- Microsoft Visual Studio
4- Access Database File
5- Microsoft Access
6- Sediment Series
7- Section Series
8- Size Fraction

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- محیط کاربری نرم‌افزار STE.

Figure 1. User form of STE software.

- امکان محاسبه دبی در عمق‌های مختلف جریان و ارائه منحنی دبی اشل برای هر مقطع تعریف‌شده رودخانه با استفاده از دو تحلیل‌گر یک‌بعدی (سرعت متوسط) مدل انگلوند – هانسن و مدل ون‌راین و یک تحلیل‌گر شبه دوبعدی مدل شیونو ونایت (شکل ۱).
- ۲۷ روش محاسبه بار بستر در این نرم‌افزار کدنویسی شده است (جدول ۱). از این تعداد روش‌ها، ۱۰ روش قادر به استفاده مستقیم از اندازه ذرات هستند که برای بالا بردن دقت محاسبات بار بستر در رودخانه‌هایی با دانه‌بندی غیریکنواخت تنظیم شده‌اند.

جدول ۱- معادلات برآورد بار بستر به‌کار رفته در نرم‌افزار STE.

Table 1. Bed load sediment estimator in STE software.

Ashida & Michiue (1972)	اشیدا و میشیو (۱۹۷۲)	Du Boys (1879)	دو بویز (۱۸۷۹)
Engelund & Fredsoe (1967)	انگلاند و فردزو (۱۹۷۶)	Kisi (1935)	کیسی (۱۹۳۵)
Van Rijn (1984)	ون راین (۱۹۸٤)	Shields (1936)	شیلدز (۱۹۳٦)
Van Rijn Probabilistic (1984)	ون راین احتمالاتی (۱۹۸۷)	MPM (1948)	میر – پیتر و مولر (۱۹٤۸)
Parker et al (1982)	پارکر و همکاران (۱۹۸۲)	Schoklitsch (1950)	شوکلیچ (۱۹۵۰)
Misri et al (1984)	میزری و همکاران (۱۹۸٤)	Einstein (1950)	اینشتین (۱۹۵۰)
Layer Properties Van Rijn (1984)	خصوصیات بستر ون راین (۱۹۸٤)	Einstein & Brown (1950)	تجربی اینشتین – براون (۱۹۵۰)
Yang (1984)	یانگ (۱۹۸٤)	Rottner (1959)	روتنر (۱۹۵۹)
Samaga et al (1986)	ساماگا و همکاران (۱۹۸٦)	Yalin (1963)	یالین (۱۹٦۳)
Neilsen (1992)	معادله نیلسن (۱۹۹۲)	Engelund & Hansen (1967)	انگلاند و هانسن (۱۹٦۷)
Layer Properties Neilsen (1984)	خصوصیات بستر نیلسن (۱۹۹۲)	Ackers & White (1973)	ایکرز و وایت (۱۹۷۳)
Wong & Parker (2006)	ونگ و پارکر (۲۰۰٦)	Bagnold (1966)	بگنولد (۱۹٦٦)
Bathurst (2006)	بَسِرست (۲۰۰٦)	Toffaleti (1967)	توفالتی (۱۹٦۷)

www.SID.ir

Archive of SID

• این نرم‌افزار قادر است دبی رسوبی به‌دست آمده از روش‌های مختلف را برای هر داده ورودی با دبی رسوبی مشاهده‌شده و دریافت شده از کاربر طبق رابطه $DR = \frac{q_{calculated}}{q_{observed}}$ مقایسه و نسبت ناجوری را محاسبه و ثبت کند و هم‌چنین طبق فرمول $Error = \left|\frac{q_{calculated}}{q_{observed}} - 1\right| \times 100$ خطای محاسباتی را محاسبه و ثبت می‌کند و در نهایت پس از اتمام محاسبات بار رسوبی در صفحه‌ی نهایی، نرم‌افزار قادر خواهد بود نتایج را ارزیابی و بهترین روش‌ها را به کاربر گزارش دهد (در این دو رابطه $q_{calculated}$ دبی بار رسوبی محاسبه شده و $q_{observed}$ دبی بار رسوبی اندازه‌گیری شده است).

منطقه موردمطالعه: در این پژوهش، بر اساس نتایج پورحسین قادی (۲۰۱۵) که در ۱۲ مقطع از رودخانه بابل‌رود در سه بازه با نام‌های انارستان، درون کلاً غربی و کلاریکلا اندازه‌گیری بار بستر انجام شده بود، استفاده شد (۳).

جدول ۲- اطلاعات هیدرولیکی و هندسی داده‌ها.

Table 2. Hydraulic characteristics and geometric data.

سرعت جریان (متر بر ثانیه)	شعاع هیدرولیکی (متر)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	عرض سطح آزاد آب (متر)	دبی رسوب (کیلوگرم بر ثانیه)	دما (سانتی‌گراد)	قطر میانه (d_{50}) میلی‌متر	قطر (d_{90}) میلی‌متر	قطر میانگین (dm) میلی‌متر	شیب سطح انرژی
Flow Velocity [m/s]	Hydraulic Radius [m]	Flow Discharge [m^3/s]	Top Width [m]	Sediment Discharge [Kg/s]	Temperature [^oC]	Median Diameter d50 [mm]	Diameter d90 [mm]	Mean Diameter Dm [mm]	Energy Slope
بیشینه *Maximum*									
1.051	0.321	7.252	21.39	0.0689	17	6.5	22.8	13.3	0.00473
کمینه *Minimum*									
0.354	0.486	2.854	16.34	0.00175	16.5	0.59	6.68	2.758	0.00019

نتایج و بحث

تغییرات درصد فراوانی بار بستر محاسبه‌شده بر حسب تغییرات نسبت ناجوری براساس فرمول‌های برتر در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده در جدول ۳ نشان می‌دهد که بهترین روش برای برآورد بار بستر در رودخانه بابل‌رود، روش توفالتی است که این روش قادر می‌باشد فراوانی نسبت ناجوری بین نیم تا دو را به‌طور متوسط ۶۹/۲ درصد در این رودخانه محاسبه کند. در شکل ۲ نیز تغییرات مقادیر بار کف محاسبه‌شده برحسب بار کف اندازه‌گیری‌شده بر اساس روش توفالتی نشان داده شده است.

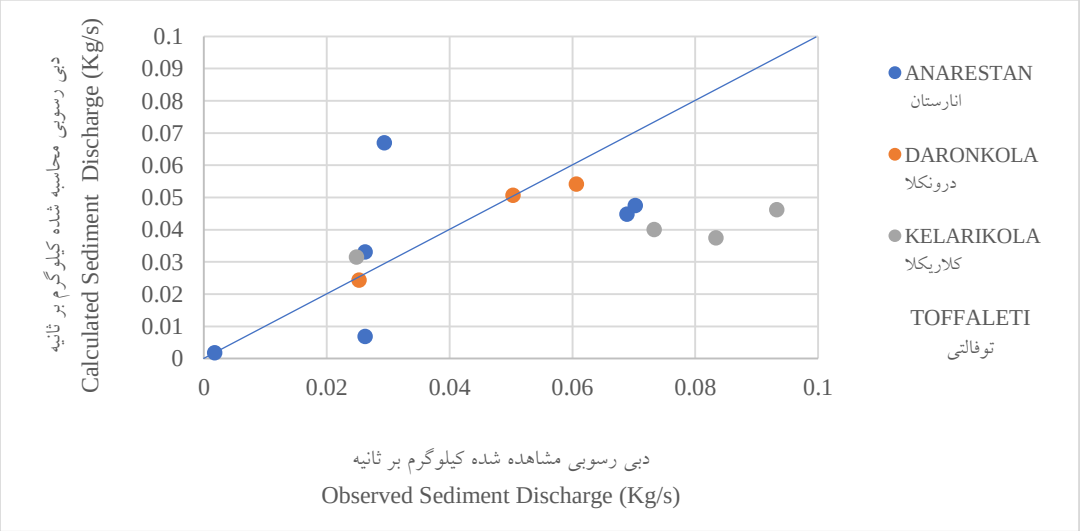
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقادیر درصد ناجوری برای روش‌های مختلف برآورد بار بستر.

Table 3. The values of discrepancy ratios for different bed load estimators.

Percentage		درصد			
Mean R	میانگین R	$0.33 < R < 3$	$0.5 < R < 2$	Equations	معادلات
0.89		92.3	69.2	Toffaleti	توفالتی
8.14		30.8	23.1	Yang	یانگ
126.89		23.1	15.4	Yalin	یالین
13.39		15.4	7.7	Einstein-Brown	اینشتین و براون
19.17		15.4	7.7	Ackers-White	ایکرز و وایت
210.43		7.7	7.7	Ashida-Michiue	اشیدا و میشیو



شکل ۲- نمودار تغییرات مقادیر محاسبه شده بار بستر بر حسب داده‌های اندازه‌گیری‌شده در روش برتر.

Figure 2. Comparison of calculated and measured sediment data for superior method.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، دقت برآورد بار رسوب در رودخانه بابل رود به‌وسیله ۲۷ معادله از متداول‌ترین معادلات برآورد بار بستر به کمک نرم‌افزار توسعه‌یافته توسط مؤلفین (اس تی ایی)، ارزیابی گردید. هدف از این پژوهش ارائه مناسب‌ترین معادله برای برآورد بار رسوب بستر در این رودخانه است. نتایج به‌دست آمده از ارزیابی معادلات نشان می‌دهند که:

۱- معادله‌های توفالتی، یانگ، یالین، اینشتین-براون و ایکرز-وایت به‌ترتیب، نتایج مناسب‌تری نسبت به سایر معادلات ارائه می‌دهند و معادله توفالتی که در آن ۶۹/۲ درصد از داده‌ها در دامنه نسبت ناجوری بین ۰/۵ تا ۲ قرار می‌گیرند، بهترین نتایج را برای رودخانه محدوده مطالعاتی ارائه می‌دهد.

۲- نامناسب‌ترین معادلات به‌ترتیب عبارت‌اند از: نیلسن، خصوصیات بستر (نیلسن)، خصوصیات بستر (ون راین)، بَسِرست، پارکر و همکاران، شیلدز، دوبویز، بگنولد، اشیدا-میشیو، اینشتین، ونگ و پارکر، ون راین احتمالاتی و انگلوند- فردزو، میزری و همکاران، شوکلیچ، میر پیتر مولر، روتنر، انگلاند-هانسن، کیسی، ساماگا و همکاران و ون راین.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از دکتر حسین افضلی‌مهر و مهندس مهرداد پورحسین قادی به‌دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های اندازه‌گیری شده اعلام می‌دارند.

منابع

1.Haddadchi, A., Omid, M.H., and Dehghani, A.A. 2011. Evaluation of Bed Load Discharge Formulas in Alpine Gravel Bed Rivers. J. Water Soil. 18: 3. 149-165. (In Persian)

2.Najafpour, N., Emamgholizadeh, S., Torabi Podeh, H., and Hamzeh Haghiabi, A. 2016. Estimation of Sediment Transport Rate of Karun River. J. Hydr. Struct. (JHS). 2: 2. 74-84.

3.Poorhossein, M. 2015. Bed Load Transport Mechanism in Babolroud River. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. 118p. (In Persian)

4.Rahattalab, H., Golmaee, H., Yusofi, A., and Oktaee, R. 2004. Comparison and choosing the best methods of estimating rivers bed load. J. Water Soil. 11: 3. 133-140. (In Persian)

5.Tahmasbi, M., and Dehghani, A.A. 2014. Evaluating the Accuracy of Conventional Methods For estimating Bed-load Transport Rate Using Field Data. Iran. J. Irrig. Drain. 8: 1. 116-126. (In Persian)

6.Zahiri, A., and Dahanzade, B. 2015. Sediment transport prediction in rivers using quasi-two dimensional model. J. Water Soil. 22: 2.143-158. (In Persian)

www.SID.ir

Arc

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(1), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.16553.3184

Short Technical Report

Comparison of Different Methods for Estimating Bed Load using developed software of STE (Case study: Babolroud River)

R. Teimourey[1] and *A.A. Dehghani[2]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses
Received: 04.22.2019; Accepted: 06.17.2019

Abstract

Background and Objectives: The estimation of sediment load is vital for designing the crossing structure and rehabilitation of rivers. Bed load transport in alluvial channels has been extensively studied and different equations have been presented based on laboratory or field data. The estimation of bed load transport rates using different equations gives different results. Due to the complexity of the interaction between sediment transport and flow behavior, there is still a high level of discrepancy ratio between the estimated and the measured values. Therefore, in each river, according to its hydraulic and geometrical conditions, it is necessary to choose the best equation that has a higher accuracy to estimate bed load in that river. In order to achieve an equation that gives a better estimation, the conditions of the study area must be carefully compared with the conditions and assumptions in which each equation is formed, so that a more appropriate and logical answer can be found which is closer to reality. Therefore, it is very important to achieve new and innovative methods that can improve accuracy in calculation of the different estimation methods for sediment loads in rivers. According to different methods of estimating sediment load in the rivers and their high computing volume the need for a comprehensive computational software is vital to increase accuracy, as well as to compare the different results obtained from these methods in this field.

Materials and Methods: Considering that there is still no software that can use most of the existing equations to calculate sediment load in the rivers and provide the best equation among them, in this research by developing a user-friendly software named "Sediment Transport Estimator (STE)", which is designed in the VB.NET programming language in the Windows environment, the ability of available equations of estimating bed load in Babolrood River of Mazandaran province has been evaluated in 3 reaches with the names of Anarestan, Daronkola and Kelarikola; in 13 sections which bed load is measuring.

Results: The results showed that by using the developed software the best method for estimating bed load in the studied river is Toffaleti method with an abundance of discrepancy ratio between 0.5 to 2, 69.2%. In this case, the abundance of discrepancy ratio between 0.5 to 2 for the reach of Anarestan, Daronkola and Kelarikola are 66.7, 100 and 50 percent, respectively.

Conclusion: The Toffaleti, Yang, Yalin, Einstein-Brown and Ackers-White equations, respectively, offer better results than other equations, and the equation Toffaleti, in which 69.2% of the data are calculating in discrepancy ratio range of 0.5 to 2, is giving the best results in the studied river.

Keywords: Assessment of bed load estimators, Babolroud, Bed load, Sediment transport Estimators

* Corresponding Author; Email: a.dehghani@gau.ac.ir

www.SID.ir