

# بررسی و مطابقت معادلات برآورد رسوب با شرایط هیدرولیکی رودخانه کارون

محمد نصرافشانی<sup>۱</sup>، حسن تریابی پوده<sup>۱</sup>

۱- کارشناس سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، ایران mo.isfahani@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۲

## چکیده

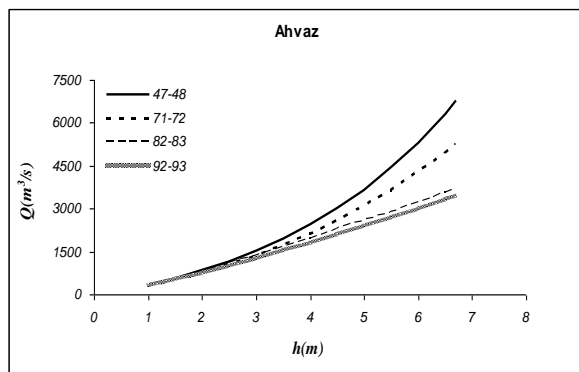
برآورد مقدار مواد رسوبی که یک جریان قادر به حمل آن است یکی از موضوعات اصلی تحقیقات هیدرولیک رسوب می‌باشد که در بسیاری از پروژه‌های مهندسی همچون مورفولوژی و تغییرات بستر رودخانه، برآورد رسوب سالانه برای آبرگیرهای رودخانه، حفاظت سواحل، لایروبی کانالها و ... حائز اهمیت می‌باشد. مقدار رسوب عبوری در یک مقطع از رودخانه ممکن است به ترکیبی از اثرات عمق و عرض جریان، شیب انرژی، دما و خصوصیات سیال، تلاطم جریان آب و طیف وسیعی از اندازه، شکل، چگالی، چسبندگی و غلظت ذرات رسوب بستگی داشته باشد. تنوع فرمولهای برآورد انتقال رسوب و نداشتن اطلاعات کافی از عملکرد فرمولهای موجود، انتخاب یک فرمول مناسب را برای یک رودخانه خاص فوق العاده مشکل می‌نماید. بنابراین برای انتخاب مناسبترین فرمول نیاز به ارزیابی و واسنجی معادلات برآورد رسوب برای رودخانه مورد نظر می‌باشد. در این مقاله معادلات برآورد رسوب در رودخانه کارون و در بازه ملاتانی- فارسیات به منظور انتخاب مناسبترین فرمول بررسی می‌گردد.

*واژه های کلیدی: رودخانه، نسبت بار رسوب، دبی رسوب، هیدرولیک*

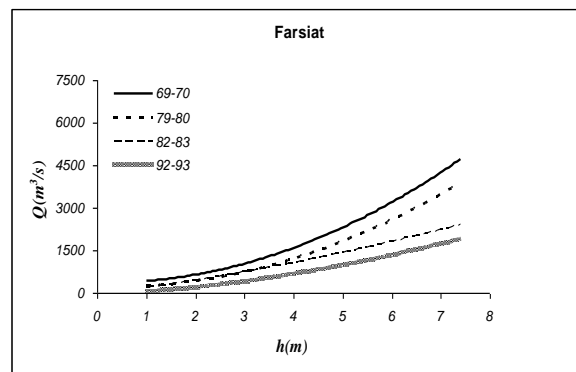
## مقدمه

مشکل می‌سازد. بالارفت میزان رسوب رودخانه ای باعث افزایش مقاومت در برابر جریان می‌گردد که در چنین حالتی کاهش آبدهی رودخانه مشاهده می‌گردد. تغییرات اشل به ازای دبی یکسان در شکل‌های (۱) و (۲) در ایستگاههای اهواز و فارسیات بر رودخانه کارون به خوبی نشان دهنده این موضوع می‌باشد که مقادیر اشل در دبی معین با افزایش سال در حال کاهش است.

انتقال رسوب یکی از شاخه های هیدرولیک آبرفتی مدرن می‌باشد. در مقایسه با شاخه های دیگر علم هیدرولیک، پیشرفت انجام شده در زمینه انتقال رسوب بسیار کمتر بوده است و دلیل آن ارتباط پیچیده تعداد زیادی از پارامترهای رسوب و جریان آب می‌باشد که تداخل و تاثیر متقابل آنها، فرموله کردن پدیده انتقال را



شکل ۲: دبی-اشل (ایستگاه اهواز)



شکل ۱: دبی-اشل (ایستگاه فارسیات)

ابعاد و شکل آبراهه. بعضی از این پارامترها در ارتباط با یکدیگر می‌باشند، بنابراین می‌توان آنها را در قالب چند پارامتر بی بعد دسته بندی کرد، جدول (۱).

مهمترین پارامترهای موثر در تحلیل، انتقال و جابجائی رسوبات عبارتند از پارامترهای هیدرولیکی جریان، پارامترهای مربوط به ذره و پارامترهای مربوط به

#### جدول ۱: پارامترهای موثر در حرکت رسوبات آبراهه ها

پارامتر بی بعد	دسته بندی پارامتر
$\psi = \frac{(G_s - 1)d_{50}}{RS_0}$ , $\frac{V}{\sqrt{gd_{50}(G_s - 1)}}$ , $\frac{U^*}{V}$ , $\frac{VS_0}{\omega_s}$	آستانه حرکت
$C_v$ , $\Phi = \frac{C_v VR}{\sqrt{g(G_s - 1)d_{50}^3}}$	جابجائی
$D_{gr} = d_{50} \left( \frac{g(G_s - 1)}{\nu^2} \right)^{1/3}$ , $d_{50}/B$ , $\frac{U^*}{\omega_s}$ , $\frac{\omega_s d_{50}}{\nu}$	ذره رسوبی
$B/y_0$	ابعاد کانال

پارامتر جریان  $\omega_s$ : سرعت سقوط ذرات  $y_0$ : عمق جریان محققان زیادی تلاش کرده‌اند تا بین مقدار بار رسوب، هیدرولیک رودخانه و خصوصیات بستر رابطه‌ای برقرار نمایند و بنابراین روابط زیادی ارائه گردیده است. بیشتر معادلات انتقال رسوب به صورت‌های کلی زیر می‌باشند:

$$Q_s = A_1(Q - Q_c)^{B_1} \quad (1)$$

$$Q_s = A_2(V - V_c)^{B_2} \quad (2)$$

$$Q_s = A_3(S - S_c)^{B_3} \quad (3)$$

$$Q_s = A_4(\tau - \tau_c)^{B_4} \quad (4)$$

$B$ : عرض کف آبراهه  $C_v$ : غلظت رسوبات  $D_{gr}$ : پارامتر بی بعد اندازه ذرات  $d_{50}$ : قطر ذراتی از بستر که ۵۰ درصد ذرات از آن کوچکتر است (قطر متوسط ذرات)  $G_s$ : وزن مخصوص ذرات  $S_0$ : شیب کف آبراهه  $R$ : شعاع هیدرولیکی  $U^*$ : سرعت برشی  $V$ : سرعت متوسط جریان  $\nu$ : لزجت کینماتیک  $\Phi$ : پارامتر انتقال  $\psi$ :

و ساده کننده می‌باشد که این فرضیات به همراه محدودیت داده‌های مورد استفاده در توسعه و تحقیق صحت کاربرد روابط باعث محدودیتهای کاربردی روابط انتقال رسوب می‌گردد. به علت تنوع فرمولهای انتقال رسوب و نداشتن اطلاعات کافی از عملکرد فرمولهای موجود، انتخاب یک فرمول مناسب برای یک رودخانه فوق العاده مشکل می‌باشد و بنابراین برای انتخاب مناسبترین فرمول برای یک رودخانه بخصوص نیاز به ارزیابی معادلات انتقال رسوب برای رودخانه مورد نظر می‌باشد.

بگنولد (۱۹۶۶)، انگلوند- هانسن (۱۹۶۴)، توفالتی (۱۹۶۴)، آیکرووایت (۱۹۷۳)، یانگ (۱۹۸۴)، وان ریجن (۱۹۸۴)، وایف (۱۹۸۶)، ساماگا (۱۹۸۶)، بگ (۱۹۹۵) و فاضل (۱۹۹۶). جدول (۲) خلاصه‌ای از داده‌های ورودی برای روابط انتخاب شده برآورد رسوب را نشان می‌دهد. محققان زیادی تلاش کرده‌اند تا بین مقدار بار رسوب، هیدرولیک رودخانه و خصوصیات بستر رابطه‌ای برقرار نمایند و بنابراین روابط زیادی ارائه گردیده است. به منظور ارزیابی محدودیتهای تئوریهای انتخاب شده و ارائه رهنمودهای لازم برای انتخاب مناسبترین فرمول، عملکرد این روشها را با استفاده از ۱۲۰ دوره داده اندازه‌گیری شده بررسی کرده و نسبت بار رسوب  $I$  که بصورت نسبت دبی رسوب محاسبه شده به دبی رسوب اندازه گیری شده تعریف می‌شود را به منظور قابلیت تحلیل محاسبه کرده و در انتها میزان دقت برآورد هر روش با استفاده از مقادیر  $I$  تعیین گردید. آنچه مسلم است هر چه  $I$  محاسبه شده به یک نزدیکتر باشد دقت پیش بینی بیشتر می‌گردد. به علت پیچیدگی فرآیندهای آبرفتی در جریان آب و رسوب تاثیر چندین پارامتر رسوبی و هیدرولیکی در این امر، ضروری می‌باشد. به منظور محاسبه دبی رسوب، از روش‌های فوق یک مدل

که در آنها  $Q$  دبی جریان،  $Q_s$  دبی رسوب،  $V$  سرعت متوسط جریان،  $\tau$  تنش برشی،  $A_1, A_2, A_3, A_4$  و  $B_1, B_2, B_3, B_4$  پارامترهای مربوط به ویژگی‌های جریان و رسوب است، و زیر نویس  $C$  شرایط آستانه حرکت را بیان می‌کند. مبنای تئوریک روابط فوق براساس تنش بحرانی، سرعت بحرانی، انرژی تبدیلی جریان، آمار و احتمالات و آنالیز ابعادی و رگرسیون می‌باشد. انتقال رسوب مستلزم تاثیر متقابل و پیچیده بین متغیرهای مربوط زیادی می‌باشد و بنابراین روشهای تئوری در مطالعه انتقال رسوب بر اساس فرضیات ایده‌ال

### مواد و روشها

معرفی یک رابطه ریاضی که همه پارامترهای موثر به علاوه تغییراتشان را در جهت طولی و عرضی رودخانه در برگیرد، کار بسیار مشکلی است. به همین دلیل، تقریباً همه معادلات برآورد بار رسوب برای شرایط ساده جریان یکنواخت ماندگار و تعادل انتقال رسوب بدست آمده‌اند، که این شرایط در رودخانه‌های طبیعی به ندرت فراهم می‌شود. هدف اصلی از پژوهش‌های انتقال رسوب، یافتن رابطه‌ای میان مقدار ذرات انتقال یافته از یک سو، و پارامترهای مربوط به هیدرولیک و مشخصات مواد بستر رودخانه‌ای از سوی دیگر است. از آنجا که روش این تحقیق از نوع مشاهداتی بوده و از آمار و اطلاعات موجود بهره می‌جوید، پس از بررسی ایستگاههای آبسنجی، ایستگاههای ملاثانی، اهواز و فارسیات بدلیل برخورداری از جامعه آماری قابل قبول انتخاب شدند و آمار و اطلاعات هیدرولیکی و رسوبی آنها از سازمان آب و برق خوزستان جمع آوری گردید. سپس با استفاده از آخرین منابع منتشر شده، رایجترین روابط انتقال رسوب بعلاوه روابطی که در سالهای اخیر توسط محققان ارائه گردیده است انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفتند. این روابط عبارتند از: میر-پیتر - مولر (۱۹۸۴)، انیشتین (۱۹۵۰)،

مدل نسبت بار رسوب  $I$  را برای هر روش محاسبه می‌کند و نتایج را به صورت شکل و جدول ارائه می‌نماید.

کامپیوتری تهیه شد. این مدل به زبان بیسیک تصویری بوده و در محیط ویندوز قابل اجرا است. داده‌های اندازه‌گیری شده رسوب و داده‌های شرایط جریان و رسوب و بستر، فایل ورودی مدل را تشکیل می‌دهند.

جدول ۲: داده‌های ورودی به مدل

پارامتر مستقل	شرایط جریان	ویژگی‌های سیال	ویژگی‌های رسوب	معادله انتقال رسوب
$Q_b$	T,S,V	$\gamma, \nu$	$d_{90}, G_s, d_a$	میر- پیتر و مولر
$Q_b, Q_s$	B,T,S	$\gamma, \nu$	$d_i, p_i, G_s$	انیشتین
$Q_b, Q_s$	B,T,S,V	$\gamma, \nu$	$d_i, p_i, G_s, d_a$	بگنولد
$Q_t$	B,S,V	$\gamma$	$G_s, d_{50}$	انگلوند و هانسن
$Q_b, Q_s$	B,T,S,V	$\gamma, \nu$	$d_i, p_i, G_s, d_{65}$	توفالتی
$Q_t$	B,T,S	$\gamma, \nu$	$G_s, d_{35}$	ایکر و وایت
$Q_t$	Q,V,S,R	$\gamma, \nu$	$G_s, d_{50}$	یانگ
$Q_b, Q_s$	B,T,S,V	$\gamma, \nu$	$d_{16}, d_{50}, d_{90}, G_s$	وان ریجن
$Q_b, Q_s$	V,R,S	$\gamma, \nu$	$d_i, d_{65}, G_s, p_i, d_a$	ساماگا
$Q_s$	B,S,Q	$\gamma, \nu$	$G_s, d_{50}$	وایف
$Q_t$	V,S	$\nu$	$d_{50}$	بگ
$Q_t$	V,S	$\gamma, \nu$	$d_i, p_i, G_s, d_{50}$	فاضل

B

سطح آب  $V$ : سرعت متوسط جریان  $\gamma$ : وزن مخصوص آب  $\nu$ : لزجت کینماتیک

داده‌های مورد نیاز به منظور تشکیل فایل ورودی به مدل به ترتیب عبارتند از: دبی جریان ( $Q$ )، دبی رسوب اندازه‌گیری شده ( $Q_s$ )، شیب سطح آب یا شیب کف رودخانه ( $S$ )، سطح مقطع جریان ( $A$ )، محیط خیس شده ( $P$ )، عرض مقطع رودخانه ( $T$ )، درجه حرارت آب ( $t$ ) و درصد ذرات عبوری به ترتیب از الکهای ۰/۰۶۲، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ میلی‌متر. برای بدست آوردن محیط خیس شده مقطع جریان، باید داده‌های مربوط به شکل مقطع عرضی رودخانه را داشت. با توجه

: عرض کف آبراهه  $d_a$ : میانگین حسابی قطر ذرات  $d_i$ : قطر ذراتی از بستر که  $I$  درصد ذرات از آن کوچکتر است  $d_{16}$ : قطر ذراتی از بستر که ۱۶ درصد ذرات از آن کوچکتر است  $d_{35}$ : قطر ذراتی از بستر که ۳۵ درصد ذرات از آن کوچکتر است  $d_{50}$ : قطر ذراتی از بستر که ۵۰ درصد ذرات از آن کوچکتر است (قطر متوسط ذرات)  $d_{65}$ : قطر ذراتی از بستر که ۶۵ درصد ذرات از آن کوچکتر است  $d_{90}$ : قطر ذراتی از بستر که ۹۰ درصد ذرات از آن کوچکتر است  $G_s$ : وزن مخصوص ذرات رسوبی  $p_i$ : درصد ذرات کوچکتر از  $d_i$ : دبی جریان  $Q_b$ : دبی بار بستر  $Q_s$ : دبی بار معلق  $Q_t$ : دبی بار کل  $R$ : شعاع هیدرولیکی  $S$ : شیب سطح آب  $T$ : عرض

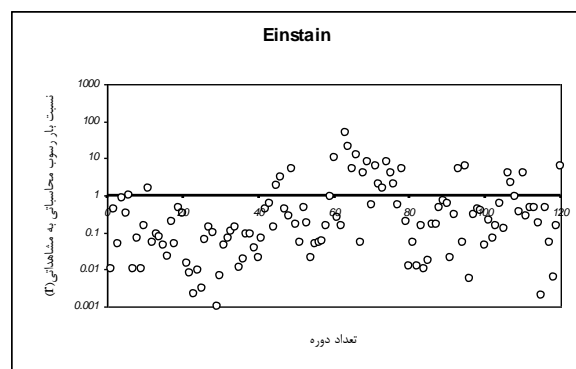
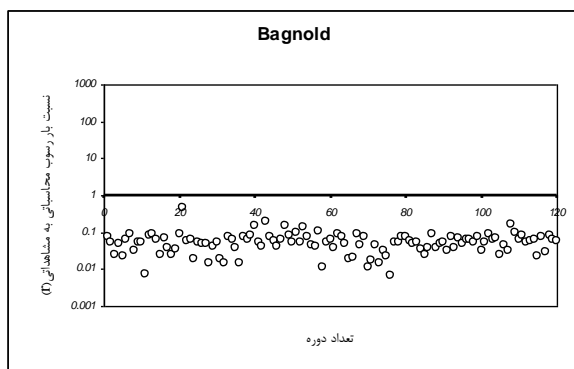
را شامل شده و بار بستر اندازه‌گیری نمی‌گردد. بنابراین بار بستر را در رودخانه‌ها بسته به شرایط رودخانه مورد نظر بین ۵ تا ۲۵ درصد در نظر می‌گیرند [۳]. بدلیل ماهیت پیچیده فرآیند انتقال رسوب و بی‌دقتیهای موجود در پارامترهای اندازه‌گیری شده (خصوصاً در رودخانه‌های طبیعی)، نمی‌توان دبی رسوب را دقیقاً محاسبه کرد و در عرف، تئوریهای انتقال رسوب، روشی که حداقل ۶۰ درصد از تعداد نسبت اختلاف‌های در محدوده ۵۰ تا ۲۰۰ درصد قرار گیرد روش مطلوبی تلقی می‌گردد. همانطور که گفته شد نسبت  $I$ ، نسبت دبی رسوب محاسباتی به مشاهداتی است. هر چه تعداد بیشتری از  $I$  در محدوده ۵۰ تا ۲۰۰ درصد از دبی رسوب مشاهداتی قرار گیرد، برآورد بهتری از بار رسوب انجام شده است.

شده است. شکل (۳) و جدول (۳) نشان می‌دهند که روش انشتین دارای روندی نامشخص و پراکندگی زیاد در برآورد رسوب می‌باشد. می‌دانیم که در صورتی که نقاط رسم شده به موازات خط  $I=1$  پراکنده شده باشند، می‌توان با استفاده از یک ضریب ثابت روش را اصلاح نمود. نمودار روش انشتین نشان می‌دهد که این روش با این روش‌ها قابل اصلاح نمی‌باشد.

به آمار برداشت شده در ایستگاههای مورد نظر، یک برنامه کامپیوتری نوشته شد. در این برنامه با وارد کردن داده‌های سطح مقطع و اشل سطح آب، محیط خیس شده را می‌توان محاسبه نمود. نکته مهم در این بررسی آنست که داده‌های اندازه‌گیری شده دقیقاً منطبق با واقع نبوده و حتماً دارای مقداری خطا هستند. علت این امر را باید در دشواری اندازه‌گیری بار رسوب در رودخانه‌های طبیعی دانست، زیرا بدلیل عدم دسترسی به کل سطح مقطع رودخانه بخصوص در شرایط سیلابی و سایر محدودیتهای اندازه‌گیری، متغیرهای انتقال رسوب را نمی‌توان دقیقاً اندازه‌گیری کرد. از سوی دیگر نمونه برداری از کل جریان در یک دوره زمانی امکان پذیر نبوده و بنابراین تعداد محدودی نمونه برداشت شده و در تعیین غلظت و دبی کل جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً بار رسوب اندازه‌گیری شده فقط بار معلق

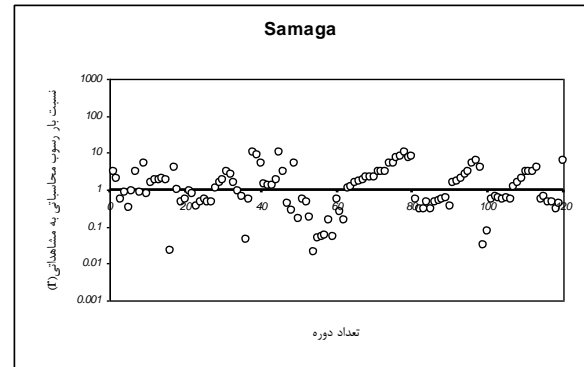
## نتایج و بحث

در این پژوهش نسبت بار رسوبی در برابر تعداد دوره داده‌ها رسم گردید، که در شکل‌های (۳) - (۱۶) آورده شده است. واضح است که هر چه نقاط رسم شده به خط  $I=1$  نزدیک‌تر و در راستای این خط پراکنده باشند، دقت فرمول مربوطه بیشتر است. میانگین و انحراف از معیار نسبت بار رسوبی محاسبه شده در جدول (۳) نشان داده



شکل ۳: روش انیشتین

همچنین شکل (۴) نشان می‌دهد که روش بگنولد در ایستگاههای انتخاب شده، بار رسوب را کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد کرده است. ولی این روش همانگونه که در شکل دیده می‌شود دارای پراکندگی کم

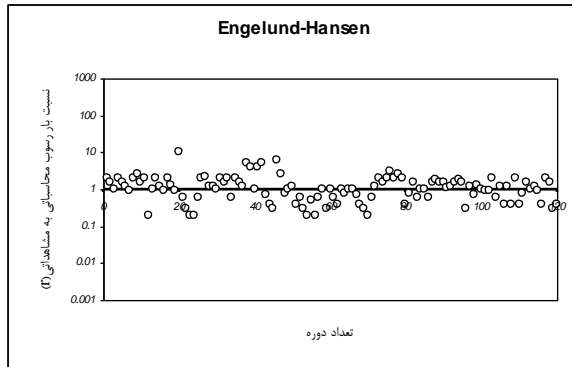


شکل ۵: روش ساماگا

از شکل (۵) و جدول (۳) نیز می‌توان دریافت که روش ساماگا دارای روندی نامشخص و پراکندگی زیاد در برآورد می‌باشد. این روش به علت پراکندگی زیاد، با استفاده از ضریب ثابت نیز اصلاح نمی‌شود. همچنین

شکل ۴: روش بگنولد

می‌باشد، و نقاط رسم شده در نمودار تقریباً به موازات  $I=1$  و حول  $I=0/1$  می‌باشند که با یک ضریب ۱۰ این روش نتایج خوبی به دست می‌دهد (بدین معنی که هر عددی که از محاسبه بدست آمد در ۱۰ ضرب شود)، شکل (۱۳).



شکل ۶: روش انگلوند-هانسن

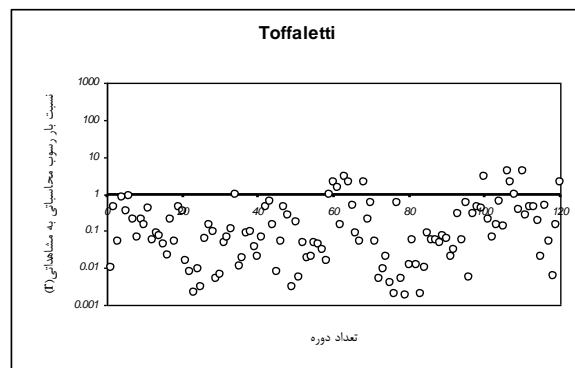
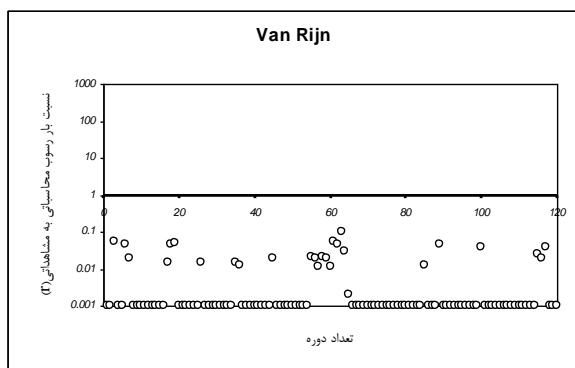
شکل (۶) نشان می‌دهد که روش انگلوند-هانسن برآورد نسبتاً خوبی داشته است و این روش در مقایسه با روش‌های دیگر، پاسخ‌های خیلی خوبی از خود نشان داده است، لذا ضریب اصلاح آن عدد ۱ می‌باشد، شکل (۱۴).

جدول ۳: میانگین و انحراف از معیار نسبت بار رسوبی

نسبت بار رسوبی I		روش
انحراف از معیار	میانگین	
۵/۲۳۸	۱/۶۳۱	انیشتین
۰/۰۴۸	۰/۰۶۰	بگنولد
۱/۲۶۲	۱/۳۵۳	انگلوند و هانسن
۰/۷۴۰	۰/۳۷۵	توفالتی
۱/۸۶۵	۱/۲۸۸	یانگ
۰/۰۱۶	۰/۰۰۸	وان ریجن
۲/۳۰۲	۱/۹۶۱	ساماگا
۱۷/۰۰۵	۱۷/۷۴۰	وایف
۵/۲۹۸	۶/۱۷۳	بگ
۲۶۴/۵۲۱	۲۴۱/۶۵۵	فاضل

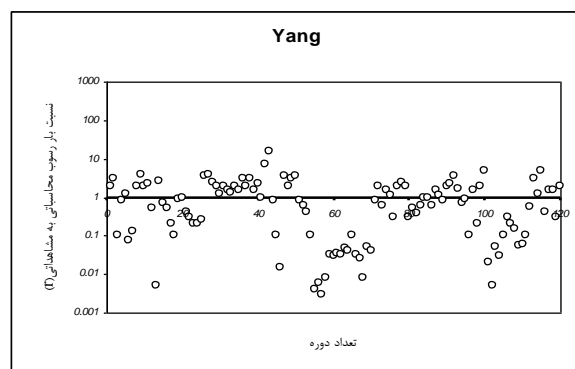
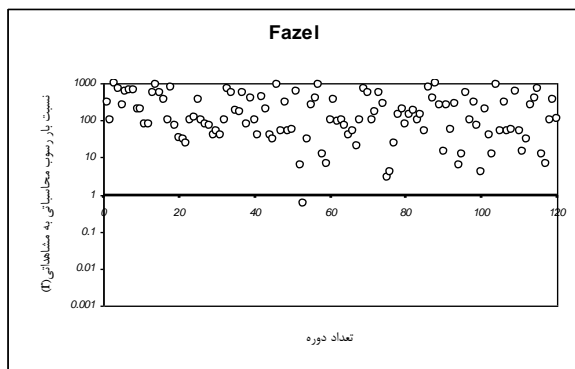
روش‌ها در روند برآورد رسوب دارای پراکندگی زیاد بوده و قابلیت اصلاح با ضریب ثابت را ندارند. بنابراین، استفاده از این روشها توصیه نمی‌گردد.

شکل‌های (۷)، (۸)، (۹)، (۱۰) و جدول (۳) همچنین نشان می‌دهند که روش‌های توفالتی، وان ریجن، یانگ و فاضل نتایج خوبی نداشته‌اند و تقریباً در تمام شرایط این



شکل ۸: روش وان ریجن

شکل ۷: روش توفالتی

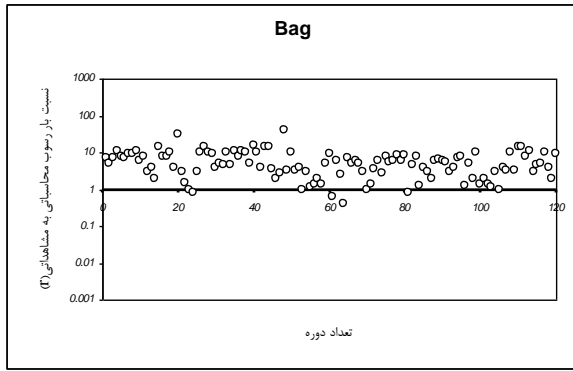


شکل ۱۰: روش فاضل

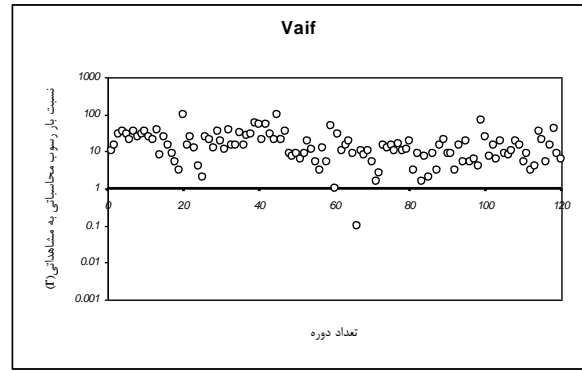
شکل ۹: روش یانگ

شده‌اند. بنابراین، این روش با اعمال ضریب  $0/1$  نتایج خوبی را نشان می‌دهد، شکل (۱۶). جدول (۴) خلاصه نتایج حاصل از اعمال ضرایب اصلاحی در روابط برآورد رسوب را نشان می‌دهد.

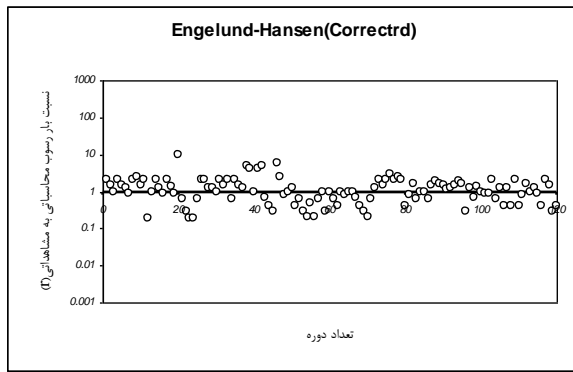
از شکل (۱۱) و جدول (۳) می‌توان دریافت روش وایف درای روند برآورد رسوب نسبتاً مناسبی بوده و با بکار بردن ضریب ثابت  $0/1$  قابل اصلاح می‌باشد، شکل (۱۵). همچنین شکل (۱۲) و جدول (۳) نشان می‌دهند که در روش بگ، داده‌ها به موازات خط  $I=1$  پراکنده



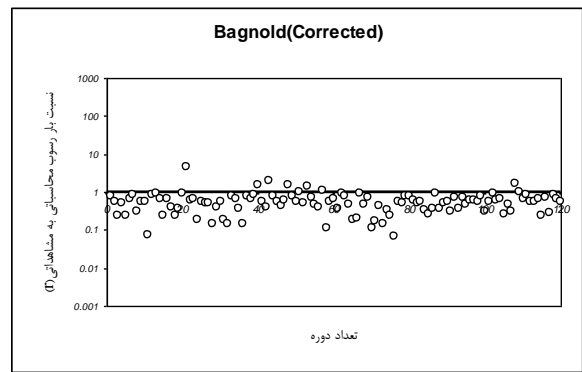
شکل ۱۲: روش بگ



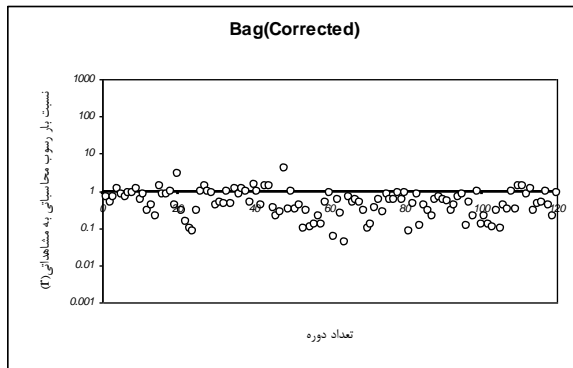
شکل ۱۱: روش وایف



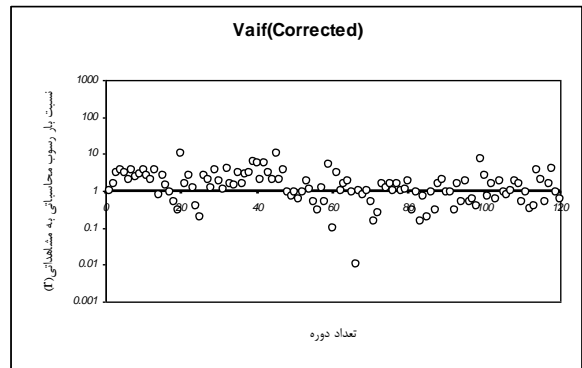
شکل ۱۴: روش انگلوند-هانسن اصلاح شده



شکل ۱۳: روش بگنولد اصلاح شده



شکل ۱۶: روش بگ اصلاح شده



شکل ۱۵: روش وایف اصلاح شده



جدول ۴: خلاصه نتایج حاصل از اعمال ضرایب اصلاحی در روابط برآورد رسوب

نسبت بار رسوبی <sup>۲</sup>		روش
انحراف از معیار	میانگین	
۰/۴۷۷	۰/۶۰۲	بگنولد با ضریب ۱۰
۱/۲۶۲	۱/۳۵۳	انگلوند و هانسن با ضریب ۱
۱/۷۰۱	۱/۷۷۴	وایف با ضریب ۰/۱
۰/۵۳۰	۰/۶۱۷	بگ با ضریب ۰/۱

### نتیجه گیری

- بنابراین با توجه به توضیحات فوق و شکل‌های رسم شده می‌توان گفت:
- روش انگلوند- هانسن بدون بکار بردن ضرایب پاسخ‌های نسبتاً خوبی را از خود نشان داده است.
  - با توجه به پراکندگی موجود در شکل‌ها می‌توان نتیجه گرفت که روش‌های مبتنی بر انرژی تبادل جریانی، با اصلاحاتی برای رودخانه کارون مناسب‌ترند.

### مراجع

- Ab Ghani, a., S. Ahmad, M. S., and Zakaria, N, A.(2003). "Flood risk mapping for Pari River incorporating sediment transport. " J. Hydraul. Res., 18(2), 119-130.
- Ackers, P. and W. R. White(1973). "Sediment transport: new approach and analysis. "Hydraulic Eng.99(11):2041-2060
- Ariffan, J., Ab. Ghani, A., Zakaria, N. A., and Yahya, A S. (2002). "Evaluation of equations on total Bed Material Load. " Proc., Int. Conf. on Urban Hydrology for the 21<sup>st</sup> Century, Kuala Lumpur, Malaysia, 321-32.
- Bagnold, R. A. (1966). "An approach to the sediment transport problem from general physics. " US Geological Survey Professional Paper. 422-J.
- Chih Ted Yang(1996). "Sediment transport. theory and practice."New York:McGraw Hill Companies,Inc..
- Einstein, H. A. (1942). "Formulae for the transportation of bed load. " J. Hydraul. Eng., 107(6), 797-804.
- Engelund, F. and J. Frdsoe (1976). "A sediment transport model for straight alluvial channels. " Nordic Hydrology (7), 293-306.
- Graf, W.H. (1971). "Hydraulic of sediment transport. " New York:McGraw Hill Companies,Inc.
- Karim, F.(1998). "Bed material discharge prediction for nonuniform bed sediments." J. Hydraul. Eng., 124(6), 597-604.
- Molinas, A., and Wu, B.(2001). "Transport of sediment in large sand-bed rivers. " J. Hydraul. Res., 39(2), 135-146.

- Nagy, H. M., Watanabe, K., and Hirano, M. (2002). "Prediction of sediment load concentration in river using artificial neural network model." J. Hydraul. Eng., 128(6), 588-595.
- S. K. Sinnakaudan (2006). "Multiple linear regression model for total bed material load prediction." J. Hydraul. Eng., 521-528.
- U.S. Geological Survey (USGS). (2003b). "Water resources internet site." <http://water.usgs.gov/>
- Van Rijn, L. C. (1984). "Sediment transport. Part II: Suspended load transport." J. Hydraul. Eng., 110(11), 1613-1641.

## **Generalization of a Sediment Transport Formula Incorporating River Hydraulic Conditions: A Case Study of Mollasani-Farsiat Reach, Greater Karun River**

Mohammad Nasr Esfahani<sup>1</sup>, Hasan Torabi Poudeh<sup>1</sup>

1-Expert of Khuzestan Water and Power Authority

### **Abstract**

Estimation of the sediment loads in a stream flow is one of the well-discussed topics in the sediment hydraulics literature. In almost the entire river engineering projects addressing issues such as river morphology, river bed changes, estimation of the annual sediment deposition at the river intakes, banks protection, dredging of the water channels, etc are of prime importance. The amount of sediment transported through a river cross-section may be under a mix of various influences from flow depths and widths, energy slope, temperature and fluid characteristics, flow turbulence and a wide range of their sizes, forms, densities, sediment particle concentrations, and other physical and hydraulic properties. The variety of formulae applied in sediment transport and estimation calculations also the paucity of information and data on the performance of such formulae makes the selection of the suitable ones for different specific conditions an extremely difficult task. Any choice in this regard should incorporate the evaluation and analysis of river hydraulics. In the present paper, several sediment estimation formulae examined for Greater Karun River along Mollasani-Farsiat reach with the purpose of proposing the best sediment transport relation to be applied in later researches. Results showed flow-based energy-based methods are better suited for the Karoon River.

**Keywords:** *River, Sediment load ration, Sediment discharge, Hydraulics*