نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۸، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۳، ص. ۱۲۶-۱۱۶

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 8, Mar-Apr 2014, p. 116-126

ارزیابی دقت روش‌های مرسوم برآورد نرخ انتقال بار بستر با استفاده از داده‌های میدانی

محسن طهماسبی‌نسب[۱*]، امیراحمد دهقانی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۲۱

چکیده

تخمین دقیق بار بستر رودخانه‌ها از جمله‌ی مسائلی است که مورد توجه محققان قرار دارد. تعداد زیادی رابطه هیدرولیکی برای تخمین بار بستر در شرایط مختلف هندسی و هیدرولیکی توسعه یافته‌اند. لیکن با توجه به پیچیدگی اندرکنش رفتار رسوب و جریان، هنوز نسبت ناجوریِ بالایی بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده وجود دارد. لذا بایستی 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. این پژوهش نیز با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده صحرایی از دو رودخانه‌ی کورا و آرا واقع در کشور مالزی، به بررسی دقت ۱۲ معادله‌ی نرخ انتقال بار بستر پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که معادله‌های میر-پیتر و مولر(۱۹۴۸)، جولین(۲۰۰۲) و ویلسون(۱۹۹۶) به ترتیب، نتایج مناسب‌تری نسبت به سایر معادلات ارائه می‌دهند و از بین معادلات برآورد بار بستر، معادله‌ی میر-پیتر و مولر(۱۹۴۸) که در آن ۶۱/۴ درصد از داده‌ها در دامنه‌ی نسبت ناجوری بین ۰/۵ تا ۲ قرار می‌گیرند، بهترین نتایج را برای رودخانه‌های محدوده‌ی مطالعاتی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: انتقال رسوب، معادلات تجربی، بار بستر، رودخانه‌های کورا و آرا

مقدمه

فرسایش و رسوب‌گذاری فرایندی است طبیعی که شامل فرسایش، انتقال و ته‌نشینی می‌باشد. با نگاهی عمیق به این تعریف در می‌یابیم که همین فرایند طبیعی است که پستی‌ها و بلندی‌ها و مناظر زمین‌شناسی را در اطراف ما به وجود آورده است. عوامل طبیعی همچون آب، باد و یخ، عوامل اصلی و محرک فرایند رسوب‌گذاری به حساب می‌آیند. رسوب‌گذاری یکی از مسائلی است که ممکن است مانع بهره‌برداری بشر از منابع آبی موجود گردد به همین دلیل در سال‌های اخیر به‌صورت جدی مورد توجه قرار گرفته است. برای شناخت فرایند رسوب‌گذاری، درک جزء به جزء هر بخش از این فرایند و عوامل محرک و تشدید کننده آن ضروری به نظر می‌رسد.

انتقال ذرات رسوبی را می‌توان از دیدگاهی به دو دسته قسمت نمود، انتقالِ بار معلقو بار بستر. ذراتی که همراه با توده جریان حرکت می‌کنند را بار معلق می‌نامند و ذراتی که در نزدیکیِ کف به سه قسم(لغزیدن، غلتیدن، پریدن) در حال حرکت هستند را بار بستر می‌نامند. این دو نوع انتقال به‌صورت کاملاً وابسته به یکدیگر و در طول هم عمل می‌کنند، نه در عرض. به این معنا که ابتدا انتقالِ بار کف و سپس با افزایش تنشِ برشیِ بستر، انتقال بار معلق صورت می‌گیرد و این تصور که تنها ذرات ریزتر به‌صورت معلق در می‌آیند، تصور نادرستی است. انتقال رسوب می‌تواند سبب ایجاد مشکلاتی شود که این مشکلات ناشی از حرکت و تعلیقِ رسوبات و همچنین برخورد آن‌ها است. به عنوان نمونه می‌توان به خسارت ذرات معلق به پمپ‌ها و توربین‌ها اشاره نمود که سبب ساییدگیِ بیش از اندازه‌ی پره‌ها می‌گردد(Murthy& Madhaven,1959.) و یا حرکت تخته سنگ‌های عظیمی که باعث خسارات شدید به خطوط تلفن، درختان و ... می‌شوند. همچنین از دیدگاه محیط زیست، وجود رسوبات معلق بر جمعیت، اندازه و گونه‌ی ماهی‌ها در رودخانه اثر مهمی دارد. موارد ذکر شده تنها نمونه‌هایی است که اهمیت مبحث انتقال رسوب را روشن می‌سازد.

در سال ۱۸۷۹، مهندس جوانِ ۳۲ ساله‌ی فرانسوی(Paul Francois Dominique Du Boys., 1879) مدل انتقال رسوب خود را به‌صورت اصول نظری و در مقاله‌ای به زبان فرانسوی ارائه داد اما این رابطه به سرعت، طی چند سال، به فراموشی سپرده شد.Armin Shoklitsch (۱۹۶۹-۱۸۸۸) را می‌توان به عنوانِ اولین محققی نام برد که به‌صورت جدی به بررسی و آزمونِ رابطه دو بویز پرداخت و برای ضریب ثابت در معادله‌ی دو بویز با توجه به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*-نویسنده مسئول: (Email: Tahmasebi.m@ut.ac.ir

آزمایش‌های خود مقادیری را پیشنهاد داد. اهمیت معادله دو بویز پس از ورود به ایالات متحده، جایی که رودخانه‌های بزرگتری نسبت به فرانسه دارد، بیش از پیش نمایان شد و از آن پس رابطه دو بویز به عنوان اولین مدل‌انتقال رسوب سرمشقِ بسیاری از محققین برای بررسی انتقال بارهای رسوبی قرار گرفت. تلاش‌ها برای یافتن بهترین و مناسب‌ترین معادله چه به‌صورت کلی و یا اختصاصی (برای یک رودخانه‌ی خاص) آغاز شد و محققین بسیار زیادی به بررسی دقت این معادلات با اندازه‌گیری‌های صحرایی پرداختند. با این وجود تا برآورد دقیق بار رسوبی رودخانه‌ها فاصله زیادی باقی است و نیاز به بررسی‌های بیش‌تر احساس می‌شود (Vanoni., 1964). هرچند برخی دیگر از محققین بر این باورند که برآورد بار رسوبی با خطایی کم‌تر از ۲۰۰ درصد، به دلیل پیچیدگی‌های این فرایند امکان پذیر نیست (Van Rijn., 1984).

وان رجنی (۱۹۸۶) تعداد زیادی از داده‌های بار بستر که دارای قطر میانه‌ای بین۰/۱۱ تا ۱/۵ میلی‌متر بودند را انتخاب و برای تحلیل سه معادله‌ی میر- پیتر و مولر، فان راین و فرایلینک بکار برد. نتایج این ارزیابی که بر اساس سه دامنه از نسبت ناجوری انجام گرفته است بیانگر آن است که در نسبت ناجوری بین ۰/۷۵ تا ۱/۵ و همچنین در دامنه‌ی ۲-۰/۵ معادله‌ی فن‌راین، و در دامنه‌ی ۳-۰/۳۴ معادله‌ی فرایلینک بهترین نتایج را ارائه می‌دهند (Van Rijn, 1986) .

Gomez(۱۹۸۹) به ارزیابیِ ۱۲ معادله‌ی بار بستر در بسترهای شنی پرداخت و این‌گونه نتیجه گرفت: اگر هدف، به‌دست آوردنِ اطلاعات کلی در زمینه انتقال بارهای رسوبی باشد و همچنین اطلاعات هیدرولیکی کمی در دست باشد، گزینه‌ی مناسب رابطه بگنولد به نظر می‌رسد.

در صورت وجود اطلاعاتِ هیدرولیکی معادلاتِ اینشتین، پارکر و ایکرز و وایت گزینه‌های مناسبی به نظر می‌رسند.

De Vries (۱۹۹۳) با استفاده از داده‌های سایر محققان (Peterson and Howells., 1973) مطالعات خود را بر روی صحت برخی از معادلات بار بستر متمرکز نمود. نتایج مطالعات وی برای نسبت ناجوریِ بین ۰/۵ تا ۲ نشان می‌دهد که معادلات ساده‌ای همچون انگلاند و هَنسن (۱۹۶۷) و فان راین(۱۹۸۴)، نرخ انتقال بار بستر را بهتر از معادلات پیچیده‌ای همچون کریم و کندی(۱۹۶۶) و وایت و همکاران برآورد می‌کنند.

در اتریش نیز با در اختیار داشتن داده‌های رودخانه‌ای که دارای بستر شنی و شیبِ متوسط حدود ۰/۲ درصد است و با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار هلی‌اسمیت، دقت ۱۳ معادله‌ی بار بستر مورد ارزیابی قرار گرفته است. از بین معادلاتِ مورد بررسی، روابطِ زانک، اینشتین، میر- پیتر و مولر و شوکلیچ به عنوانِ مناسب‌ترین معادلات برگزیده شدند(Habersack & Laronne,2002).

حداد چی و همکاران (۲۰۱۱)، با اندازه‌گیریِ بار رسوبیِ رودخانه نوده(با بستر شنی) توسط دستگاهِ نمونه‌بردار هلی‌اسمیت؛ به بررسیِ ۱۳ معادله‌ی شناخته‌شده‌ی بار بستر پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که روابطِ فان راین، میر- پیتر و مولر و ایکرز و وایت، مقدار بار بستر را مناسب‌تر از سایر روابط پیش‌بینی می‌کنند (Haddadchi *et al.*, 2011).

در این تحقیق ، بار رسوب بستر در پنج ایستگاه از رودخانه کورا و یک ایستگاه از رودخانه آرا واقع در کشور مالزی با تعدادی از متداول‌ترین معادلات بار رسوب بستر در خلال سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ مقایسه شده و نتایج و ارزیابی آن‌ها به‌صورت جداول و گراف‌هایی ارائه شده‌است.

مواد و روش‌ها

محققان بسیاری، معادلات تجربی زیادی را برای برآورد نرخ انتقال بار بستر ارائه داده‌اند. در این پژوهش با توجه به نتایج سایر پژوهش‌ها معادلات ارائه‌شده در جدول۱ مورد استفاده قرارگرفته‌اند. دلیل استفاده از این معادلات محدوده و دامنه کاربرد این معادلات است که با مشخصات رودخانه‌های مورد مطالعه و رسوبات همخوانی دارد.

به منظور به‌کارگیری این معادلات، از اطلاعات هیدرولیکی و رسوبی رودخانه‌ها، در ایستگاه‌های اندازه‌گیری استفاده شد که مقادیر بیشینه، کمینه و متوسط این اطلاعات در جدول۲ نشان داده شده است.

برای ارزیابی دقت معادلات برآورد بار بستر ذکر شده از پارامتری به نام نسبت ناجوری(Discrepancy Ratio) استفاده شد که بصورت $DR = \frac{q_c}{q_m}$ تعریف می‌شود. که در این رابطه، q_c، نرخ انتقال بار بستر محاسبه شده توسط معادلات تجربی و q_m، نرخ انتقال بار بستر اندازه‌گیری شده می‌باشد.

همچنین برای هر یک از معادلات ارزیابی شده نمودار بار رسوب محاسبه‌شده در مقابل بار رسوب اندازه‌گیری شده رسم و پراکندگی داده‌ها اطراف خط ۴۵ درجه بررسی شد.

محدوده مطالعاتی

منطقه‌ی مورد بررسی در این پژوهش، کشور مالزی است که در جنوب شرقی آسیا واقع شده و جنوبی‌ترین کشور آسیایی است. این کشور از لحاظ جغرافیائی از دو قسمت کاملاً جدا تشکیل شده که میان ۱ تا ۷ درجه‌ی عرض شمالی و ۱۰۰ تا ۱۱۹ درجه‌ی طول شرقی قرار دارد. رودخانه‌های کورا(Kurau) و آرا(Ara)که حوضه آبریز آن‌ها مساحتی بالغ بر ۱۶۰۰ کیلومترمربع را شامل می‌شود، رودخانه‌هایی هستند که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

جدول۱- معادلات متداول مورد استفاده بمنظور برآورد بار بستر

شماره	نام	معادله	دامنه‌ی کاربرد
۱	میر-پیتر و مولر (۱۹۴۸) Meyer-Peter and Muller	$q^* = \begin{cases} 8(\theta - 0.047)^{3/2} & \theta \geq \theta_{cr} \\ 0 & \theta < \theta_{cr} \end{cases}$	$0.4 \leq d_{50} \leq 30(mm)$ $0.25 \leq R \leq 3.2$ $0.0004 \leq S_f \leq 0.02$
۲	بگنولد (۱۹۶۶) Bagnold	$q_b = \frac{e_b \tau_b U}{\rho R g \cos\beta \, (\mu_d - \tan\beta)}$	$0.088 \leq d_{50} \leq 1.41(mm)$
۳	ویلسون (۱۹۹۶) Wilson	$q^* = 12(\theta - \theta_{cr})^{3/2}$	$0.088 \leq d_{50} \leq 2.83(mm)$
۴	انگلاند و فردسو (۱۹۷۶) Engelund and Fredsøe	$q^* = 18.74(\theta - \theta_{cr})[(\theta)^{0.5} - 0.7(\theta_{cr})^{0.5}]$	$0.3 \leq d_{50} \leq 7(mm)$
۵	فرناندز-لوک و فان‌بیک (۱۹۷۶) Fernandez Luque and Van Beek	$q^* = 5.7(\theta - \theta_{cr})^{3/2}$	$0.9 \leq d_{50} \leq 3.3(mm)$ $0.05 \leq \theta_{cr} \leq 0.058$
۶	فن‌راین (۱۹۸۴) Van Rijn	$q^* = 0.053 \frac{T^{2.1}}{D_*^{0.3}}, D_* = d_{50}(\frac{gR}{\nu^2})^{\frac{1}{3}}, T = \frac{\theta_s - \theta_{cr}}{\theta_{cr}}$	$0.2 \leq d_{50} \leq 2(mm)$ $0.001 \leq S_f \leq 0.01$
۷	مدسن (۱۹۹۱) Madsen	$q^* = (\theta - \theta_{cr})[(\theta)^{0.5} - 0.7(\theta_{cr})^{0.5}]$	$0.088 \leq d_{50} \leq 5.66(mm)$
۸	نیلسن (۱۹۹۲) Nielson	$q^* = 12(\tau^*)^{0.5}(\theta - \theta_{cr})$	$0.69 \leq d_{50} \leq 28.7(mm)$ $1.25 \leq R \leq 4.22$ $0.001 \leq S_f \leq 0.01$
۹	نینو و گارسیا (۱۹۹۸) Niño and Garcia	$q^* = \frac{12}{\mu_d}(\theta - \theta_{cr})[(\theta)^{0.5} - 0.7(\theta_{cr})^{0.5}]$	$0.088 \leq d_{50} \leq 5.66(mm)$ $\mu_d = 0.23$
۱۰	چنگ (۲۰۰۲) Cheng	$q^* = 13(\theta)^{\frac{5}{2}} e^{-(\frac{0.05}{(\theta)^{\frac{1}{2}}})}$	$0.088 \leq d_{50} \leq 5.66(mm)$
۱۱	ژولین (۲۰۰۲) Julien	$q^* = \frac{18\sqrt{g}(d_{50})^{3/2}\theta^2}{\sqrt{gRd_{50}^3}}$	$0.088 \leq d_{50} \leq 2.83(mm)$ $0.1 \leq \theta \leq 1$ $S_f > 0.0001$
۱۲	وانگ و پارکر (۲۰۰۶) Wong and Parker	$q^* = \begin{cases} 4.93(\theta - 0.047)^{1.6} \\ 3.97(\theta - 0.0495)^{3/2} \end{cases}$	$0.088 \leq d_{50} \leq 4(mm)$

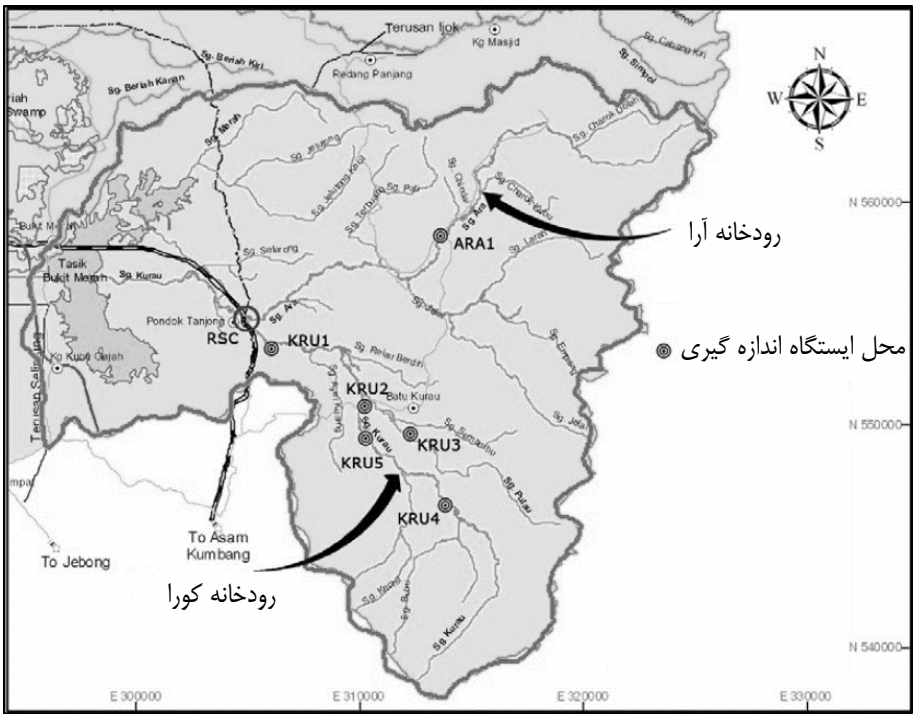
جدول۲- مقادیر بیشینه، کمینه و متوسط اطلاعات مورد استفاده

	بده آب	سرعت آب	شعاع هیدرولیکی	شیب کف	d50	نرخ انتقال رسوب
	m^3/s	m/s	m	-	m	kg/s
بیشینه	۱۲/۷۹	۱/۵۶	۰/۸۸۵	۰/۰۳۱۲	۰/۰۰۱۸۴	۲/۰۹۸
متوسط	۳/۰۷	۰/۵۷	۰/۳۹۲	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۱	۰/۵۳
کمینه	۰/۵۵	۰/۱۵	۰/۱۶۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۶۴

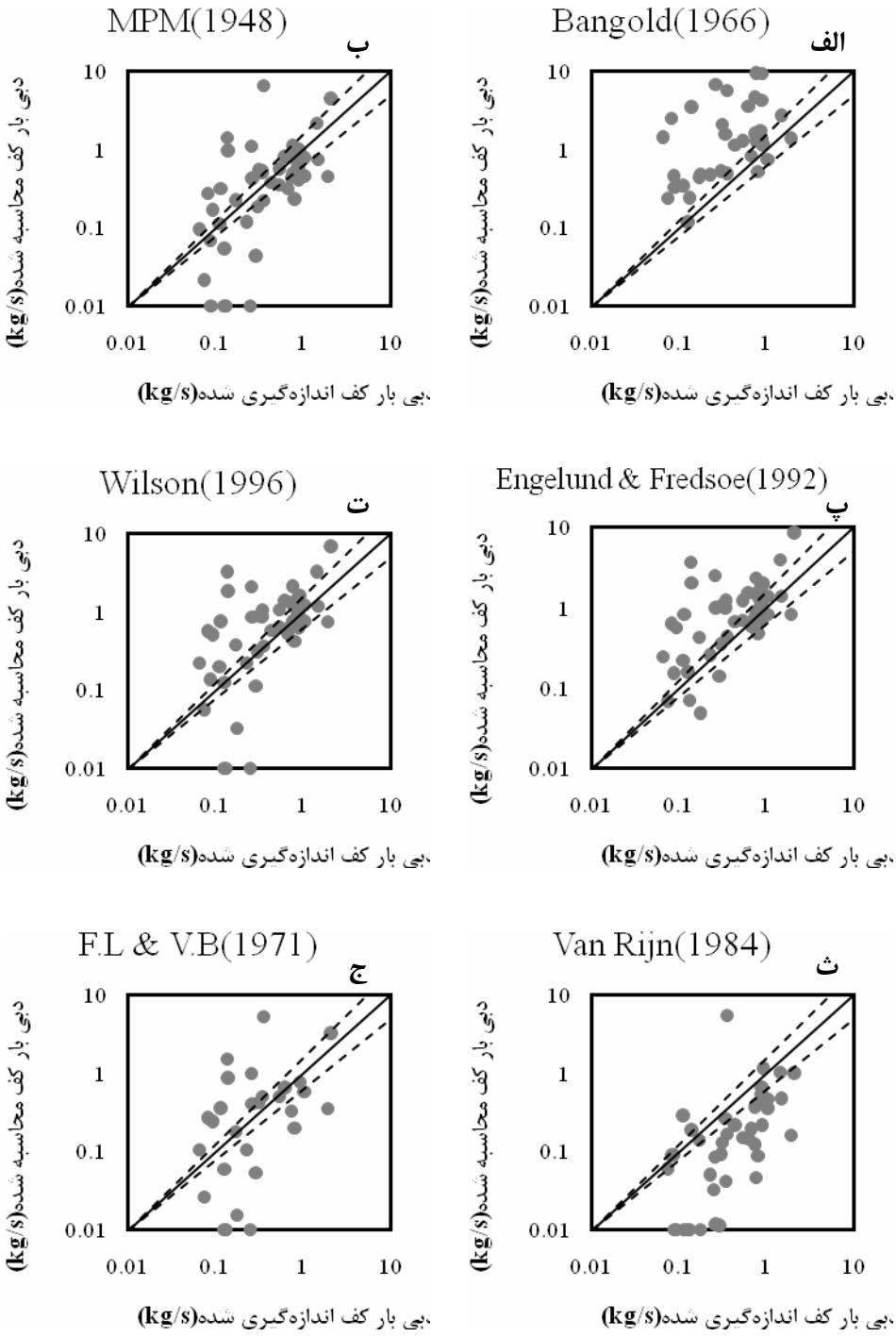
اطلاعات بار بستر و همچنین مشخصات هیدرولیکی این رودخانه‌ها به همراه نمونه‌هایی از بستر آن‌ها به مدت دو سال(سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) جمع‌آوری شده‌است (ZangenehSirdari., 2013). برای بررسی بار رسوبی این رودخانه‌ها ۶ ایستگاه (۵ ایستگاه بر رودخانه کورا و یک ایستگاه بر رودخانه آرا) انتخاب شد (شکل۱). بیش‌ترین عرض رودخانه رکورا ۱۹ متر، مربوط به ایستگاه اول و در ایستگاه رودخانه آرا ۱۳ متر گزارش شده است، همچنین مطابق با اندازه‌گیری‌های انجام شده بیش‌ترین بده در رودخانه‌کورا، ۱۲/۷۹ متر مکعب بر ثانیه و در رودخانه‌آرا، ۵/۲۵ متر مکعب بر ثانیه محاسبه شده است (ZangenehSirdari., 2013). در مجموع تعداد ۴۸ سری داده‌ی بار بستر به همراه مشخصات هیدرولیکی، طی دو سال از این ایستگاه‌ها به‌دست آمد. این نمونه‌ها با نمونه‌بردار هلی-اسمیت که یکی از معتبرترین نمونه‌بردارهای موجود در دنیا است و ضریب تله اندازی آن بین ۰/۹ تا ۱/۱ می‌باشد، برداشت شده‌اند.

نتایج و بحث

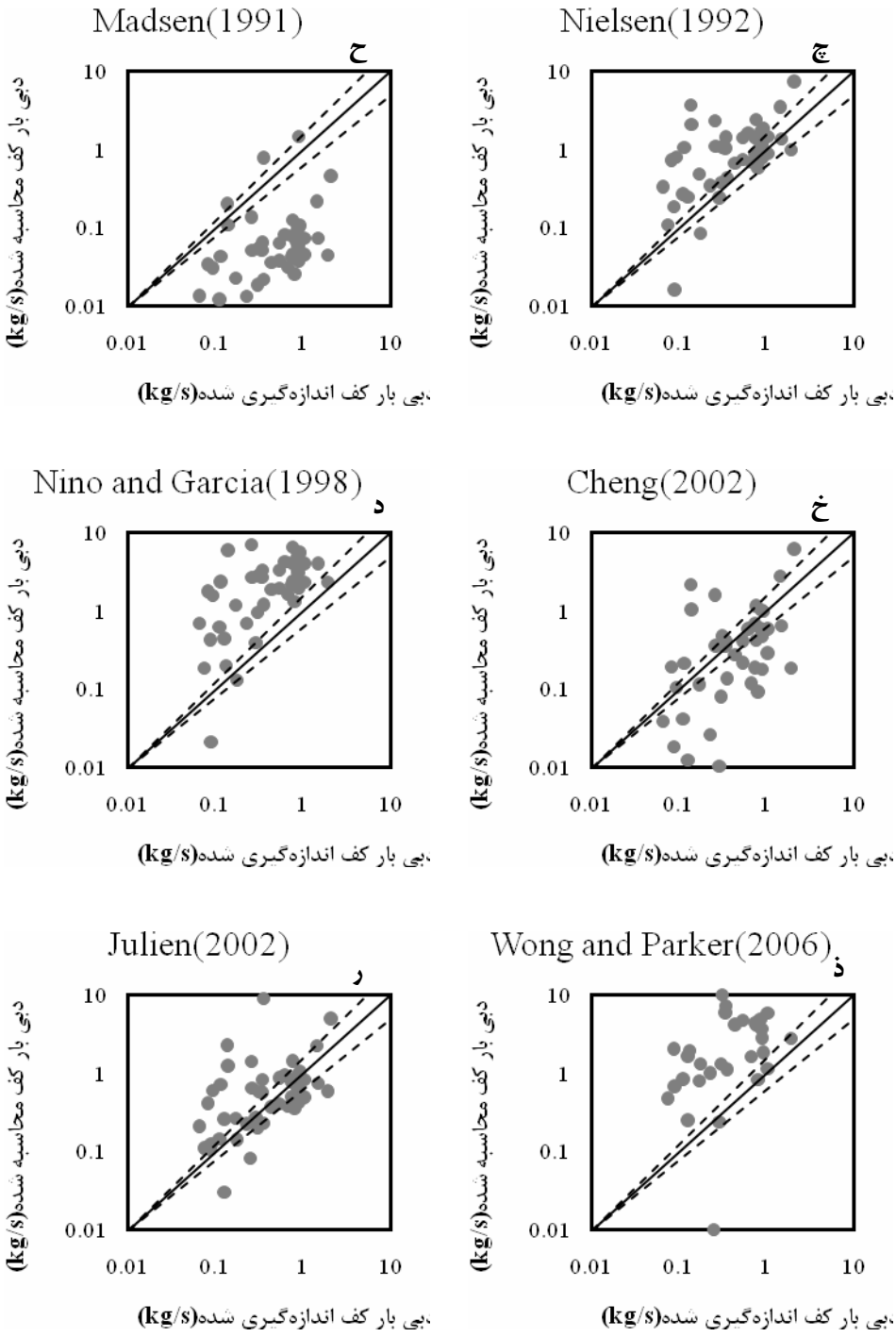
در شکل ۲ نمودار مقادیر بار بستر محاسبه شده (محور عمود) بر حسب مقادیر اندازه‌گیری شده (محور افق) ارائه شده‌است. خط ۴۵ درجه و همچنین دو خط DR=۰/۵ و DR=۲ نیز برای بیان دقت معادلات بر حسب نسبت ناجوری ترسیم شده‌اند، هر اندازه که نقاط، به خط میانی (۴۵ درجه) نزدیک‌تر باشند دقت آن معادله بیش‌تر است. برای مقایسه‌ی بهتر معادلات ارائه شده از نمودارهای درصد فراوانیِ نسبت ناجوری در دامنه‌های مختلف استفاده شده است (شکل۳). این نمودار با بیان درصدی از داده‌ها که بین دامنه‌ی مورد بررسی قرار دارند، دید گسترده‌تری نسبت به پراکندگیِ نسبت ناجوری ارائه می‌دهد.همانگونه که مشاهده می‌شود برخی از معادلات نتایج را بیش از مقدار واقعی برآورد و برخی نیز نتایج را کم‌تر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند. نگاهی به نتایج نشان می‌دهد که از بین روش‌های مختلف برآورد بار بستر، معادله میرپیتر مولر و جولین از دقت بالاتری نسبت به روش-های دیگر تخمین بار بستر برخوردار هستند.



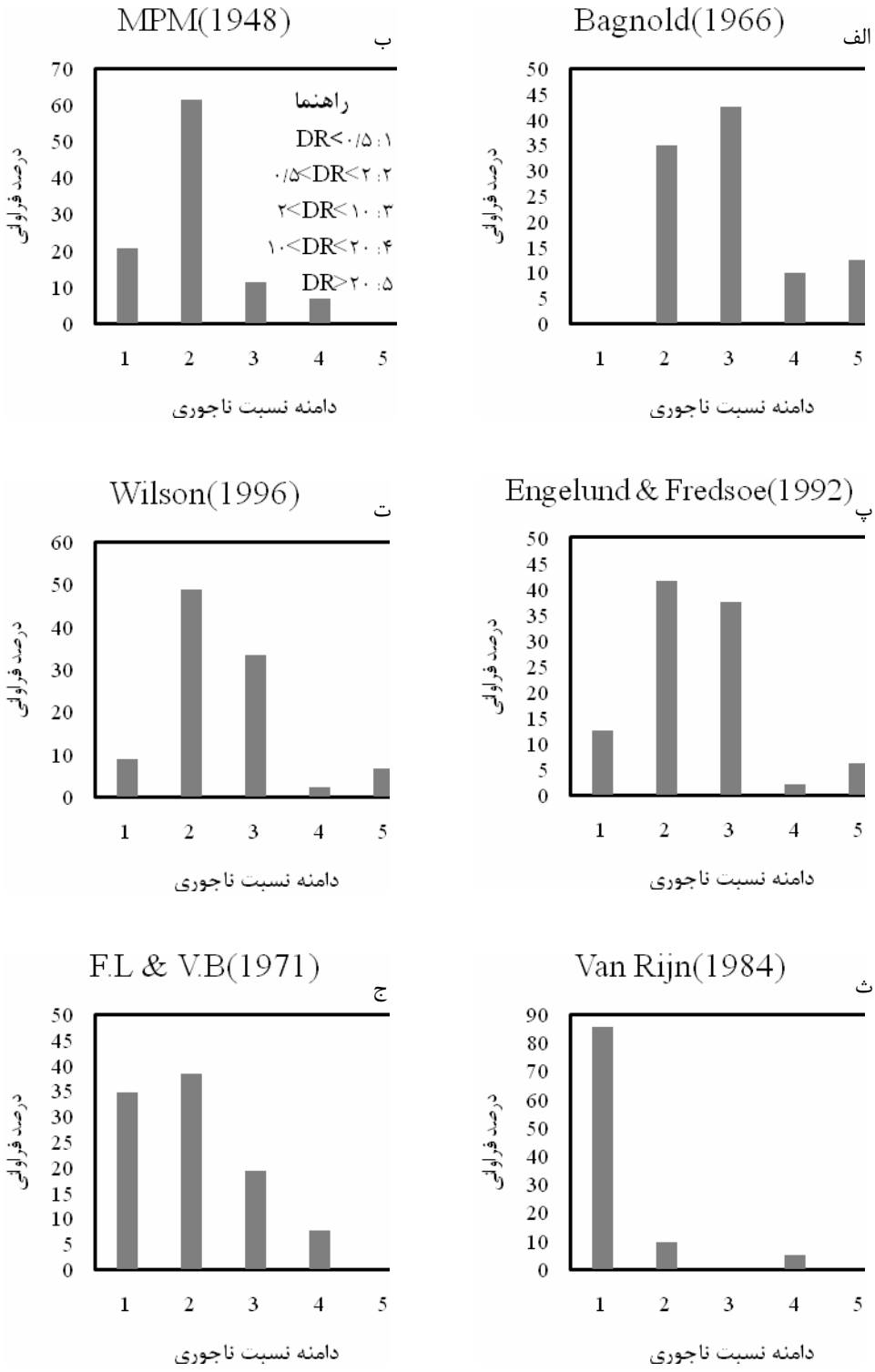
شکل۱. محل قرارگیری رودخانه‌های کورا و آرا و ایستگاه‌های اندازه‌گیری(ZangenehSirdari., 2013)



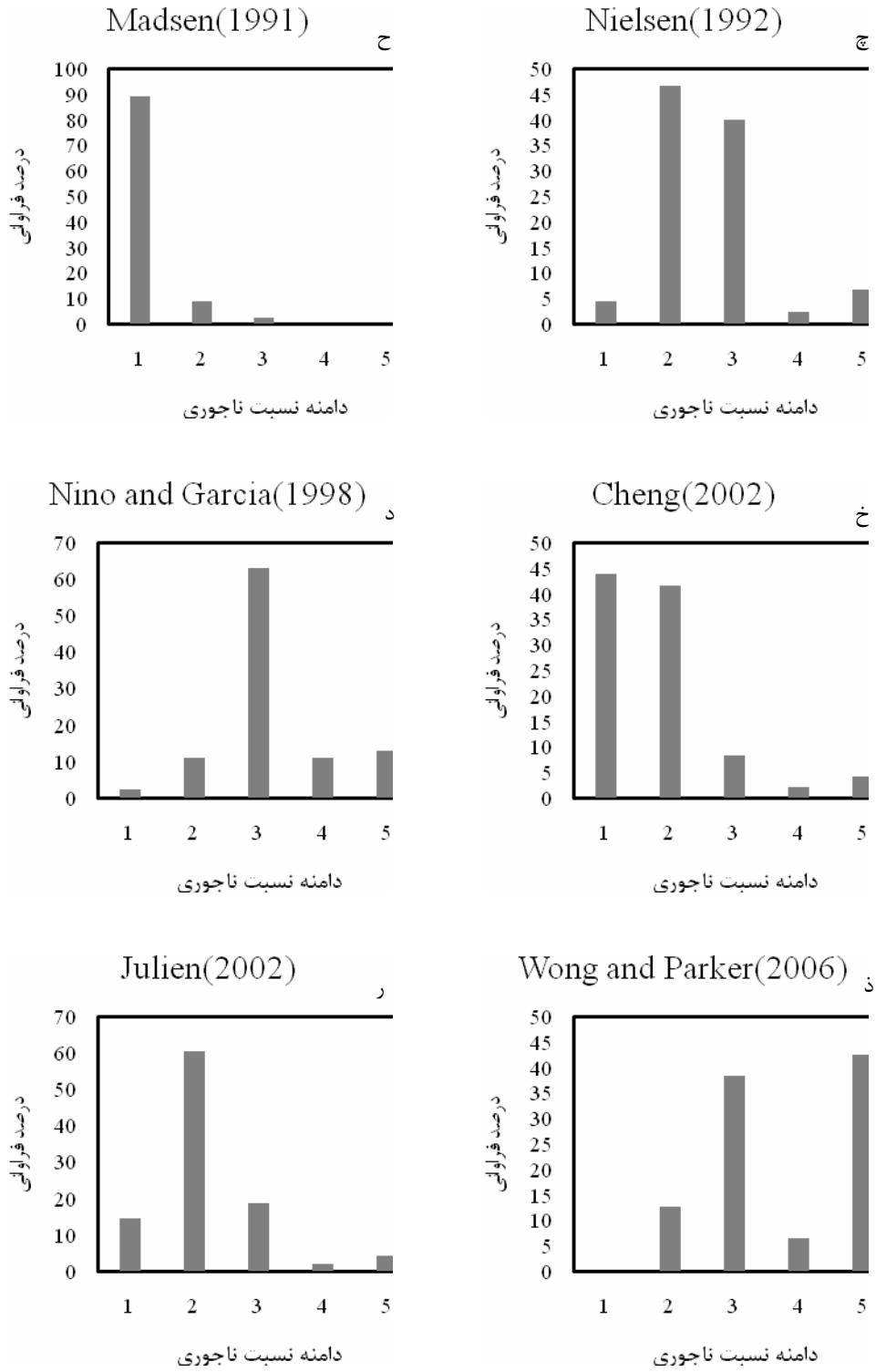
شکل۲- نمودار تغییرات مقادیر محاسبه شده بار بستر بر حسب داده‌های اندازه‌گیری شده؛الف: روش بگنولد، ب: روش میر-پیترو مولر، پ: روش انگلاند و فردسو و ت: روش ویلسون، ث: روش فن‌راین، ج: روش فرناندز-لوک و فان‌بیک



ادامه شکل۲- نمودار تغییرات مقادیر محاسبه شده بار بستر بر حسب داده‌های اندازه‌گیری شده؛چ: روش نیلسن، ح: روش مدسن، خ: روش چنگ، د: روش نینو و گارسیا، ذ: روش وانگ و پارکر، ر: روش جولین



شکل۳ - درصد فراوانیِ نسبت ناجوری، برای معادلات مختلف در دامنه‌های متفاوت؛ الف: روش بگنولد، ب: روش میر-پیترو مولر، پ: روش انگلاند و فردسو و ت: روش ویلسون، ث: روش فن‌راین، ج: روش فرناندز-لوک و فان‌بیک



ادامه شکل۳ - درصد فراوانیِ نسبت ناجوری، برای معادلات مختلف در دامنه‌های متفاوت؛ چ: روش نیلسن، ح: روش مدسن، خ: روش چنگ، د: روش نینو و گارسیا، ذ: روش وانگ و پارکر، ر: روش جولین

جدول۳- تعداد و مقادیر درصد ناجوری برای روشهای مختلف برآورد بار بستر

شماره	معادله	متوسط نسبت ناجوری	نسبت ناجوری بین ۰/۵ تا ۲	
			تعداد	درصد
۱	میر-پیتر و مولر	۲/۱۲	۲۷	۶۱/۴
۲	بگنولد	۷/۱۱	۱۴	۳۵
۳	ویلسون	۳/۸۴	۲۲	۴۸/۹
۴	انگلاند و فردسو	۴/۵۶	۲۰	۴۳/۵
۵	فرناندز-لوک و فان‌بیک	۲/۲۹	۱۰	۳۸/۵
۶	فن‌راین	۰/۹۷	۱۱	۲۶/۸۲
۷	مدسن	۰/۲۴	۴	۸/۷
۸	نیلسن	۴/۵۶	۲۱	۴۶/۷
۹	نینو و گارسیا	۱۲/۷۱	۵	۱۰/۸
۱۰	چنگ	۲/۳۹	۲۰	۴۱/۷
۱۱	جولین	۳	۲۹	۶۰/۴
۱۲	وانگ و پارکر	۱۲۶/۴	۶	۱۲/۸

مقایسه نتایج این تحقیق با تعدادی از تحقیقات قبلی در این زمینه، بیانگر همخوانی با نتایج گزارش شده توسط برخی از محققان است (De Vries.,1993؛Haddadchi et al.,2011) که در این تحقیقات معادله‌ی میر-پیتر و مولر به عنوان یکی از مناسب‌ترین معادلات معرفی شده است. (Shulits& Hill,1968)با بررسی ۱۳ معادله بار بستر و با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده از رودخانه‌های آره، دانوب و کوهستان کریک، معادله میر-پیتر و مولر را به عنوان یکی بهترین معادلات معرفی کردند. همچنین این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط برخی دیگر از محققان که معادله‌ی فن‌راین را به عنوان مناسب‌ترین معادله گزارش کرده‌اند(Van Rijn., 1986؛ Gomez.,1989) تطابق ندارد. وایت و همکاران نیز در بررسی خود بر اساس بیش از ۱۰۰۰ داده‌ی آزمایشگاهی و ۲۶۰ اندازه‌گیری صحرایی، معادلات ایکرز و وایت، انگلاند و هنسن و راتنر را مناسب‌ترین روابط نشان دادند که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد. (White et al., 1975).

معادله بگنولد به دلیل در نظر نگرفتن پارامتری به عنوان آستانه حرکت، نتایج نرخ انتقال بار بستر را بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند. لازم به ذکر است که معمولا مناسب‌ترین معادلات برای هر رودخانه نسبت به رودخانه دیگر با شرایط هیدرولیکی و رسوبی مختلف، متفاوت است. به همین دلیل است که مطالعه انتقال بار بستر برای هر رودخانه مستقل از رودخانه‌های دیگر پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ، دقت برآورد بار رسوب با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در خلال سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲، در پنج ایستگاه از رودخانه کورا و یک ایستگاه از رودخانه آرا در کشور مالزی، بوسیله‌ی تعدادی از متداول‌ترین معادلات بار رسوب که با شرایط رودخانه‌ها و رسوب همخوانی داشتند، ارزیابی گردید. هدف از این تحقیق ارائه‌ی مناسب‌ترین معادله برای برآورد بار رسوب بستر در این رودخانه‌ها است. نتایج بدست آمده از ارزیابی این معادلات نشان می‌دهند که:

۱-معادله‌هایمیر-پیتر و مولر (۱۹۴۸)، جولین (۲۰۰۲) و ویلسون (۱۹۹۶) به ترتیب، نتایج مناسب‌تری نسبت به سایر معادلات ارائه می‌دهند و معادله‌ی میر-پیتر و مولر (۱۹۴۸) که در آن ۶۱/۴ درصد از داده‌ها در دامنه‌ی نسبت ناجوری بین ۰/۵ تا ۲ قرار می‌گیرند، بهترین نتایج را برای رودخانه‌های محدوده‌ی مطالعاتی ارائه می‌دهد.

۲-نامناسب‌ترین معادلات به ترتیب عبارتند از: فن‌راین(۱۹۸۴)،نینو و گارسیا(۲۰۰۲) و وانگ و پارکر(۲۰۰۶).

۳-نتایج ارائه شده تنها مربوط به رودخانه کورا و آرا در مالزی است و این نتایج قابل تعمیم به سایر رودخانه‌ها نیست.

منابع

De Vries. 1993. Assessment of bed load formulas. IAHR Congress proceeding. China.

Gomez, B and Church,M. 1989. An assessment of bed load sediment transportformulae for gravel Bed Rivers. Water Resources Research, 25: 6, 1161-1186.

Habersack,H.M and Laronne,J.B. 2002. Evaluation and improvement of bedload discharge formulas based on Helley-Smith sampling in an alpine gravelbed river. Journal of Hydraulic Engineering, 128: 5. 484-499.

Haddadchi,A, Omid,M.H, Dehghani,A.A. 2011. Assessment of bed-load prediction based on

علائم

q^*: دبیِ بدون بعد رسوب ($q^* = \frac{q_b}{\sqrt{gRD^3}}$) و q_b: دبی حجمیِ بار بستر در واحد عرض($\frac{m^2}{s}$)

D: قطر ذره(m)

g: شتاب جاذبه

τ_*: تنش برشیِ بدون بعد(عدد جابجایی و یا عدد شیلدز)

τ_b: تنش برشیِ بستر($\frac{N}{m^2}$)

τ_c^*: عدد شیلدز بحرانی

ρ: جرمِ واحد حجم سیال

R: وزن مخصوص مستغرق رسوب($R = \gamma_s / \gamma - 1$)

γ_s, γ: وزن واحد حجمِ سیال و رسوب()

U: سرعت متوسط ($\frac{m}{s}$)

e_b: فاکتور کارایی

$\tan\beta$: شیب بستر

μ_d: ضریب اصطکاک دینامیک

T: پارامتر بی بعد مرحله انتقال($T = \frac{\tau_s^* - \tau_c^*}{\tau_c^*}$)

D_*: پارامتر بی بعدِ قطر($D_* = d_{50}(\frac{gR}{\upsilon^2})^{\frac{1}{3}}$)

sampling in a gravel bed river. J. Hydrodynamics. 2012, 24(1):145-151

Murthy,Y.K and Madhaven,K., 1959. Silt Erosion in Turbines and Its Prevention, Water Power.

Shulits,S and Hill,R.D. 1968. Bed load formulas, part A—a selection of bed load formulas.Pennsylvania State University, College of Engineering, University Park,

Van Rijn,L.C. 1984a. Sediment transport, part I: bed loadtransport. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 110(10), 1431–1456.

Van Rijn,L.C. 1984b. Sediment transport, part II: suspendedload transport. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 110(11), 1613–1641.

Van Rijn,L.C. 1984c. Sediment transport, part III: Bed formsand alluvial roughness. Journal of Hydraulic Engineering,ASCE, 110(12), 1733–1754.

Van Rijn,L.C. 1986. Application of sediment pick-up functions. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 112(9).

Vanoni,V.A. 1964. Measurements of critical shear stress for entraining fine sediments in a boundary layer. Report KH-R-7, W. M. Keck Laboratoty of Hydraulics and Water Resources,California Institute of Technology, Pasadena, California.

White,W.R. Milli,H and Crabbe,A.D. 1975. Sediment transport theories: a review Proceedings of the institute of Civil Engineers, London, 59, 265-292

ZangenehSirdari,Z. 2013. Bedload Transport of Small Rivers in Malaysia PhD. Dissertation, River engineering and Urban Drainage Research Center (REDAC), UniversitySains Malaysia.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 8, Mar-Apr 2014, p. 116-126

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۸، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۳، ص. ۱۲۶-۱۱۶

Evaluating the Accuracy of Conventional Methods Forestimating Bed-load Transport Rate Using Field Data

M. Tahmasebi Nasab[1*], A.A. Dehghani[2]
Received: Nov.25,2013 Accepted: Mar.12,2014

Abstract

Determining the exact value of bed load is concerned with investigators. A lot of papers were developed for estimation the bed load sediment transport in various geometrical and hydraulically conditions. But due to complicated flow and sediment interconnection, high discrepancy ratio exist between the estimated and measured values. Thus a best bed load estimator formula must be selected in each river according to geometrical and hydraulically conditions. In this study also, using sets of field data from the two rivers, Kurau and Ara, located in Malaysia, accuracy of 12-bed load transport equation will be assessed. Results show that Meyer-Peter and Muller (1948), Julien (2002) and Wilson (1996) equations, respectively, compared to the other equations give better results and the method of Meyer-Peter and Muller (1948) yields the best results for field data with 61.4% of the predicted transport rates in the range of discrepancy ratio between 0.5 and 2.

Keywords: sediment transport, experimental equations, bedload, Kurau and Ara Rivers

1- MSc Student of Irrigation Structures Engineering, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran, Iran
2 - Associate Professor of Water Engineering Dept., Gorgan Agricultural Sciences and Natural Recourses University
(*- Corresponding Author Email: Tahmasebi.m@ut.ac.ir)