



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹

۲۳۶-۲۲۹

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.16553.3184

گزارش کوتاه علمی

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

رضا تیموری<sup>۱</sup> و \*امیراحمد دهقانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>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 پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده 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 ارائه 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 ارائه کند، وجود ندارد، در این پژوهش با توسعه یک نرم‌افزار کاربر پسند به نام 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

**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  $69/2$  درصد می‌باشد. در این حالت فراوانی نسبت ناجوری بین نیم تا دو برای بازه‌های انارستان، درونکلا و کلاریکلا به ترتیب  $66/7$ ،  $100$  و  $50$  درصد می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** معادله‌های توفالتی، یانگ، یالین، اینشتین-براون و ایکرز-وایت به ترتیب، نتایج مناسب‌تری نسبت به سایر معادلات ارائه می‌دهند و معادله توفالتی که در آن  $69/2$  درصد از داده‌ها در دامنه نسبت ناجوری بین  $0/5$  تا  $2$  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 (۲۰۰۴) ۱۶ رابطه برآورد بارکف را برای رودخانه زرین‌گل در استان گلستان موردبررسی قرار دادند. با مقایسه‌ی مقادیر محاسباتی با مقادیر اندازه‌گیری شده بارکف به کمک تجزیه و تحلیل نتایج با روش‌های گرافیکی به ترتیب روابط میر پیتر و مولر، توفالتی و اینشتین را برای تعیین دبی بار کف رودخانه زرین‌گل پیشنهاد داده‌اند (۴).

حدادچی و همکاران (۲۰۱۱)، با اندازه‌گیری بار رسوبی در رودخانه چهل‌چای با بستر شنی مسلح و

شیب تند توسط دستگاه نمونه‌بردار هلی‌اسمیت؛ به بررسی  $13$  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 (۱).

طهماسبی و همکاران (۲۰۱۴)، نیز با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی از دو رودخانه کورا و آرا واقع در کشور مالزی، به بررسی دقت  $12$  معادله نرخ انتقال بار بستر پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که معادله ایکرز و وایت بهترین نتایج را با  $64/3$  درصد نرخ حمل پیش‌بینی‌شده در رنج نسبت ناجوری بین  $0/5$  تا  $2$  ارائه می‌دهد. معادلات میر-پیتر و مولر و ون راین نیز نتایج خوبی را به ترتیب با  $43$  درصد و  $36$  درصد نرخ حمل پیش‌بینی‌شده ارائه می‌دهد (۵).

در پژوهش ظهیری و دهانزاده (۲۰۱۵) 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 مورد استفاده برای برآورد انتقال کل رسوب، رابطه یانگ در محدوده دبی‌های پایین جریان (کوچک‌تر از  $800$  مترمکعب بر ثانیه) دارای کارایی مناسب‌تری است (۶).

نرم افزار طراحی شده برای انجام محاسبات با دقت بالا در زمان کم با هدف برآورد هرچه دقیق تر بار رسوبی در رودخانه ها و مقایسه نتایج برای تشخیص بهتر معادلات مناسب هر رودخانه کاملاً احساس می شود.

نرم افزار اس تی ایی که با زبان وی بی دات نت در محیط میکروسافت ویژوال استودیو<sup>۳</sup> تنظیم و برنامه نویسی شده است قابلیت ها و امکانات زیر را برای کاربران خود فراهم می کند:

- ایجاد فایل های دیتابیس برای هر پروژه با پسوند (.accdb) که اطلاعات ذخیره شده در این نوع فایل هم از طریق خود نرم افزار و هم از طریق نرم افزار میکروسافت اکسس<sup>۴</sup> قابل فراخوانی و اصلاح می باشند.
- امکان گلچین و انتخاب روش های مورد نیاز برای برآورد بار رسوبی،
- امکان تعریف رودخانه های متعدد در هر پروژه به همراه ذخیره سازی عکس برای هر رودخانه بدون محدودیت تعداد.
- برای هر رودخانه تعریف شده امکان ثبت بی نهایت سری های مختلف دانه بندی<sup>۵</sup> و ایستگاه های محاسباتی، سطح مقطع و پارامترهای مربوط به آن<sup>۶</sup> می باشد.
- امکان تعریف دانه بندی های یکنواخت و غیریکنواخت و تغییر روند محاسبات بار رسوبی مناسب با نوع دانه بندی،
- امکان دریافت اندازه ذرات<sup>۷</sup> برای هر سری دانه بندی و محاسبه قطرهای مختلف دانه بندی توسط برازش خط رگرسیون 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 رودخانه ها.

پورحسین و افضلی مهر (۲۰۱۵)، نیز با استفاده از داده های اندازه گیری شده از رودخانه بابل رود و مقایسه داده های اندازه گیری شده توسط سازمان آب معادله توانی دبی- دبی رسوب به دست آوردند که براساس معادله به دست آمده، نسبت بار بستر به بار معلق حدود ۲-۳ درصد محاسبه گردیده است. همچنین با بررسی روابط تجربی و نیمه تجربی بار بستر انتقالی، معادلات حسن زاده (۱۹۹۵) و ریکینگ (۲۰۱۱) را در این رودخانه پیشنهاد داده اند (۳).

نجف پور و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از داده های اندازه گیری شده 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 مناسب تر از سایر روابط پیش بینی می کند (۲).

نگاهی به سوابق پژوهش نشان می دهد که هنوز نرم افزاری که بتواند اکثر معادلات موجود را برای محاسبه بار بستر در رودخانه به کار گرفته و از بین آن ها بهترین معادله را ارائه کند، وجود نداشته و بنابراین در این پژوهش با استفاده از نرم افزار توسعه یافته توسط نویسندگان مقاله، به نام اس تی ایی<sup>۱</sup> که نرم افزاری کاربردی و کاربرپسند و به زبان برنامه نویسی وی بی دات نت<sup>۲</sup> و در محیط ویندوز طراحی شده است، معادلات برآورد بار بستر در رودخانه بابل رود مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

### مواد و روش ها

با توجه به حجم بالای محاسبات هیدرولیک و هیدرولیک رسوب و همچنین وجود پارامترهای مختلف و حساس از نظر دقت محاسباتی نیاز به یک

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

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



شکل ۱- محیط کاربری نرم افزار STE.  
Figure 1. User form of STE software.

- امکان محاسبه دبی در عمق‌های مختلف جریان و ارائه منحنی دبی اشل برای هر مقطع تعریف شده 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 به کار 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 (۱۹۸۴)	Shields (1936)	شیلدز (۱۹۳۶)
Van Rijn Probabilistic (1984)	ون راین احتمالاتی (۱۹۸۷)	MPM (1948)	مپیر - پتر و مولر (۱۹۴۸)
Parker et al (1982)	پارکر و همکاران (۱۹۸۲)	Schoklitsch (1950)	شوکلیچ (۱۹۵۰)
Misri et al (1984)	میزی و همکاران (۱۹۸۴)	Einstein (1950)	اینشتین (۱۹۵۰)
Layer Properties Van Rijn (1984)	خصوصیات بستر ون راین (۱۹۸۴)	Einstein & Brown (1950)	تجربی اینشتین - براون (۱۹۵۰)
Yang (1984)	یانگ (۱۹۸۴)	Rottner (1959)	روتنر (۱۹۵۹)
Samaga et al (1986)	ساماگا و همکاران (۱۹۸۶)	Yalin (1963)	یالین (۱۹۶۳)
Neilsen (1992)	معادله نیلسن (۱۹۹۲)	Engelund & Hansen (1967)	انگلاند و هانسن (۱۹۶۷)
Layer Properties Neilsen (1984)	خصوصیات بستر نیلسن (۱۹۹۲)	Ackers & White (1973)	ایکرز و وایت (۱۹۷۳)
Wong & Parker (2006)	ونگ و پارکر (۲۰۰۶)	Bagnold (1966)	بگنولد (۱۹۶۶)
Bathurst (2006)	بثرس (۲۰۰۶)	Toffaletti (1967)	توفالتی (۱۹۶۷)

کاربر گزارش دهد (در این دو رابطه  $q_{calculated}$  دبی بار رسوبی محاسبه شده و  $q_{observed}$  دبی بار رسوبی اندازه‌گیری شده است).

**منطقه مورد مطالعه:** 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).

• 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

جدول ۲- اطلاعات هیدرولیکی و هندسی داده‌ها.

Table 2. Hydraulic characteristics and geometric data.

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

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.

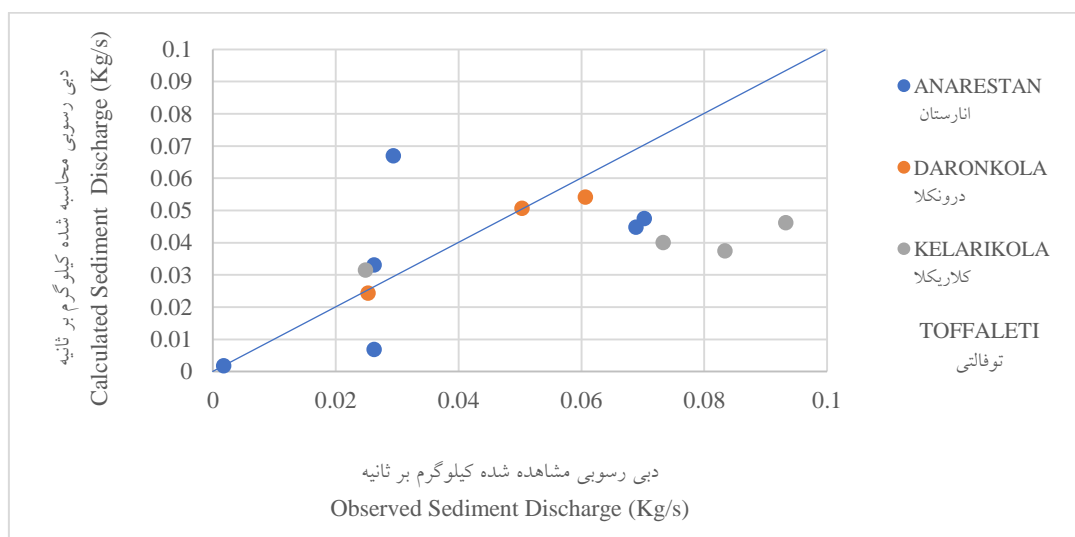
### نتایج و بحث

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

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

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

Mean R	R میانگین	Percentage درصد		Equations معادلات
		$0.33 < R < 3$	$0.5 < R < 2$	
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 ایگز 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 اندازه‌گیری شده در روش برتر.

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

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 به ترتیب عبارت‌اند از: نیلسن، خصوصیات بستر (نیلسن)، خصوصیات بستر (ون راین)، بسیرست، 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.

### نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، دقت برآورد بار رسوب در رودخانه بابل رود به وسیله 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 به دست آمده از ارزیابی معادلات نشان می‌دهند که:  
 ۱- معادله‌های توفالتی، یانگ، یالین، اینشتین-براون و ایگز-وایت به ترتیب، نتایج مناسب‌تری نسبت به سایر معادلات ارائه می‌دهند و معادله توفالتی که در آن

قادی به دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های اندازه‌گیری شده اعلام می‌دارند.

### سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از دکتر حسین افضل‌ی مهر و مهندس مهرداد پورحسین

### 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)



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<sup>1</sup> and \*A.A. Dehghani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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 Babolroud 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