



### توسعه یک مدل یک بعدی به سه بعدی برای محاسبه تغییر شکل رودخانه

سید رضا خدائیان<sup>۱</sup>، استاد یار دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد<sup>۲</sup>

تغیر: ۸۷۴۶۱۳۲، شماره: ۱۰۱۱۱، آدرس: ۵۱۱۱۱، اصفهان، Iran: sroodk@hoshenar.ir

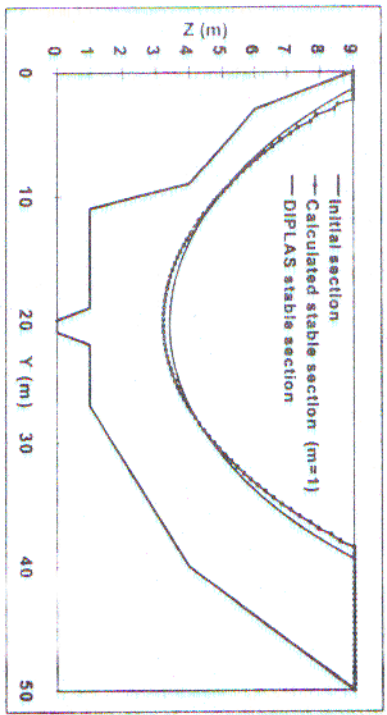
#### چکیده

تغییر تغییر شکل رودخانه‌ها در نقاط مختلف، بخصوص در مکانهایی که تغییراتی نظیر خازنها، امتداد شده‌اند و یا در رودخانه‌هایی که در آنها اختلالاتی می‌شود از اهمیت خاصی برخوردار است. استفاده از مدل‌های تجربی تا حد زیادی می‌تواند روند تغییر شکل رودخانه را هموارتر به بندی نشان دهد، ولی این مدلها هم بر هزینه و هم زمان‌بر می‌باشند. در این مقاله روشی کارسوزی برای تعیین تغییر شکل سه بعدی رودخانه ارائه شده است. تغییر شکل مقطع عرضی، دره‌ها، این عرض‌ها، روش کارسوزی و روش‌های رابطه تنظیم با تیش برشی دارند. محاسبه می‌شود. برای محاسبه توزیع تیش برشی، یک مدل جدید، بنام روش عمودهای به هم پیوسته استفاده می‌شود. نتایج یک مدل یک بعدی که در رسوب فرسایش یافته با روش کارسوزی ششده بین دو مقطع عرضی نتوانی را بدست می‌دهد می‌تواند به استفاده شده و آن حجم مسوزت عرضی از هر مقطع به نسبت تیش برشی هر نقطه توزیع می‌شود که در نهایت تغییر شکل سه بعدی رودخانه به دست می‌آید.

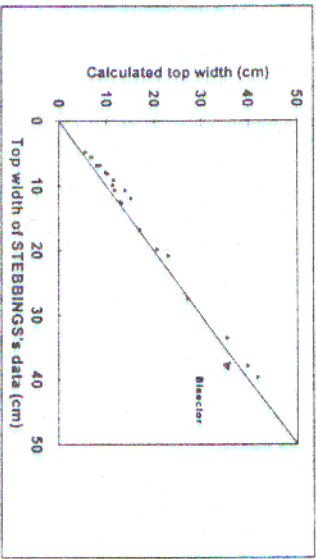
کلیدواژه‌ها: تیش برشی، حمل رسوبات، تغییر شکل رودخانه، مدل یک بعدی.

۱- مقدمه

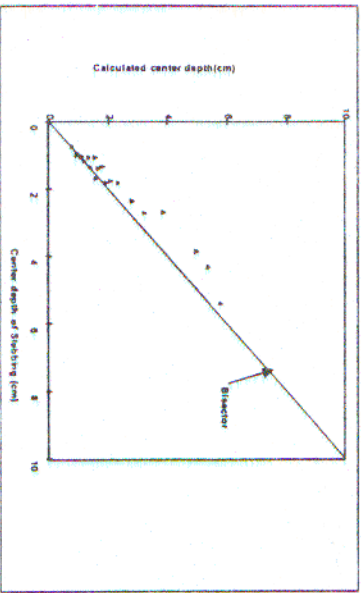
اکثر کدهایی که در دهه‌های گذشته برای محاسبه تغییر شکل رودخانه‌ها توسعه یافته است، نظیر یک بعدی مسائل را بررسی می‌کند. مسلماً مدل‌سازی یک بعدی بقدر کافی کامل نمی‌باشد. برای حل مسائل واقعی نیاز به تحلیل‌های سه بعدی است. کدهای سه بعدی نیز اغلب برای حل مسائل خاص توسعه داده شده‌اند و معمولاً زمان محاسبات آنها قابل توجه می‌باشد. با توجه به اینکه نرم افزارهای سه بعدی نیاز به داده‌های اولیه و مرزی زیادی دارند که اغلب در دسترس نیست و همچنین اطلاعات آزمایشگاهی و صحرایی کافی برای کالیبره کردن آنها موجود نمی‌باشد، کاربرد نرم افزارهای یک بعدی بیشتر ترجیح داده میشود. از طرفی، اطلاعات آزمایشگاهی و صحرایی برای کالیبره کردن مدلها بیشتر در مورد مدل‌های یک بعدی موجود می‌باشد. مدل‌های یک بعدی نیز از این نظر که تغییر شکل رودخانه را



شکل ۱- مقایسه بین کانال پایدار شده توسط مساحت مدل با کانال پایدار بدست آمده از تئوری دیتلر

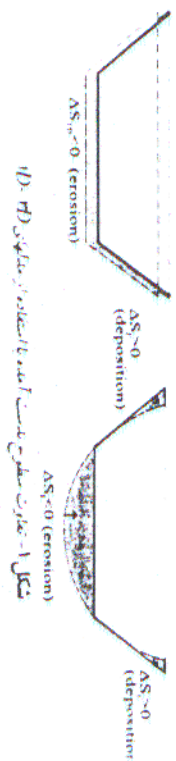


شکل ۲- مقایسه بین عرض سطح آب در کانال پایدار محاسبه شده توسط مدل با مقادیر آزمایشگاهی استیبنگ



شکل ۳- مقایسه بین عمق آب در مرکز کانال پایدار محاسبه شده توسط مدل با مقادیر آزمایشگاهی استیبنگ

هیدرولیک و منابع آن



$$\sum_{AS_{i0} > \Delta S_{iD}} \Delta S_{iD} \Rightarrow C_1 \sum_{AS_{i0} > \Delta S_{iD}} \Delta S_{iD} + \sum_{AS_{i0} < \Delta S_{iD}} \Delta S_{iD} = \Delta S_{iD} \Rightarrow C_1 = \frac{\sum_{AS_{i0} > \Delta S_{iD}} \Delta S_{iD}}{\sum_{AS_{i0} < \Delta S_{iD}} \Delta S_{iD}} \quad (۳)$$

$$SF \quad \Delta S_{iD} \geq 0 \Rightarrow \Delta x_{i, final} = C_1 \times \Delta x_{i, initial}$$

$$SF \quad \Delta S_{iD} < 0 \Rightarrow \Delta x_{i, final} = \Delta x_{i, initial}$$

تبدیل اگر  $\Delta S_{i0} < \Delta S_{iD} < \Delta S_{i0}$

$$\sum_{\Delta S_{iD} \leq \Delta S_{i0}} \Delta S_{iD} \Rightarrow \sum_{\Delta S_{iD} > \Delta S_{i0}} \Delta S_{iD} + C_1 \sum_{\Delta S_{iD} \leq \Delta S_{i0}} \Delta S_{iD} = \Delta S_{iD} \Rightarrow C_1 = \frac{\sum_{\Delta S_{iD} > \Delta S_{i0}} \Delta S_{iD}}{\sum_{\Delta S_{iD} \leq \Delta S_{i0}} \Delta S_{iD}} \quad (۴)$$

$$SF \quad \Delta S_{iD} \geq 0 \Rightarrow \Delta x_{i, final} = \Delta x_{i, initial}$$

$$SF \quad \Delta S_{iD} < 0 \Rightarrow \Delta x_{i, final} = C_1 \times \Delta x_{i, initial}$$

تعیین اعتبار مدل

ی تعیین اعتبار مدل، از مقایسه مقطع عرضی پایدار شده توسط مدل و مدل‌های تئوری ارائه شده توسط محققین در زمینه کانال‌های پایدار استفاده شد. یک کانال فرضی در صورتیکه شرایط هیدرولیکی باشد بدین ترتیب تغییر شکل داده و به مقطع پایدار خود می‌رسد. همانطور که از شکل (۱) ملاحظه شود تغییر شکل یک کانال غیر منظم در زمان‌های مختلف از مدل بدست آمده و در نهایت شکل دار آن با شکل پایدار مدل دیپلاس [۹] مقایسه شده است. این دو مقطع پایدار خیلی به هم نزدیک باشند. شکل (۲) و (۳) مقادیر بدست آمده از رانای داده‌های آزمایشگاهی استیبنگ [۹] مقایسه کند. استیبنگ با بدست آوردن شکل کانال پایدار بهایی در یک کانال مستطیلی در دهی‌های مختلف، پارامتر عمق آب در وسط کانال، عرض سطح آب و سطح خشن شده را اندازه‌گیری کرد. شکل (۳) عرض سطح آب و شکل (۴) عمق آب در مرکز کانال محاسبه شده توسط مدل را با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه می‌کند.

<sup>۱</sup> Driples <sup>\*</sup> Stebbing

نتایج بدست آمده از مدل ۱D در مقطع عرضی بوسیله روش نوسه داده شده در این مقاله توزیع داده می‌شود

نتایج این یک تغییر شکل سه‌بعدی کف حاصل خواهد شد که ۳ بعد شامل بعد طولی در جهت محور رودخانه، بعد عرضی در جهت عرض رودخانه و بعد عمودی در جهت عمود بر کف است.

تغییر تراز کف در نقطه  $(x, y)$  متناسب با دبی رسوب در واحد عرض  $q_x$ ، فرض می‌شود که با توجه به معادله مایر-پیتیر و مولر در نقطه  $x$  بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta Z_{form} = \frac{8A\Omega}{(1-\lambda)\Delta X} \sqrt{gd^3} (s_1 - 1) \left( \tau_1^2 - \tau_2^2 \right)^{1/2} \quad (10)$$

که در آن  $\tau_1$  تنش برشی موزنی می‌باشد در نقطه  $x$  که از روش صورت‌دهای به هم پیوسته [۱] محاسبه می‌شود و  $\tau_2$  تنش برشی بحرانی می‌باشد در نقطه  $x$  که بوسیله معادله ایکل [۷] بدست می‌آید:

$$\tau_{c0} = K \tau_{c0}^* \quad (11)$$

$$K = \frac{-\alpha \tan^2 \phi \cos \theta + (\tan^2 \phi \cos^3 \theta + \alpha^2 \tan^2 \phi \sin^2 \theta - \sin^2 \theta)^{1/2}}{(1 - \alpha \tan \phi) \tan \phi} \quad (12)$$

که در آن  $\tau_{c0}$  تنش برشی بحرانی می‌باشد کف،  $\tau_{c0}^*$  تنش بحرانی بی‌بعد برای دیواره با شیب  $\theta$ ،  $F_b = F_t / F_b$  که  $\alpha = F_t / F_b$  بر تیب نیروی بالابرنده و رانش،  $\phi$  زاویه اصطکاک داخلی رسوبات می‌باشد. در این مقاله  $\alpha = 0.85$ ،  $\phi = 35^\circ$  فرض شده‌اند.

جرم کل رسوباتی که حرکت کرده‌اند باید در مدل ۱D و مدل ۲D مساوی باشد. بنابراین باید بین سطح تغییر شکل محاسبه شده در مدل ۱D و سطح تغییر شکل بدست آمده از مدل ۲D که از مجموع سطحی جزئی بدست می‌آید تعادل برقرار باشد  $\Delta S_{3D} = \Delta S_{1D}$ . سطح فرسایش و رسوبگذاری بصورت جداگانه در نظر گرفته شده و سپس ضرایب متفاوتی برای هر سطح یکبار می‌رود. بنابراین ابتدا  $\Delta S_{3D}$  محاسبه می‌شوند. سپس اگر سطح تغییر شکل در ۱D بزرگتر از سطح تغییر شکل در ۲D باشد  $(\Delta S_{3D} > \Delta S_{1D})$ ، بدین معنی است که رسوبگذاری در مدل ۲D زیاد محاسبه شده و باید سطح رسوبگذاری کاهش یابد. برای آنکه رابطه  $\Delta S_{3D} = \Delta S_{1D}$  برقرار شود، مقادیر رسوبگذاری را در ضریب C (که در زیر آمده است) ضرب می‌کنیم. از طرف دیگر اگر سطح ۲D کوچکتر از سطح تغییر شکل یک‌مندی باشد  $(\Delta S_{3D} < \Delta S_{1D})$  توجه می‌شویم که فرسایش در مدل ۲D بیش از حد محاسبه شده و باید سطح فرسایش کاهش یابد (مکمل ۱).

نقطه بصورت متوسط می‌دهد بر آورد دقیق از مقادیر تغییر شکل در عرض رودخانه نخواهند داد. تحقیق، مدلی ارائه شده است تا با استفاده از نتایج مدل یک‌مندی آنها را بگونه ای در عرض رودخانه توزیع نماید که تخمین مناسبی از مقادیر تغییر شکل عرضی کانال ارائه کرده باشد. در این مدل در یک مقطع در آن واحد هم فرسایش و هم رسوبگذاری داشت. آنچه که در طبیعت نیز اتفاق می‌افتد مثلشماره یک‌مندی نمی‌تواند آرا نشان دهد، چون تغییر شکل محاسبه شده بوسیله مدل یک‌مندی در یک مقطع یک مقدار متوسط است که با فرسایش یا رسوبگذاری می‌باشد. بنابراین هدف اصلی یک مدل یک‌مندی به یک مدل سه‌بعدی (یک مدل ۱D-۳D) می‌باشد. در این مسئله، تنش برشی نقش اساسی را خواهد داشت، چون تغییر شکل مستقیماً به تنش برشی بستگی دارد لذا، در مدل مناسب تعیین توزیع تنش برشی و سپس یک مدل مناسب تعیین تغییر شکل که هر دو توسط مقاله نوسه داده شده‌اند استفاده خواهد شد.

**بیه سازی تغییر شکل یک مقطع عرضی بوسیله یک مدل ۱D-۲D**

گاهی‌بازی زیر برای بیه سازی ریاضی تغییر شکل یک رودخانه طی می‌شود: یک مدل هیدرونیامیک یک بعدی بعنوان پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد این مدل یک بعدی محاسباتی و تعداد داده‌های اولیه و مرزی خیلی کمتری نسبت به مدل‌های چند بعدی نیاز دارد. دلات هیدرونیامیک یک بعدی بوسیله معادله بقای جرم رسوب کامل می‌شود. تغییر شکل یک (۱) تغییر شکل متوسط کف، می‌تواند از معادله زیر برای یک اندازه دانه رسوب و یک مقدار  $Q$  مانینگ محاسبه شود:

$$\Delta S = \frac{8A\Omega Q}{(1-\lambda)\Delta X} \quad (13)$$

در آن  $\Delta X$  طول قطعه رودخانه،  $\Delta L$  فاصله زمانی،  $\lambda$  انحلال،  $Q_x = L \cdot q_x$  دبی رسوب عرضی خانه و  $q_x$  دبی رسوب در واحد عرض که از معادله مایر-پیتیر و مولر محاسبه می‌شود [۱۰]

$$q_x = 8 \sqrt{gd^3} (s_1 - 1) \left( \tau_1^2 - \tau_2^2 \right)^{1/2} \quad (14)$$

به در آن  $\Delta L$  اندازه متوسط رسوبات،  $s_1 = \rho / \rho_s$  چگالی نسبی رسوب،  $g$  شتاب جاذبه،  $K_1 / K_2 = (K_1 / K_2)^{1/2}$  یا پارامتر زبری که در آن  $K_1$  ضریب کل مانینگ-استرکلر و  $K_2$  ضریب گگ استرکلر ذره  $\tau_{c0}$  تنش برشی بی‌بعد و  $\tau_{c0}^*$  تنش برشی بی‌بعد بحرانی می‌باشد.



## مدلسازی رسوب گذاری مخازن سدها در اثر جریان چکانی

بابر اعلی محمدزاد، دانشجوی دکتری مهندسی آب، دانشگاه صنعتی شریف، تهران  
 ابوالفضل شمسایی، استاد دانشگاه عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران  
 \*تماس: ۳۲۱۰۰۰۰، شماره: ۳۲۱۱۸۵۹، پست الکترونیکی: Baryam@mehr.sharif.edu

### چکیده

استفاده وسیع و رایج شدن رسوبات در مخازن سدها از مسائل مهم هیدرولیک سدها بوده و تلاش جهت رسوب زدایی و استفاده بهینه از فضای حجم مخزن سدها، منوط به بریننه های بسیار بالایی می باشد. مشکل رسوب مخازن سدها در مناطق خشک و نیمه خشک که رودخانه ها بطور کلی آلود جریان دارند، مسئله ای جدی است. عمده سببها در زمانهای کوتاه در این رودخانه ها سدها به یزده و جریان باعث فرسایش سطحی و حمل مقدار زیادی مواد جامد می شود. در این صورت آب گل آلود رودخانه بطور قابل ملاحظه ای از آب تمیز مخزن ستمین تر بوده و در ورود به دریاچه سدها در عمق لور زیاده و در زیر آب تمیز صورت لایه ای از جریان چکانی با جریان گل آلود در امتداد کف مخزن حرکت می کند. چون جریان چکانی در کف و در قسمت عمیق دریاچه پیش می رود، سرعت آن کم شده و در طول حرکت، ذرات معلق بتدریج ته نشین شده و رسوبات و غلظت در امتداد حرکت آن می باشد. بدون یک روش عددی، مطالعه مکانیزمهای وابسته به زمان شامل برآیند کشتن بین جریان چکانی و لایه بالایی (انماصل آب محیط به داخل جریان چکانی) و بین جریان چکانی و کف (ته نشینی ذرات رسوب و تخلیق مجدد آن) بسیار مشکل است. در این مقاله، یک مدل عددی دو بعدی حجم محدود (F.V) برای جریانهای گل آلود غیر دائمی در مخازن سدها توسعه داده شده و نتایج این جریانها در رسوب گذاری دریاچه پشت سدها بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که عمق جریان غلیظ پس از ورود به مخزن آلودگی یافته و سرعت آن کم می گردد. کاهش سرعت باعث ته نشینی رسوبات در طول مسیر جریان غلیظ در داخل مخزن می شود. کلید واژه ها: جریان چکانی، جریان گل آلود، رسوب گذاری، مخزن، مدلسازی عددی.

### ۱- مقدمه

روشنی که یک سد بر روی رودخانه ای احداث می شود، رسوبات رودخانه ای در نزدیکی های محل ورود رودخانه به مخزن سدها، بدلیل کاهش شدن از سرعت جریان، ته نشین شده و باعث رسوب گذاری در مخزن سدها می گردد [۱]. به هر حال همه دریاچه ها و مخازن احداث شده بر روی رودخانه های طبیعی در معرض خطر رسوب گذاری هستند. ابیانت رسوبات در مخازن سدها باعث کاهش ظرفیت ذخیره ای آب

### خلاصه و نتیجه گیری

مدلسازی جدید برای محاسبه تغییر شکل سه بعدی رودخانه توسعه داده شد. در این مدل سه بعدی استفاده از روش جدید تعیین نتایج برشی برزی و کاربرد آن در یک مدل تغییر شکل یک بعدی کلاسیک. نتایج مدل تغییر شکل سه بعدی رودخانه بدست آمد. این مدل نتایج واقعی تر نسبت به نتایج یک بعدی رودخانه توسعه یافته. محاسبات بر اساس یک مدل یک بعدی انجام می شود که داده های اولیه و مروری می توانست نتایج مدل یک بعدی در عرض رودخانه بهتری توزیع می شود و در نتیجه یک توسعه بعدی بدست می آید. با مقایسه با روشهای تئوری محاسبه گران بسیار و داده های آزمایشگاهی نیز مدل جدید بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که این مدل نتواند جوابهای قابل قبولی بدهد.

### مراجع

[1] Thomas, W. A. and Pashum, A. I., Mathematical model of scour and deposition, *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 110, No. 11, Nov. 1972, pp. 1613-1641  
 [2] Karm, M. F. and Kennedy, J. F., ALLUVIAL - A computer based flow and sediment routing algorithm streams and its application to the Missouri River, *Lower Institute of Hydraulic Research*, Iowa Report No. 250  
 [3] Holly, F. M. and Rahuel, J. L., New numerical Physical framework for mobile-bed modeling: Part numerical and physical principles, *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 28, No. 4, 1990, pp. 401-414  
 [4] Holly, et al., Numerical simulation of water and sediment movement in multi-connected networks mobile bed, *Proc. of Hydraulics Research*, 1985, Report No. 131  
 [5] Holly, et al., CHARIMA numerical simulation of unsteady water and sediment movements in multi-connected networks of mobile bed channels, *Proc. Institute of Hydraulic Research*, 1990, Report No. 147  
 [6] Bagnold, W. H. and Atkinson, M. S., *Hydraulic Hydraulics*, Tome 2, *Presses Polytechniques Fédérales ROMANDES*, Lausanne, 1996  
 [7] Jirka, S., Incipient motion of sand particles on sand slopes, *Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 108, No. HV1, Jan. 1982, pp. 95-114  
 [8] Deyles, P. and Viglier, G., Hydraulic geometry of threshold channels, *Journal of Hydraulics Engineering*, Vol. 118, No. 4, April 1992, pp. 597-614  
 [9] Scheming, J., The shape of self-formed model alluvial channels, *Proceeding of the Institute of Hydraulics*, London, England, Paper No. 6642, 1963, pp. 488-511

<sup>1</sup> Density Current  
<sup>2</sup> Turbidity Current