

پیش‌بینی روند رسوب‌گذاری در رودخانه قره‌سو با استفاده از مدل GSTARS3

مطلب بایزیدی و نادر کرمی

دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۶۶-۸۰

Vol. 3(1), Spring 2017, 66 - 80

**Predicting Sedimentation Trend in Qareso  
River using GSTARS3 Model**

Byzedi M. and Karami N.



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: بایزیدی م. و کرمی ن. (۱۳۹۶). پیش‌بینی روند رسوب‌گذاری در رودخانه قره‌سو با استفاده از مدل GSTARS3. محیط‌زیست و مهندسی آب، جلد ۳، شماره ۱، صفحات: ۶۶ - ۸۰.

**How to cite this paper:** Byzedi M. and Karami N. (2017). Predicting sedimentation trend in Qareso River using GSTARS3 model. J. Environ. Water Eng., 3(1), 66 – 80.

## پیش‌بینی روند رسوب‌گذاری در رودخانه قره‌سو با استفاده از مدل GSTARS3

مطلب‌بایزیدی\*<sup>۱</sup> و نادر کرمی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهر، ایران

\*نویسنده مسئول: m.byzedi@gmail.com

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۴/۲۵]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۰۶/۱۲]

### چکیده

انجام بررسی‌های پایه منابع آب و برآورد میزان فرسایش و رسوب، اهمیت فراوانی به‌منظور محاسبه و طراحی دقیق حجم مخازن سدها دارد. مدل‌های ریاضی یکی از ابزارهای مهم برای پیش‌بینی مقدار رسوب‌گذاری در بستر رودخانه‌ها و مخازن سد است که بر معادلات حاکم بر پدیده‌های مؤثر در انتقال، توزیع، انباشت و آب‌شستگی رسوب مبتنی می‌باشند. در پژوهش حاضر با استفاده از مدل GSTARS3 رسوب‌گذاری در رودخانه قره‌سو در دشت کرمانشاه پیش‌بینی گردید. بدین منظور قطعه‌ای به طول ۱۸ کیلومتر مشتمل بر ۶۰ مقطع عرضی به‌عنوان بازه مطالعاتی انتخاب و ۷ مدل ریاضی موجود در GSTARS3 برای بازه مذکور بررسی گردید. در مقاطع مختلف با استفاده از روش ال‌ک و روش هیدرومتری منحنی دانه‌بندی رسوبات تهیه گردید. نتایج نشان داد مدل یانگ از عملکرد بهتری در پیش‌بینی پروفیل‌های طولی و عرضی برخوردار است. از این‌رو در رودخانه قره‌سو با استفاده از بهترین مدل برای ۱۰ سال بعد، میزان رسوبات انتقال‌یافته حدود ۳۲۹۵۳۶ تن برآورد شد. همچنین نتایج نشان داد مدل GSTARS3 با توجه به مقدار ضریب همبستگی ۰/۸۵ بین پروفیل طولی بستر اولیه با پروفیل طولی محاسبه‌شده، تطابق خوبی برای بررسی روند رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها دارد. از این‌رو از این مدل می‌توان برای مطالعه مکانیسم رسوب‌گذاری در سایر رودخانه‌های کشور نیز استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: پروفیل رودخانه، رسوب، مقطع عرضی، رابطه یانگ

## ۱- مقدمه

یکی از موضوعات مهم در مهندسی منابع آب، بهینه کردن منابع و کمینه کردن خسارات ناشی از جریان در رودخانه‌ها است. این کار با شناسایی، رفتارسنجی و تحلیل سیستم مورفولوژی رودخانه‌ها در گذر زمان میسر می‌گردد. کنترل و به حداقل رساندن خسارات وارده ناشی از سیلاب، رسوب‌گذاری و فرسایش در آبراهه‌ها، اراضی کشاورزی، تأسیسات و بناهای آبی مستلزم این است که فرایند حرکت جریان، فرسایش بستر، انتقال مواد جامد و ته‌نشینی مواد رسوبی به‌طور کامل مورد مطالعه قرار گیرد. امروزه محدودیت داده‌های هیدرولیکی اندازه‌گیری شده از یک سو و توسعه روش‌های عددی از سوی دیگر، شبیه‌سازی ریاضی رفتار جریان، ظرفیت حمل رسوب و روند رسوب‌گذاری و فرسایش را امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر کرده است. به همین دلیل مدل‌های ریاضی مختلفی برای پیش‌بینی مقدار و نحوه رسوب‌گذاری در بستر رودخانه‌ها ارائه شده‌اند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل‌های HEC-6، Fluvial12، GSTARS3.0 و SSIIM اشاره کرد (Pirmohamadiani 2015). در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های عددی در مطالعات هیدرولوژیکی مورد توجه محققین قرار گرفته است. Gill (1983) در پژوهشی معادله خطی پخشی رسوب‌گذاری و فرسایش را با سری فوریه و روش‌های تابع خطا مورد تجزیه و تحلیل قرارداد. Chang et al. (1996) مکانیسم توزیع رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها و مخازن سدها را با مدل Fluvial12 مورد ارزیابی قراردادند. De Cesare et al. (2001) با استفاده از یک مدل آزمایشگاهی و حل عددی جریان، تأثیرات آب گل‌آلود در روند رسوب‌گذاری در مخزن لوزان در آلپ سوئیس را مورد مطالعه قراردادند. مدل کامپیوتری Gstars، مدل تعمیم‌یافته لوله جریان برای شبیه‌سازی رودخانه‌های آبرفتی است. این مدل ابتدا توسط Yang and Molians (1998) جهت شبیه‌سازی شرایط جریان به روش شبه دوبعدی و شبیه‌سازی تغییر هندسی مقطع کانال به روش سه‌بعدی، ابداع و با عنوان GSTARS2.0 ارائه گردید. این نسخه از مدل نیز توسط Simoes and Yang (2002) بهبود یافت و با نام GSTARS2.1 برای شبیه‌سازی جریان و رسوب‌گذاری در رودخانه‌های آبرفتی بزرگ ارائه گردید. قابل ذکر است که GSTARS3 مدل تعمیم‌یافته انتقال رسوب برای شبیه‌سازی رودخانه‌های آبرفتی است. آخرین نسخه (نسخه ۳) از سری مدل‌های عددی برای شبیه‌سازی انتقال جریان آب و رسوب در رودخانه‌های آبرفتی است که در گروه هیدرولیک رودخانه و رسوب‌گذاری مرکز خدمات فنی USBR، تهیه شد. مدل مذکور توسط Essyad and Cellino (2002) به منظور تعیین فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه درنس که یکی از سرشاخه‌های رودخانه رون در کشور سوئیس است، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که رسوبات اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده به وسیله مدل هم‌خوانی خوبی دارد. Zahiri et al. (2008) روند فرسایش و رسوب‌گذاری رودخانه کارون را در محدوده شهری اهواز با مدل GSTARS پیش‌بینی نمودند و نتایج رضایت بخشی از مدل GSTARS به دست آمد. Mesbahi et al. (2007) وضعیت فرسایش‌پذیری و جابجایی رودخانه کارون در یک بازه ۳۰ ساله، مشکلات خاص مورفولوژیکی رودخانه در محل ورود به دشت، تحلیل جزایر رسوبی و تعامل بهره‌برداری از مصالح رودخانه‌ای و پارامترهای ریخت‌شناسی را از چهار روش مختلف بررسی کردند. Sadeqzadeh et al. (2008) جهت بررسی تأثیر رهاسازی رسوبات سدهای مخزنی بر مورفولوژی رودخانه سفیدرود در پایین‌دست مدل GSTARS3 را به کار بردند. همچنین در پژوهشی دیگر در سال ۱۳۸۷ آن‌ها به ارزیابی مدل GSTARS در شبیه‌سازی و نحوه رسوب‌گذاری در مخزن سد کارده پرداختند و بر اساس آن عمر مفید سد را پیش‌بینی نمودند. طبق محاسبات عمر مفید سد کارده ۴۰ سال خواهد بود و پس از این مدت ۷۰ درصد مخزن سد از رسوبات انباشته خواهد شد.

Hasanzadeh et al. (2008) در پژوهشی با استفاده از مدل GSTARS به بررسی نحوه رسوب‌گذاری و رسوبات وارده به مخزن سد علویان پرداختند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که رسوبات درشت‌دانه با تشکیل دلتا در بالادست ورودی مخزن سد در مصب رودخانه ته‌نشین می‌شوند و مواد ریزدانه نیز با تشکیل جریان غلیظ در مجاورت بستر و تا ناحیه پایین‌دست که مقطع رودخانه عریض می‌شود، جریان یافته و ته‌نشین می‌گردد. Bakhshalipoor (2011) در پژوهشی از مدل GSTARS جهت ارزیابی مقایسه‌ای نحوه رسوب‌گذاری در مخازن سد کرخه پرداخت. نتایج حاصله نشان داد الگوی رسوب رودخانه و وضعیت مورفولوژی کی، در حدفاصل ایستگاه پای پل تا حمیدیه دچار تغییرات شده است. همچنین تغییرات عرضی در طول مسیر رودخانه

کرخه یکسان نبوده است. (Mohamadi et al. (2016 جهت بررسی تغییرات رسوب‌گذاری و فرسایش رودخانه قره‌سو در بازه ورودی به شهر کرمانشاه با و بدون در نظر گرفتن پیچان‌رودهای موجود در مسیر رودخانه از مدل GSTARS3 استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در بازه مطالعاتی با در نظر گرفتن پیچان‌رودهای مسیر و به‌علت تأثیر جریان‌های ثانویه پروفیل‌های طولی و عرضی بستر دارای تغییرات قابل‌توجهی نسبت به حالت مسیر مستقیم است. (Gholami et al. (2015 در بخشی از رودخانه گاو رود با استفاده از مدل ریاضی GSTARS3، انتقال رسوب را شبیه‌سازی نموده و رسوبات سالیانه در حدود ۶۲۰ هزار مترمکعب برآورد گردید. مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با مقادیر مشاهداتی نشان داد که تابع انتقال رسوب (Yang 1979) بهترین معادله برای شبیه‌سازی انتقال رسوب می‌باشد و با شرایط رودخانه تطابق بیشتری دارد. همچنین مدل نسبت به تغییر تابع انتقال رسوب دارای بالاترین میزان حساسیت بود. هدف از این پژوهش انتخاب بهترین معادله انتقال رسوب و ضریب زبری برای برآورد میزان فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه قره‌سو و مقایسه مقادیر مشاهداتی با نتایج شبیه‌سازی مدل GSTARS3 می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

از نظر موقعیت مکانی، دشت کرمانشاه، در میانه ضلع غربی کشور، در استان کرمانشاه واقع شده است. این دشت با وسعتی در حدود ۱۲۳۵/۵ کیلومترمربع بین ۳۴°۸'۲۲" تا ۳۴°۳۳'۵۲" عرض شمالی و ۴۶°۲'۵۴" تا ۴۷°۱'۳۱" طول شرقی واقع شده و قسمت عمده‌ای از حوزه آبریز قره‌سو را تشکیل می‌دهد. موقعیت دشت کرمانشاه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت دشت کرمانشاه مورد مطالعه

### ۲-۲- معادله پیوستگی رسوب

در مدل GSTARS3، محاسبات روندیابی بر پایه اصل بقای جرم رسوب می‌باشد. در جریان غیردائمی یک‌بعدی، معادله پیوستگی رسوب به صورت رابطه (۱) بیان می‌شود:

$$\frac{\partial Q_s}{\partial x} + \eta \frac{\partial A_d}{\partial t} + \frac{\partial A_s}{\partial t} - q_{lat} = 0 \quad (1)$$

که در آن  $\eta$  حجم رسوب در واحد حجم لایه بستر،  $A_d$  حجم رسوب بستر در واحد طول،  $A_s$  حجم رسوب معلق در مقطع عرضی در واحد طول،  $Q_s$  دبی حجمی رسوب و  $q_{lat}$  جریان رسوب جانبی می‌باشد. اگر فرض گردد که تغییر غلظت رسوب معلق در یک مقطع عرضی بسیار کوچک از تغییر بار بستر رودخانه طبق رابطه (۲) می‌باشد:

$$\frac{\partial A_s}{\partial t} \ll \left\langle \eta \frac{\partial A_d}{\partial t} \right\rangle \quad (۲)$$

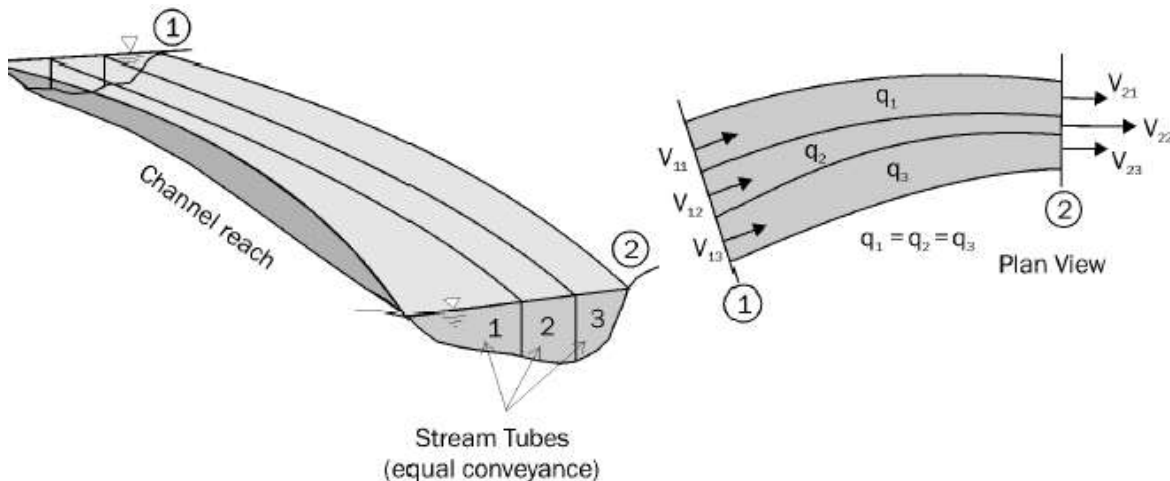
همچنین در طی یک گام زمانی، پارامترهای تابع انتقال رسوب برای مقطع عرضی ثابت باقی بمانند، طبق رابطه (۳):

$$\frac{\partial Q_s}{\partial t} = 0 \quad \text{یا} \quad \frac{\partial Q_s}{\partial x} = \frac{dQ_s}{dx} \quad (۳)$$

آنگاه معادله پیوستگی رسوب به صورت رابطه (۴) تبدیل می‌گردد:

$$\eta \frac{\partial A_d}{\partial t} + \frac{dQ_s}{dx} = q_{lat} \quad (۴)$$

در مدل GSTARS3، رابطه (۴) معادله حاکم برای روندیابی رسوبات در رودخانه‌ها و آبراهه‌ها می‌باشد. گفتنی است که فرضیات فوق زمانی قابل اعمال است که تغییرات جزئی در هندسه مقطع عرضی وجود داشته باشد، یعنی فرسایش و رسوب‌گذاری قابل توجهی در هر گام زمانی رخ ندهد که این فرض امکان مجزا نمودن محاسبات روندیابی جریان آب و رسوب را فراهم می‌آورد. در عمل، این شرایط را فقط می‌توان با انتخاب گام زمانی به اندازه کافی کوچک، ایجاد نمود. در مدل GSTARS3، ابتدا نیمرخ‌های سطح آب محاسبه شده سپس مقاطع عرضی به چند مقطع با دبی مساوی مطابق شکل (۲) تقسیم می‌گردند. این مقاطع که دارای دبی‌های مساوی می‌باشند، به عنوان لوله‌های جریان فرض می‌گردند. بنابراین لوله‌های جریان، مانند کانال‌های یک‌بعدی معمولی با مشخصات هیدرولیکی معین می‌باشند و روندیابی رسوب درون هر لوله جریان، تقریباً مثل کانال‌های مستقل از هم انجام می‌گیرد. ضمن این که حداکثر تعداد لوله جریان در برنامه GSTARS3 پنج عدد می‌باشد.



ب - نمای سه‌بعدی

الف - پلان

شکل ۲- نمایش شماتیک مفهوم لوله‌های جریان مورد استفاده در مدل GSTARS3 - الف - پلان و ب - نمای سه‌بعدی (Molinas and Yang 1998)

## ۲-۳- نحوه مدل‌سازی

برای انجام این پژوهش نخست عوامل تأثیرگذار فرسایش و رسوب‌گذاری منطقه شناسایی و تعیین شد. از این رو ابتدا مرز منطقه مورد مطالعه به طور دقیق بررسی و بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کرمانشاه شیت NV ۵۴۵۸ تعیین گردید (Iranian Water Resource Management Company 1996, 1997, 2003). در این بررسی قطعه‌ای به طول ۱۸ کیلومتر مشتمل بر ۶۰ مقطع عرضی به عنوان طول مطالعاتی انتخاب و سپس در مرحله بعدی با عملیات میدانی دانه‌بندی بستر برای هفت مقطع

عرضی که به صورت تصادفی انتخاب و نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافته آزمایش‌های دانه‌بندی رسوبات بر روی آن‌ها اعمال گردد و به کمک دستگاه GPS تهیه مقاطع عرضی تعیین شد. در دنباله کار نمونه‌های که دانه ریزتر بودند با استفاده از روش هیدرومتری تجزیه و تحلیل گردید و به کمک نرم‌افزار Excel نمودار هر یک از هفت نمونه برداشت شده ترسیم گردید. در ادامه برای اجرا کردن مدل، اطلاعاتی که درباره رسوبات مقاطع مورد نظر به دست آمده بود را وارد مدل ریاضی GSTARS.3 گردید.

## ۲-۴-۲- آماده‌سازی اطلاعات ورودی به مدل

مدل GSTARS3 ابتدا محاسبات پروفیل سطح آب و سپس محاسبات مربوط به روندیابی رسوب را آنالیز می‌کند. بنابراین استفاده از این مدل ریاضی اطلاعات ورودی در سه بخش اطلاعات هیدرولیکی، اطلاعات رسوب و کنترل خروجی تقسیم و با فرمت متنی (.txt) به مدل داده می‌شود.

### ۲-۴-۲-۱- اطلاعات هیدرولیکی

برای انجام مدل‌سازی به وسیله GSTARS3، گام نخست تعریف مشخصات هندسی (ژئومتری) برای مدل می‌باشد. داده‌های هیدرولیکی شامل اطلاعات ژئومتری، ضرایب زبری و ضرایب افت و داده‌های دبی-اشل می‌باشد. داده‌های ورودی با علائم اختصاری RH, ND, XS, ST به مدل معرفی می‌شوند. در فایل ST فاصله مقطع از پایین دست، تعداد نقاطی که برای مشخص کردن مقطع بکار می‌رود و ضریب افت انرژی قرار گرفته و محل مقطع کنترل نیز در این ارزش تعیین می‌شود فایل XS شامل مختصات افقی و عمودی نقاط تشکیل دهنده مقطع در فایل ND شامل تعداد زیر کانال‌های در نظر گرفته شده برای هر مقطع عرضی بوده و در فایل RH ضریب زبری مانینگ به مدل معرفی می‌شود. هر مقطع عرضی را به وسیله مجموعه‌ای از نقاط (تراز بستر و موقعیت مقطع عرضی) به چندین بخش تقسیم گردد. هر مقطع عرضی باید گویای جریان بوده و تمام اتفاقات از ساحل به ساحل را در برگیرد، بنابراین تا جایی که می‌توان باید ساحل کانال‌ها را تحت پوشش قرارداد. الگوریتم بکار گرفته شده در GSTARS3 به صورتی است که وقتی تعداد نقاط داده شده بیشتر باشد، نتایج بهتری را ارائه خواهد داد. تعریف تعداد نقاط بیشتر به GSTARS3 این امکان را فراهم می‌کند که تغییرات مورفولوژی را برای متغیرهای فرسایش و رسوب‌گذاری در محیط خیس شده بهتر بکار برد.

### ۲-۴-۲-۲- داده‌های دبی-اشل

هیدروگراف دبی جریان و داده‌های دبی-اشل برای تعیین شرایط مرزی بالادست و پایین دست در فایل SQ برای هر گام زمانی، به مدل معرفی می‌شود.

### ۲-۴-۲-۳- داده‌های رسوب

داده‌های مربوط به این بخش شامل رسوب ورودی، دما، درجه‌بندی رسوب و پارامترهای مربوط به انتقال رسوب چسبیده می‌باشد. این داده‌ها مربوط به بخش رسوب در فایل‌های CH, CS, SD, SF, SG, TM, SE, QR به مدل معرفی می‌شود. فایل SE معادله مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت انتقال رسوب را انتخاب می‌کند. در GSTARS3، ظرفیت‌های انتقال رسوب را می‌توان با هر یک از روش‌های موجود در جدول (۱) تخمین زد. در فایل TM دمای آب در هر گام زمانی به مدل معرفی می‌شود. در این پژوهش با توجه به نتایج دانه‌بندی رودخانه قره‌سو مشخص گردید که دارای بستر ماسه‌ای بوده در نتیجه از ۱۴ رابطه انتقال رسوب در مدل GSTARS 3.0 فقط ۷ رابطه (دوبوی، لارسن، لارسن اصلاح شده، آشیدا و میچیو، انگلوند وهانسن، یانگ، یانگ اصلاح شده) در مورد این رودخانه قابل استفاده می‌باشد. برای کالیبره کردن مدل و انتخاب بهترین رابطه باید تعدادی از مقاطع عرضی در محل

ایستگاه‌ها برداشت شود و با نتایج حاصل از هر یک از روابط مقایسه و بهترین رابطه را انتخاب نمود. با توجه به پرآب بودن رودخانه و شدت جریان رودخانه امکان مقطع برداری از رودخانه بعد از بازه زمانی ۱۰ سال وجود نداشت.

جدول ۱- معادلات انتقال رسوب بکارگرفته شده در GSTARS3

ردیف	رابطه	ردیف	رابطه
۱	میر-پیتر و مولر (۱۹۸۴)	۸	پارکر (۱۹۹۰)
۲	لارسن (۱۹۸۵)	۹	آشیدا و میچیو (۱۹۷۲)
۳	توفالتی (۱۹۶۹)	۱۰	اصلاح‌شده ایکرز-وایت (۱۹۹۰)
۴	انگلوند وهانسن (۱۹۷۲)	۱۱	دویوی (۱۸۷۹)
۵	ایکرز-وایت (۱۹۷۳)	۱۲	اصلاح‌شده لارسن (۱۹۹۳)
۶	انتقال ذرات ماسه وایت (۱۹۷۳)	۱۳	اصلاح‌شده یانگ برای انتقال ذرات شن با غلظت بالای بار شسته (۱۹۹۶)
۷	انتقال ذرات ماسه وایت (۱۹۷۹) انتقال ذرات شن یانگ (۱۹۸۴)	۱۴	معادله دانشگاه تسینگ هوا برای رسوبشویی مخزن (۱۹۸۶)

### ۳- نتایج و بحث

همانطور که پیش‌تر بیان گردید برای محاسبه میزان انتقال رسوب با مدل ریاضی GSTARS3.0 ابتدا اطلاعات ورودی را در سه بخش بایستی آماده که نتایج آن‌ها به‌صورت زیر می‌باشد.

#### ۳-۱- اطلاعات ژئومتری

در این بررسی قطعه‌ای به طول ۱۸ کیلومتر مشتمل بر ۶۰ مقطع عرضی به‌عنوان طول مطالعاتی انتخاب گردید. نیمرخ عرضی هر مقطع برحسب فاصله از نقطه‌ای مبنا در ساحل چپ و کد ارتفاعی بستر و موقعیت آن برحسب فاصله از پایین‌دست‌ترین مقطع به مدل معرفی شد.

#### ۳-۲- اطلاعات هیدرولیکی

دبی روزانه به مدت ۱۰ سال از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۸۷ به‌عنوان شرط مرزی بالادست و رابطه دبی-اشل استخراج‌شده بر اساس شیب متوسط بازه (۰/۰۰۰۱۷) مطابق رابطه (۵) به‌عنوان شرط مرزی پائین‌دست در نظر گرفته شد. بر اساس مطالعات قبلی انجام‌شده ضریب زبری برای تمام مقاطع و سواحل چپ و راست هر مقطع به مدل معرفی شده است.

$$H = 2.2Q^{0.254} + 1291.21 \quad (5)$$

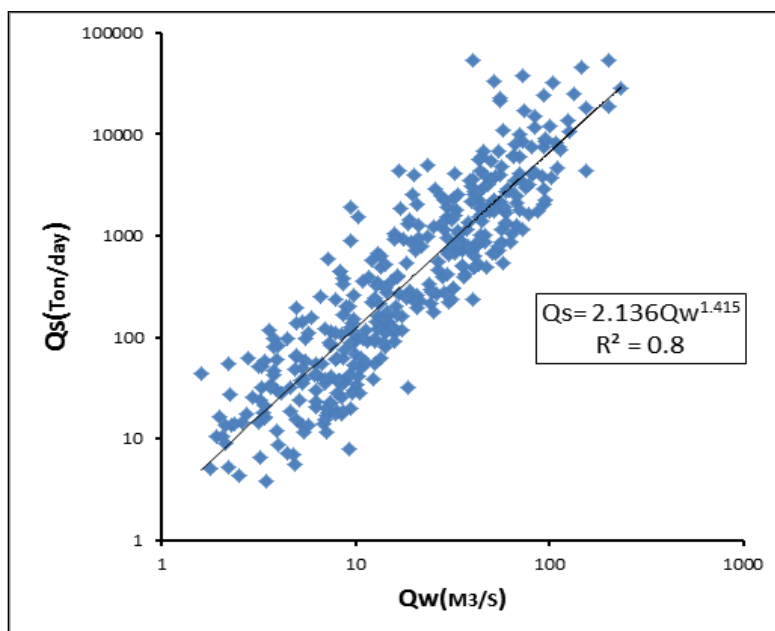
که در آن Q دبی برحسب مترمکعب بر ثانیه و H تراز سطح آب برحسب متر می‌باشد. در مدل GSTARS3.0 حداکثر تعداد لوله جریان ۵ عدد می‌باشد اما معمولاً انتخاب ۳ لوله جریان دارای دقت قابل قبولی است. در این پژوهش نیز از ۳ لوله جریان در نظر گرفته شده است.

#### ۳-۳- اطلاعات رسوبی

برازش بهترین رابطه بر داده‌های دبی جریان و دبی رسوب به‌صورت رابطه (۶) به‌دست آمد. که در آن ضریب همبستگی داده‌ها ۸۰ درصد می‌باشد. منحنی دبی‌سنجه آن در شکل (۳) نشان داده شده است.

$$Q_s = 2.136Q_w^{1.415} \quad (6)$$

که در آن  $Q_w$  دبی آب برحسب مترمکعب بر ثانیه و  $Q_s$  دبی رسوب برحسب تن در روز است.



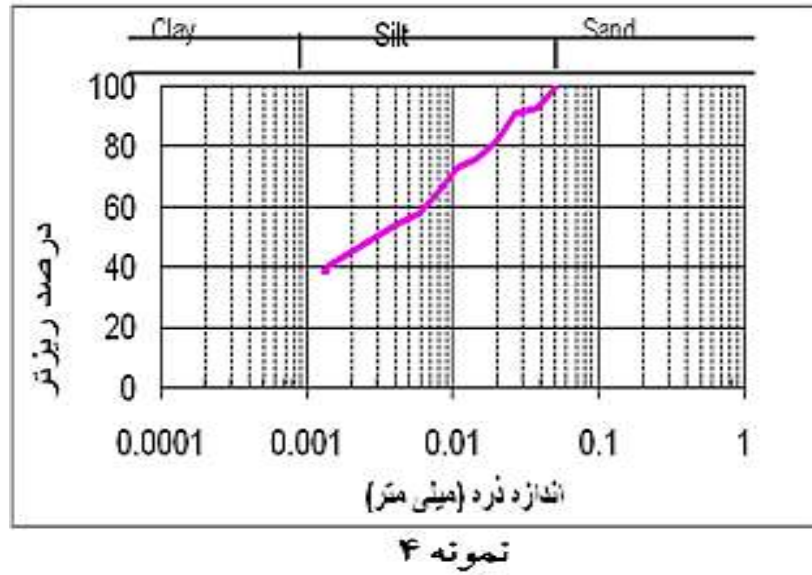
شکل ۳- منحنی دبی سنج رسوب

بر اساس رابطه فوق با افزایش دبی جریان، میزان دبی رسوب به صورت نمایی افزایش می‌یابد که با رابطه‌های موجود در تحقیقات قبلی همخوانی دارد.

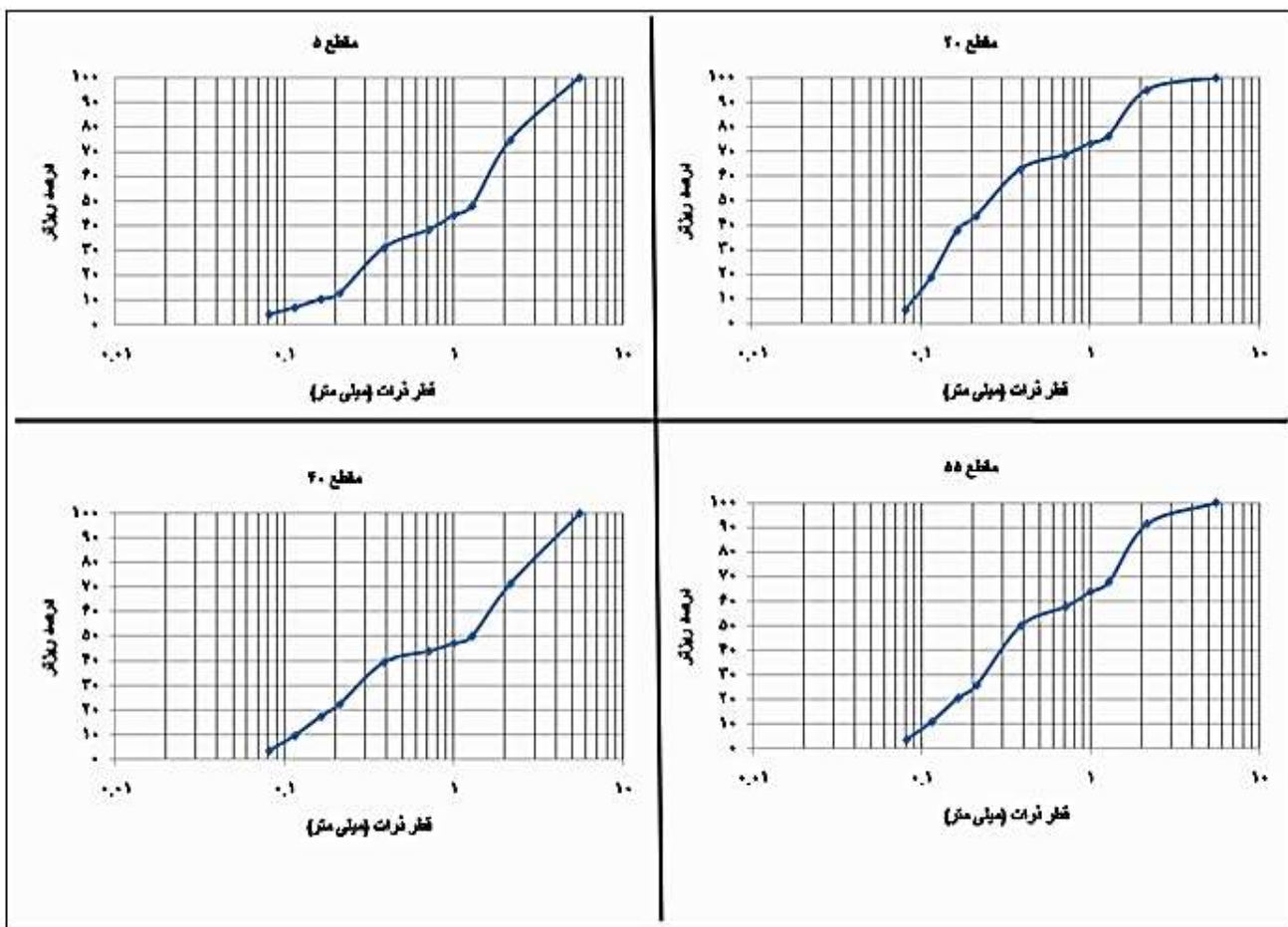
### ۳-۴- دانه‌بندی رسوبات

دانه‌بندی بستر برای هفت مقطع عرضی که به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند برداشت گردیده و رسوبات به آزمایشگاه انتقال یافت. آزمایش‌های دانه‌بندی رسوبات بر روی آن‌ها اعمال گردید. برای نمونه‌های ۱، ۲ و ۴ به دلیل ریز بودن دانه‌ها، دانه‌بندی به روش هیدرومتری انجام شد. در روش هیدرومتری رسوبات چسبنده با استفاده از دستگاه پیستون خردشده و از هر نمونه به میزان صد گرم از رسوبات با آب مقطر در لوله‌های آزمایشی جداگانه مخلوط گردید و دستگاه در این لوله‌ها قرار گرفت. بدلیل اینکه در داخل این دستگاه ماده پراکنده‌سازی قرار دارد که هر چه میزان رسوبات ته‌نشین شوند به سمت بالا هدایت می‌کند که در حین این عملیات باید عدد روی این دستگاه به روش تصاعدی قرائت شود. به این صورت که برداشت اول، برداشت دوم بعد از ۳۰ ثانیه برداشت دوم، برداشت سوم در دقیقه اول و برداشت چهارم در دو دقیقه بعد و... تا زمان پس از عمل تا ته‌نشینی کامل رسوبات و معمولاً تا ۴۸ ساعت بعد از آزمایش، مقادیر روی لوله‌ها یادداشت می‌شود (Sohaili 2010). برای سایر نمونه‌ها از روش معمول دانه‌بندی بر اساس استاندارد ASTM استفاده شد. در این روش بعد از خرد کردن دانه‌ها مقداری از آن‌ها وزن گردید و در الک‌های آزمایشگاهی به شماره‌های ۳/۸، ۶، ۱۴، ۱۶، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۷۰ و ۲۰۰ ریخته شد. این الک‌ها بر روی هم چفت شده و در داخل دستگاه شیکر قرار گرفتند و برای مدت ۲۰ دقیقه به حالت ویبره درآمد و دانه‌های ماسه باقی‌مانده روی الک‌ها وزن گردید و نمودار دانه‌بندی رسوبات رسم شد. نمودارهای مربوط به دو روش دانه‌بندی در مقاطع مختلف در شکل‌های (۴ و ۵) ارائه شده است.



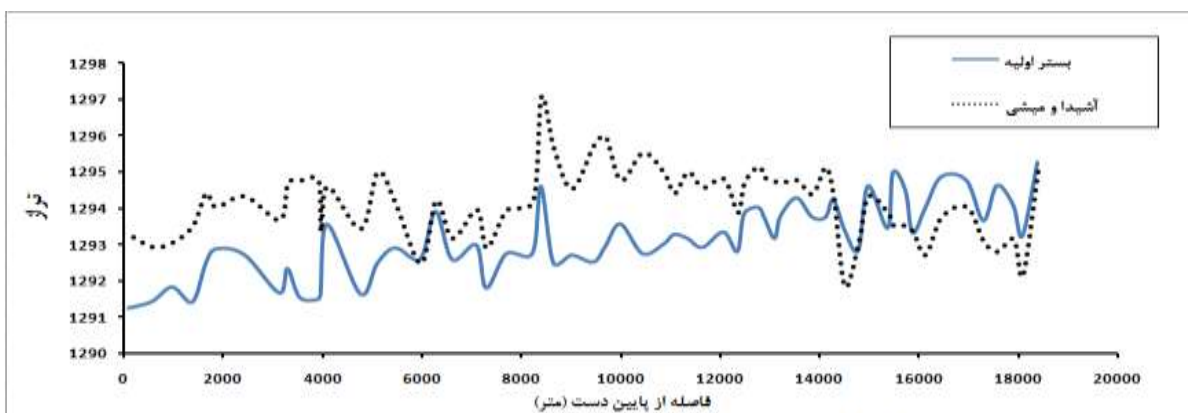


شکل ۴- دانه‌بندی به روش هیدرومتري

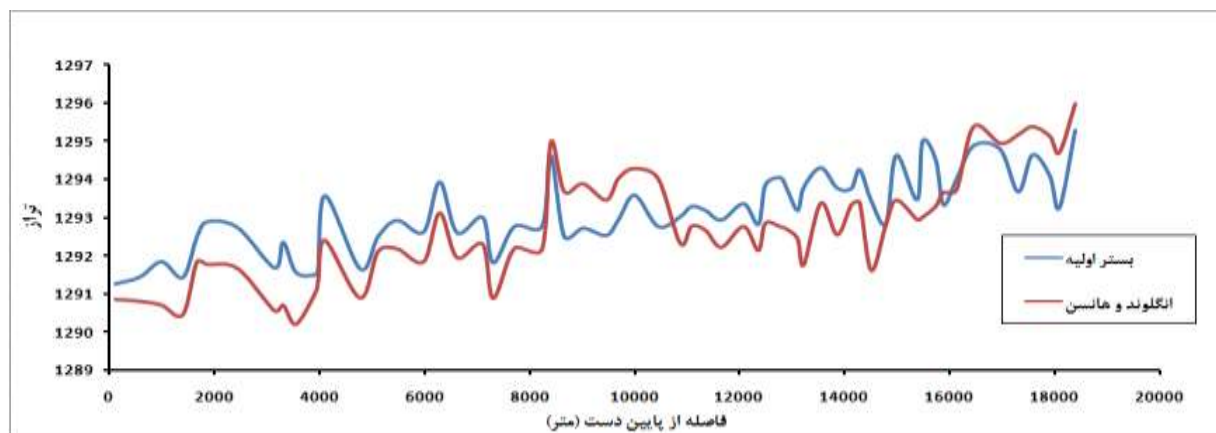


### ۳-۵- برآورد پروفیل‌های رسوب

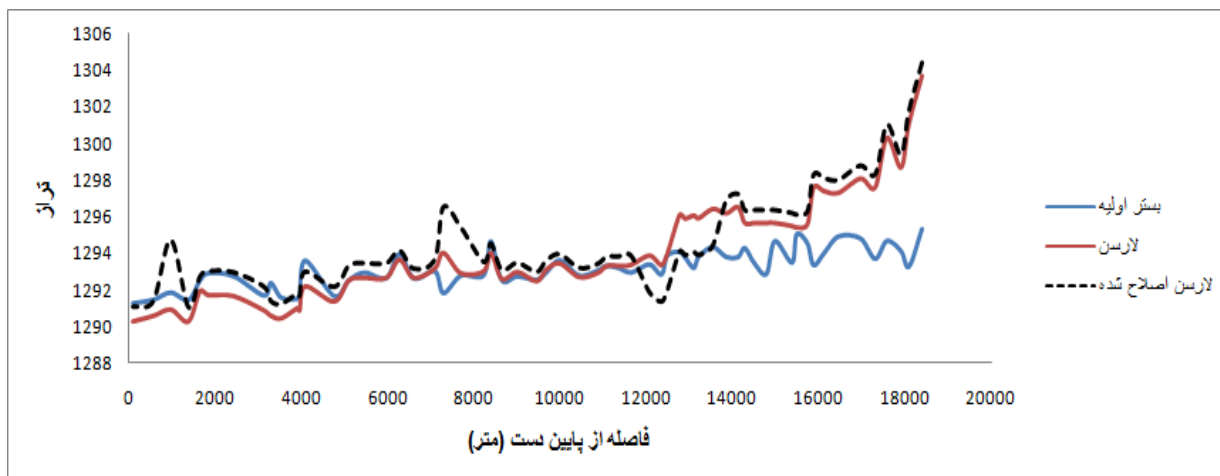
برآورد پروفیل‌های رسوب توسط فرمول‌های انتقال رسوب نشان داد که اندازه فرسایش و رسوب‌گذاری در یک مقطع عرضی، به انتخاب معادله انتقال رسوب حساس می‌باشد. بطوریکه در شکل (۶) مشاهده می‌گردد نمودار مربوط به رابطه یانگ از اول بازه مطالعاتی تا تقریباً وسط بازه وضعیت غالب با فرسایش می‌باشد و در انتهای بازه فرسایش و رسوب‌گذاری با شدت کمتری دیده می‌شود. می‌توان گفت این نتیجه با مشاهدات میدانی رودخانه نزدیک می‌باشد. در رابطه لارسن و لارسن اصلاح‌شده در ابتدای بازه رسوب‌گذاری شدیدی صورت می‌گیرد که در مشاهدات طبیعی اصلاً چنین چیزی قابل‌رؤیت نبوده است. شکل (۷) نیز پروفیل طولی اولیه بستر، پروفیل رسوب محاسبه‌شده و پروفیل سطح آب محاسبه‌شده توسط رابطه انتقال رسوب یانگ نشان می‌دهد. مقدار ضریب همبستگی بین مقادیر پروفیل طولی بستر اولیه با پروفیل رسوب و پروفیل سطح آب محاسباتی ۰/۸۵ است و در بازه ۰ تا ۱۱۰۰۰ متر مقادیر به هم نزدیک ولی با افزایش فاصله مقادیر محاسباتی اختلاف بیشتری را نشان داد.



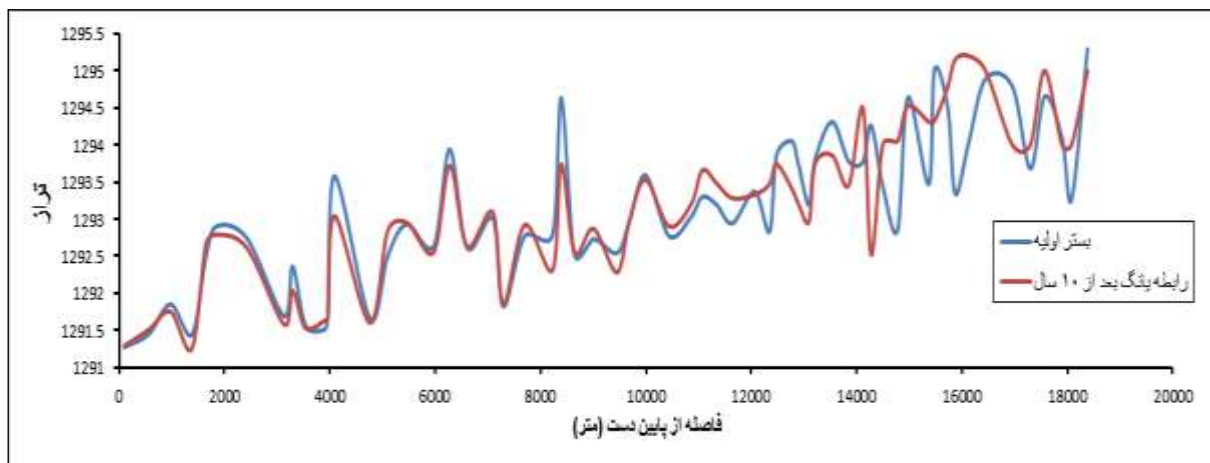
الف- روش آشیدها و میشی



ب- انگلوند و هانسن



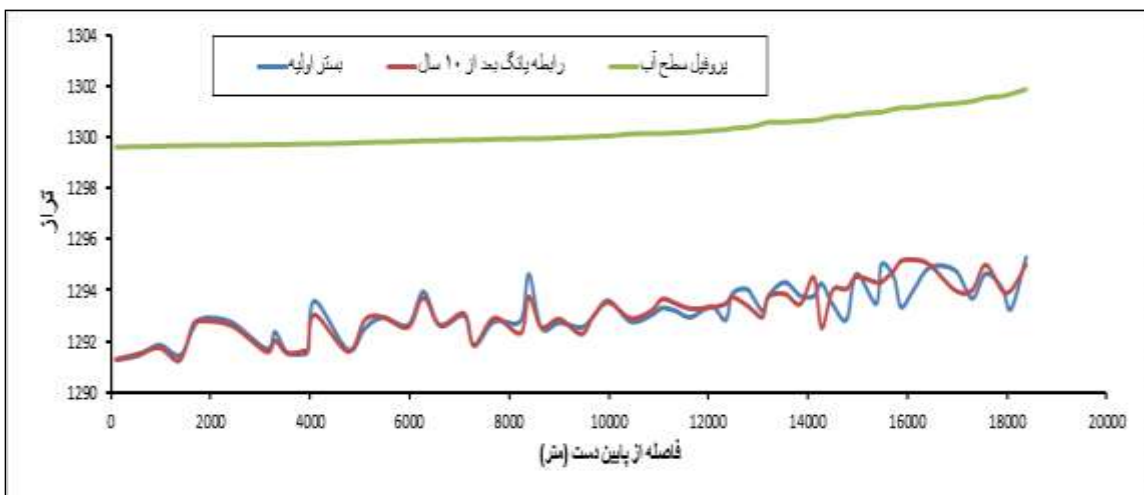
ج- لارسن اصلاح‌شده و لارسن



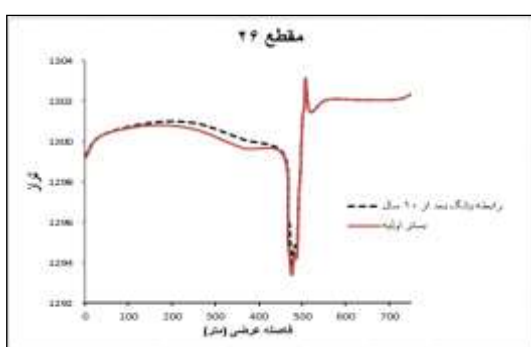
د- رابطه یانگ

شکل ۶- مقایسه پروفیل طولی بستر اولیه با پروفیل محاسباتی به‌وسیله فرمول‌های انتقال رسوب: الف-آشیدا و میشی ب- آنگلوند و هانسن ج- لارسن اصلاح‌شده و لارسن د- رابطه یانگ

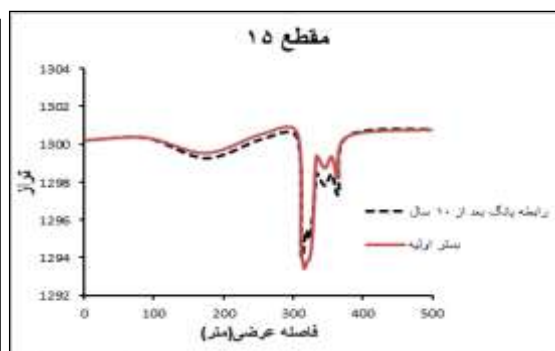
با اجرای مدل با فرمولات آشیدا و میشی، آنگلوند و هانسن، لارسن و لارسن اصلاح‌شده و یانگ مشخص شد که در مقادیر رسوب پیش‌بینی در فرمولات آشیدا و میشی و آنگلوند و هانسن در فاصله‌های کمتر از پایین‌دست تا ۱۴۰۰۰ متر نسبت به روابط دیگر مقدار رسوب شبیه‌سازی مقدار بیشتری بوده و مقادیر شبیه‌سازی بیشتر از مقادیر مشاهداتی بوده است. شکل (۶) بیانگر این مطلب می‌باشد. مطابق نتایج مدل در فرمول یانگ روند کلی تغییرات هر دو نمودار به‌موازات یکدیگر می‌باشد که بیانگر دقت قابل‌قبول مدل یانگ برای مدلسازی انتقال رسوب می‌باشد. نمودارهای شکل (۸) تغییرات پروفیل عرضی در مقاطع مختلف بازه مطالعاتی ۱۰ سال بعد از شبیه‌سازی با استفاده و بکارگیری رابطه (Yang 1973) و با مدل GSTARS 3.0 را نشان می‌دهد.



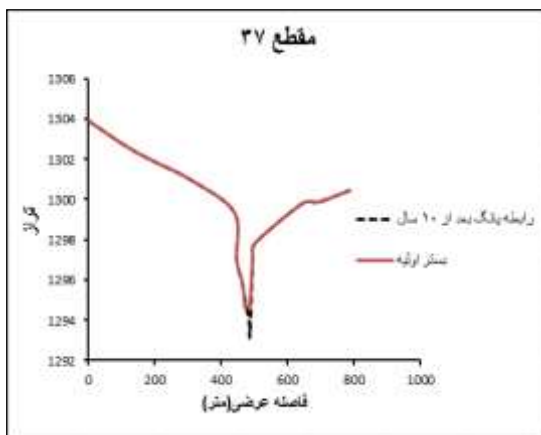
شکل ۷- پروفیل طولی بستر اولیه با پروفیل رسوب و پروفیل سطح آب محاسباتی توسط فرمول انتقال رسوب یانگ



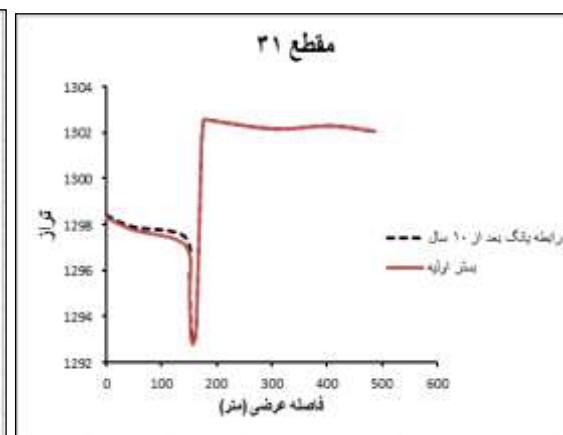
ب- مقطع ۲۶



الف- مقطع ۱۵



د- مقطع ۳۷



ج- مقطع ۳۱

شکل ۸- تغییرات پروفیل عرضی دشت کرمانشاه ناشی از رسوب‌گذاری در مقاطع الف-مقطع ۱۵ ب-مقطع ۲۶ ج-مقطع ۳۱ و د-

مقطع ۳۷

مقادیر ضریب همبستگی در بازه مطالعاتی وضعیت فرسایش و رسوب‌گذاری محاسبه‌شده توسط مدل GSTARS3.0 در مقطع‌های ۱۵، ۲۶، ۳۱، ۳۷ و ۴۴ به ترتیب ۰/۷۶، ۰/۸۰، ۰/۸۳ و ۰/۹۰ بوده و در حد قابل قبولی می‌باشند. نتایج این قسمت از پژوهش با مطالعات (White et al. 1975)، (Alenson 1980) همخوانی دارد. آن‌ها نیز در بررسی میزان رسوب‌گذاری با معادلات یانگ، ایگرز، وایت و انگلاند و هانسون نشان دادند که معادله یانگ دارای خطای کمتری است. همچنین در پژوهش (Batni et al. 2015) نشان داده که رسوب‌گذاری دارای خطای کمتر و قابل قبولی با معادله یانگ دارد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

میزان رسوبات انتقال‌یافته با استفاده از رابطه یانگ در سال ۱۹۷۳ برابر ۳۲۹۵۳۶،۸۸ محاسبه شد. با بررسی نتایج حاصل از اجرای برنامه مشخص شد که با استفاده از مدل GSTARS3 به‌خوبی می‌توان تغییرات پروفیل طولی و عرضی رودخانه را شبیه‌سازی کرد. در این پژوهش نتایج پروفیل‌های طولی و عرضی تقریباً نزدیکی خوبی با واقعیت مسئله دارند. همان‌طور که دیده می‌شود در بازه مطالعاتی وضعیت فرسایش و رسوب‌گذاری محاسبه‌شده به‌وسیله مدل GSTARS3 تقریباً در حد قابل قبولی می‌باشند. مدل GSTARS3 تطابق بهتری را به جهت شبه دوبعدی بودن مدل، برای بررسی روند رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها نشان می‌دهد و از این مدل می‌توان برای مطالعه مکانیسم رسوب‌گذاری در سایر رودخانه‌های کشور نیز استفاده کرد. لذا پیشنهاد می‌شود که امکان استفاده از روش‌های دیگر مثلاً FLUVIAL 12,HEC-RAS نیز بررسی شود تا کاربردی‌ترین روش انتخاب گردد و نتایج بهتری حاصل شود. همان‌طور که نتایج مدل نشان داده، در قسمت‌هایی از رودخانه رسوب‌گذاری مشاهده شد لذا بهتر است کارگاه‌های شن و ماسه سویی در این مناطق به فعالیت بپردازند، و در قسمت‌هایی که رودخانه دچار فرسایش شده است متوقف شوند. پیشنهاد می‌شود ساماندهی به‌صورت یکپارچه در کل رودخانه قره‌سو صورت گیرد. این امر نیازمند مطالعات جامعی بوده و مدل باید بعد از ساماندهی نیز دوباره شبیه‌سازی شود. یکی از مشکلات رودخانه قره‌سو آلودگی آن به‌وسیله فاضلاب‌های شهری و صنعتی (پالایشگاه نفت کرمانشاه) می‌باشد که در صورت ساماندهی آن و ایجاد فضای تفریحی باید برای این مشکل هم تدابیری مانند ملزم کردن صنایع به احداث تصفیه‌خانه فاضلاب و همچنین تصفیه فاضلاب شهری قبل از ورود به رودخانه صورت گیرد.

#### References

- Batni A., Golmai S. H. and Ziartabar Ahmadi M. Kh. (2015). Evaluation of sediment transport and river bed changes using mathematical models GSTARS3. *J. Soil Water Conser.*, 22(1), 191-210 [In Persian].
- Bakhshalipoor S. (2011). Karkheh Dam downstream effects on sediment pattern. M.Sc. Dissertation, Shahid Chamran University. 50pp [In Persian].
- Chang H. H., Harrlson, L. L., Lee W. and Tu. S. (1996). Numerical modeling for sediment –pass-through reservoirs. *J. Hydraul. Eng.*, 122 (7), 381-388.
- Cellino M. and Essyad K. (2002). Reduction of sediment deposition by introducing an artificial Stony Bank. A practical example in upper Rhone River Switzerland. Proc. 2002, of the International Conference on Fluvial Hydraulic, Louvain, Belgium, 951-959.
- De Cesare G., Schleiss A. and Hermann F. (2001). Impact of turbidity currents on reservoir sedimentation. *J. Hydraul. Eng.*, 127 (1), 6-16.
- Gholmai S. H. Ziatabarahmadi M. Kh. and Batni A. (2015). Evaluation of sediment transport and river bed changes using mathematical models Gstars3 (Case Study: River Gavehrood). *J. Soil Water Conser.*, 22(1): 191-210 [In Persian].

- Gill M. A. (1983). Diffusion model for agrading channels. *J. Hydraul. Res.*, 21(5), 369-378.
- Hasanzadeh Y., Fiazi khankendi A. and Alami M. T. (2008). Compare the results of mathematical models of sedimentation in the reservoir Alevis Maragheh with hydrography data, *J. Water Wastewater*, 19(3), 47-57 [In Persian].
- Molinas A., and Yang C. T. (1998). User's manual for Gstars2.0 (Generalized Stream Tube for Alluvial River Simulation, Version 2.0), USBR.
- Molinas A., and Yang C. T. (2002). User's manual for Gstars2.1 (Generalized Stream Tube for Alluvial River Simulation, Version 2.1), USBR.
- Mohamadi S., Qobadian R., Ariannezhad A. and Dolatyari A. (2016). Being influenced by the changing profile of Arch sediments in the river in the model GSTARS3. 2016, 6<sup>th</sup> National Conf. on Water Resources Management, Kurdistan University of Sanandaj [In Persian].
- Mesbahi J. R. Sabzivand R. and Najafi A. R. (2007). Changes in river morphology at the entrance to the plains case study Karun River, 6<sup>th</sup> Int. Conf. Hydraulic at Shahid Bahonar University of Kerman [In Persian].
- Ministry of Energy, Office of standards and technical criteria. (2004). Manual harvesting River Building, 336 publications [In Persian].
- Ministry of Energy, Office of standards and technical criteria. (2004). Guide the design, construction and maintenance coatings in river engineering works, publication 332 [In Persian].
- Pirmohamadiani S. (2015). Sediment analysis using the kinematic wave model through the grid (case study: Sofi Chay basin). M.sc. Dissertation, Department of Water Engineering. Tabriz University 1-88pp [In Persian].
- Sadeqzadeh-Esfahani A. (2008). Effect of sediment delivery downstream of dams on river morphology Using GSTARS3, 2007. Int. Conf. River Engineering, February 85, Ahwaz University, Iran [In Persian].
- Sohaili N. (2010). The impact of of improvement of the river Gharehsou within the city of Kermanshah, M.Sc. Dissertation, Razi University of Kermanshah [In Persian].
- West Regional Water Organization. (1996). Reported topographic and physiographic studies Qareso River training [In Persian].
- Iranian Water Resource Management Company. (1996). Reported hydrology, river training Qareso studies [In Persian].
- Iranian Water Res. Manag. Company. (1997). Reported morphological, engineering studies, the first stage of the Qareso river improvement plan [In Persian].
- Iranian Water Res. Manag. Company. (2003). Discharges, Doab, Hojat Abad, Qvrbaghstan old bridge, the Chahr bridge, Pirsolimon, Mianrahan, Pyrmzd, bears Islamabad and Hyderabad satations [In Persian].
- White W. R., Milli H. and Crabbe A. D. (1976). Sediment transport theories: a review. *Proc. Inst. Civil Eng*, 61(4), 803-810.

- Yang C. T. and Simoes F. J. M. (2002). User's manual for Gstars3.0 (Generalized Stream Tube for Alluvial River Simulation, Version 3.0), USBR.
- Zahiri A. R. Shahinezhad B. and Rostami S. (2008). Predict erosion and sedimentation in Ahvaz Karoon River in the metropolitan area using mathematical models GSTARS, 4<sup>th</sup> Int. Conf. Civil Eng., Tehran University, Iran [In Persian].

## Predicting Sedimentation Trend in Qareso River using GSTARS3 Model

Motalleb Byzedi<sup>1\*</sup> and Nader Karami<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assist. Professor, Department of Agriculture Engineering, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

<sup>2</sup>Alumni, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Ahar, Iran

\*Corresponding Author: m.byzedi@gmail.com

Received: July 15, 2016  
2, 2016

Accepted: September

### Abstract

Basic studies on water resources and estimating erosion and sedimentation is crucial for calculating and precise designing dam reservoirs. Mathematical models are one of the important tools for prediction of sedimentation in riverbed and dam reservoirs. These models are based on the analysis of equations governing an important phenomenon in transmission, distribution, accumulation, and leach sediment. The GSTRS3 model was used to predict sediment in Qarasoo River on Kermanshah Plain. For this purpose, a parcel of river with 18 km length, including 60 cross sections, was selected. At different sections, the sediment grading curves were prepared using Sieve and hydrometer methods. and the results showed that the Yang equation had better function in predicting longitudinal and transverse profiles than other models. Therefore, using the best fitted model for the next 10 years, the amount of the transmitted sediments was estimated as 329536 tons for Qareso River. Moreover, it was found that GSTARS3 presents an acceptable level of prediction for assessing the sediment trends in rivers as confirmed by correlation coefficient of 0.85 between observed and predicted longitudinal profiles. Thus, this model can be used to study the mechanisms of sedimentation in other rivers of Iran.

**Keywords:** River Profile; Sediment; Transverse Profiles; Yang Equation.