

# نوزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران

19th Iranian Hydraulic Association



## بررسی تأثیر روش های مختلف تعیین آستانه حرکت رسوبات در مدل های مختلف بر آورد بار بستر با استفاده از نرم افزار STE



امیر احمد دهقانی  
دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه  
علوم کشاورزی و منابع طبیعی  
مرگان



رضایموری  
دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب  
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع  
طبیعی مرگان

### مقدمه

برآورد بار رسوبی در رودخانه ها، یکی از مهمترین قسمت های مطالعات انتقال رسوب و مهندسی رودخانه است. برای محاسبه بار بستر در رودخانه ها، روابط تجربی و نیمه تجربی زیادی توسعه یافته اند که بسته به شرایط هیدرولیکی و مشخصات رسوب در هر رودخانه، ممکن است برخی از این روابط نتایج بهتری ارائه نمایند. یکی از پارامترهایی که در روابط تخمین بار رسوبی وجود دارد میزان تنش برشی و یا سرعت آستانه حرکت رسوبات است. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص تعیین آستانه حرکت رسوبات در کانال های روباز انجام شده است و روابط یا نمودارهایی در این زمینه ارائه شده است. شیلدز اولین شخصی بود که در زمینه روش تنش برشی مطالعات بنیادی انجام داد. استفاده از روابط مختلف تعیین آستانه حرکت رسوبات برای محاسبه آستانه در روابط برآورد بار رسوبی نتایج مختلفی را به همراه خواهد داشت و می تواند باعث افزایش دقت برآورد روش های مختلف در رودخانه ها شود. معادلات انتقال رسوب در بیشتر موارد توسط داده های محدود گردآوری شده در شرایط آزمایشگاهی دقیق بدست آمده اند. به سبب عدم عمومیت فرضیات بکار رفته، سازگاری این معادلات برای شرایط دیگری از جریان غالباً ضعیف می باشد. نتایج حاصل از معادلات مختلف انتقال رسوب، غالباً با یکدیگر و با اندازه گیری ها تفاوت زیادی دارند. با توجه به حجم بالای محاسبات هیدرولیکی، روش های مختلف برآورد بار بستر و وجود روش های متعدد برای تعیین آستانه حرکت رسوبات و همچنین وابستگی نتایج به مقدار آستانه، نیاز به بررسی تأثیر روش های مختلف محاسبه آستانه حرکت ذرات در مدل های مختلف برآورد بار رسوبی کاملاً احساس می شود. از این رو در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از ۱۲ روش برای تعیین آستانه حرکت رسوبات، بهترین روش برای برآورد بار بستر در رودخانه زارم رود استان مازندران معرفی شود.

### روش کار

#### نرم افزار STE

با توجه به پیچیدگی های زیاد محاسبات هیدرولیکی و هیدرولیک رسوب و همچنین پارامترهای مختلف مورد نیاز در این محاسبات، تعداد دفعات تکرار این محاسبات برای داده های مختلف رسوبی در ایستگاه ها و رودخانه های مختلف و از همه مهم تر اهمیت دقت و اجتناب از اشتباهات محاسباتی، نیاز به استفاده از کامپیوتر و برنامه های کامپیوتری را محسوس تر می کند لذا توسعه نرم افزاری کاربردی و کاربر پسند با هدف راحت تر کردن دسته بندی داده های ورودی، محاسبه پارامترهای اولیه مورد نیاز (مانند شعاع هیدرولیکی جریان، شیب انرژی، اطلاعات دانه بندی و غیره)، محاسبات هیدرولیکی و برآورد بار رسوبی (بستر، معلق و کل) و از همه مهم تر بالا بردن دقت و اجتناب از خطا های محاسباتی همراه با کم کردن زمان مورد نیاز برای محاسبات می باشد. نرم افزار STE (Sediment Transport Estimator) با امکاناتی منحصر به فرد در ورود اطلاعات اولیه و داده های اندازه گیری شده، محاسبه پارامترهای هیدرولیکی رودخانه، محاسبات مربوط به دانه بندی های مختلف رودخانه، طبقه بندی داده ها، انجام محاسبات رسوبی، نتیجه گیری های دقیق از اعداد بدست آمده و افزایش دقت محاسبات در رودخانه مورد مطالعه با ضریب های کالیبراسیون و با قابلیت ارائه رابطه ای جدید، طراحی شده تا ضمن کاهش زمان لازم برای انجام محاسبات و

افزایش دقت به مهندسین کمک کند تا زمان کمتری را صرف محاسبات نموده و بتوانند تمرکز بیشتری در اثبات فرضیه های خود داشته باشند.

برای کسب اطلاعات بیشتر به سایت [www.ste.hwstr.ir](http://www.ste.hwstr.ir) مراجعه کنید.

#### مدل های مورد بررسی

از بین ۵۶ روش هیدرولیکی برآورد بار بستر کد نویسی شده و قابل استفاده در نرم افزار STE، ۳۰ روش از روش هایی که در محاسبات خود از پارامتر آستانه حرکت ذرات استفاده می کنند انتخاب شده اند.

Du Boys (1879)	Dou (1964)	Misri et al (1984)
Donat (1929)	Chang et al (1965)	Layer Properties - Van Rijn (1984)
Shields (1936)	Wilson (1966)	Samaga et al (1986)
Kalinske (1947)	Ashida and Michiue (1972)	Madsen (1991)
MPM (Manning) (1948)	Fernandez Laque and Vanbeek (1976)	Layer Properties - Nielsen (1992)
MPM (Chezy) (1948)	Engelund and Fredsoe (1976)	Patel and Ranga Raju (1996)
Frijlink (1952)	Parker (1979)	Nino and Gracia (1998)
Chien (1954)	Smart and Jaeggi (1983)	Wu et al (2000)
Barekhan (1962)	Van Rijn (SV) (1984)	Wong and Parker (2006)
Yalin (1963)	Van Rijn (MP) (1984)	Lajeunesse et al (2010)

همچنین برای بررسی تأثیر روش های مختلف تعیین آستانه حرکت رسوبات ۱۲ روش مختلف انتخاب شده است.

Schoklitsch (1914)	Shields (1936)	Neill (1968)
Schoklitsch and Krey (1925)	Kurihara (1948)	Brownlie (1981)
Kramer (1935)	Goncharov (1964)	Van Rijn (1984)
USWES (1936)	Leliavsky (1966)	Soulsby and Whitehouse (1997)

#### پارامترهای مورد استفاده برای تعیین دقت روش ها

معیار نسبت ناجوری Discrepancy Ratios

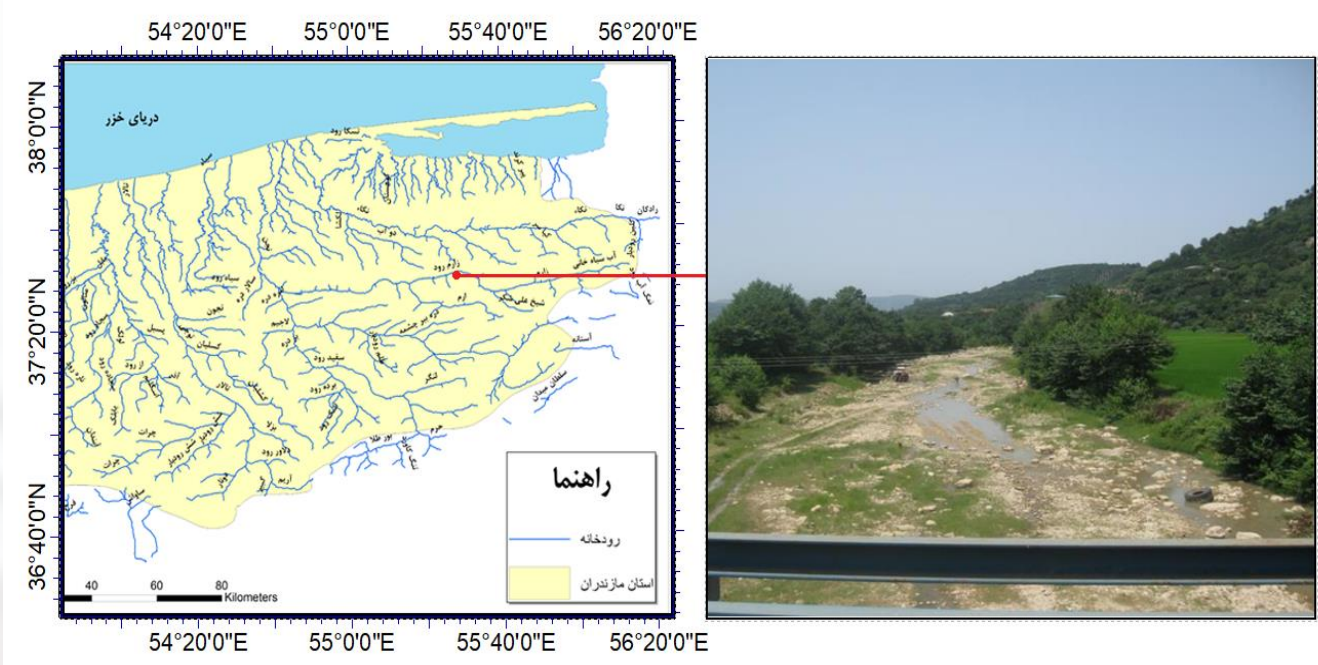
$$\text{دبی بار رسوبی محاسبه شده} \\ \text{دبی بار رسوبی اندازه گیری شده} = \text{معیار نسبت ناجوری}$$

معیار نسبت ناجوری متوسط Mean DR

$$\frac{\text{نسبت های ناجوری}}{\text{تعداد کل داده ها}} = \text{نسبت ناجوری متوسط}$$

#### منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق رودخانه زارم رود با استفاده از ۱۲ داده اندازه گیری شده مورد مطالعه قرار گرفته است. این رودخانه در استان مازندران در ۳۰ کیلومتری جنوب شهر ساری قرار دارد.



### نتایج

پس از تحلیل داده ها توسط نرم افزار STE، ۱۲ داده با استفاده از ۳۰ روش مختلف برآورد بار بستر وارد محاسبات رسوبی شدند. محاسبات برای ۱۲ روش مختلف تعیین آستانه حرکت رسوبات تکرار شد. نتایج نشان داد بهترین روش هیدرولیکی برآورد بار بستر برای رودخانه زارم رود روش ساماگا و همکاران می باشد. در صورتی که پارامتر آستانه حرکت رسوبات با استفاده از رابطه گونچاروف ۱۹۶۴ محاسبه شود رابطه ساماگا و همکاران بیشترین دقت را برای محاسبه بار بستر داشته و قادر است ۴۲ درصد از داده های بار بستر را برای رودخانه زارم رود در بازه نسبت ناجوری نیم تا دو با نسبت ناجوری متوسط ۱.۵ محاسبه کند. در صورتی که اگر پارامتر آستانه حرکت رسوبات با استفاده از رابطه های دیگر محاسبه شود از دقت برآورد روش ساماگا و همکاران کاسته خواهد شد. این حالت برای روش میزری و همکاران هم صدق می کند.

### بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق، دقت برآورد بار رسوب در رودخانه زارم رود، بوسیله ۳۰ معادله از متداول ترین معادلات برآورد بار بستر با استفاده از مدل های مختلف تعیین آستانه حرکت رسوبات به کمک نرم افزار توسعه یافته توسط مولفین STE، ارزیابی گردید. هدف از این تحقیق ارائه ی مناسب ترین معادله برای برآورد بار رسوبی بستر و ارزیابی مدل های مختلف تعیین آستانه حرکت رسوبات در انجام محاسبات رسوبی است. نتایج بدست آمده از ارزیابی این معادلات نشان می دهند که:

۱. معادله های ساماگا و همکاران، میزری و همکاران، پاتل و رانگا راجو، ون راین و وو و همکاران به ترتیب، نتایج مناسب تری نسبت به سایر معادلات ارائه می دهند.
۲. از بین معادلات مختلف برای محاسبه آستانه حرکت رسوبات بهترین آن ها برای برآورد بار بستر در رودخانه زارم رود عبارتند از گونچاروف ۱۹۶۴، نیل ۱۹۶۸، لیاوسکی ۱۹۶۶، شوکلچ و کری ۱۹۲۵ و ... می باشند که با محاسبه پارامتر آستانه حرکت رسوبات با استفاده از دو مدل اول نسبت ناجوری بین نیم تا دو در نتایج معادله های ساماگا و همکاران و میزری و همکاران از ۱۰ تا ۳۰ درصد افزایش خواهد یافت.

### منابع

1. A. Schoklitsch, (1950). *Handbuch des wasserbaues*, Springer-Verlag.
2. V.A. Vanoni, (1964). *Measurements of critical shear stress for entraining fine sediments in a boundary layer*.
3. L.C.v. Rijn, (1984). *Sediment transport, part II: suspended load transport*, Journal of hydraulic engineering, 110(11), 1613-1641.
4. Rahattalab Nakhjiri, H, Golmaee, H, Yusofi, A, Oktatee, R. (2004). *Comparison and choosing the best methods of estimating rivers bed load*, J. Water Soil, 11(3), 133-140.
5. Haddadchi, A, Omid, M.H, Dehghani, A.A. (2011). *Evaluation of Bed Load Discharge Formulas in Alpine Gravel Bed Rivers*, J. Water Soil, 18(3), 149-165.
6. Tahmasbi, M, Dehghani, A.A. (2014). *Evaluating the Accuracy of Conventional Methods For estimating Bed-load Transport Rate Using Field Data*, Iranian Journal of irrigation and Drainage, 8(1), 116-126.
7. Teimourey, R., Dehghani, A. (2019). *Assessment of bed load estimators in rivers of Golestan province by developing applied software (STE)*. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*.
8. Teimourey, R., Dehghani, A. (2020). *Comparison of Different Methods for Estimating Bed Load using developed software of STE (case study: Babolroud River)*. Journal of Water and Soil Conservation, 27(1), 229-236.