



دانشگاه گوارز و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و یکم، شماره چهارم، ۱۳۹۳  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

گزارش کوتاه علمی

## شبیه‌سازی عددی رسوب‌گذاری سد مخزنی ستارخان با استفاده از مدل Gstars3.0

سمیه فقیه‌مهربانی<sup>۱</sup>، \* مهدی مفتاح‌هلقی<sup>۲</sup>، امیراحمد دهقانی<sup>۳</sup> و هدی مسکار<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۴</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۱۸

### چکیده

یکی از مهم‌ترین مسایل در تعیین طول عمر مفید سدها، نحوه و مقدار توزیع رسوبات در مخازن می‌باشد. امروزه مدل‌های ریاضی یکی از ابزارهای مهم برای پیش‌بینی مقدار رسوب‌گذاری در مخازن سدهای ذخیره‌ای و برآورد عمر مفید آن‌ها به‌شمار می‌رود. این مدل‌ها مبتنی بر تحلیل معادلات حاکم بر پدیده مؤثر در انتقال، توزیع، انباشت و آبشستگی رسوب می‌باشند. در این مقاله، فرآیند رسوب‌گذاری سد ستارخان با استفاده از مدل ریاضی Gstars3.0 شبیه‌سازی شده است. این مدل با استفاده از مفهوم تیوب‌ها یا لوله‌های جریان، قابلیت شبیه‌سازی توزیع رسوب‌گذاری را به‌صورت شبه‌دو بعدی (طولی و عرضی) در رودخانه‌ها و مخازن را دارد. برای واسنجی هیدرولیکی و رسوبی این مدل از آمار و اطلاعات مربوط به سد ستارخان و تغییرات هندسی مقاطع عرضی سد به‌مدت ۱۰ سال (از سال ۸۸-۱۳۷۷) استفاده شده است. نتایج این واسنجی نشان می‌دهد که رابطه یانگ (۱۹۷۳) مطابقت بهتری با شرایط موجود سد دارد.

واژه‌های کلیدی: مدل ریاضی، رسوب‌گذاری، سد ستارخان، Gstars3.0

\* مسئول مکاتبه: [meftah\\_20@yahoo.com](mailto:meftah_20@yahoo.com)

## مقدمه

بررسی نحوه پخش رسوبات ورودی به مخازن سدها برای تعیین تراز آستانه دریچه‌های عمقی و جانمایی آبگیرها دارای اهمیت فراوان است. امروزه مدل‌های ریاضی مختلفی برای پیش‌بینی مقدار و نحوه رسوب‌گذاری در مخازن سدها ارایه شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به مدل‌های Fluvial12، HEC-6، Gstars3.0 و SSIIM اشاره کرد. مدل Gstars، مدل تعمیم‌یافته لوله جریان برای شبیه‌سازی رودخانه‌های آبرفتی است که ابتدا توسط مولیناس و یانگ، برای شبیه‌سازی شرایط جریان به روش شبه‌دو بعدی و شبیه‌سازی تغییر هندسه کانال به روش شبه‌سه‌بعدی در سال ۱۹۸۷ ابداع گردید. Gstars3.0 مدل تعمیم‌یافته انتقال رسوب برای شبیه‌سازی رودخانه‌های آبرفتی که نسخه ۳ از سری مدل‌های عددی برای شبیه‌سازی انتقال جریان آب و رسوب در رودخانه آبرفتی می‌باشد در سال ۲۰۰۲ ارایه گردید.

حسن‌زاده و خانکندی (۲۰۰۷) به بررسی روند رسوب‌گذاری در کارایی سد مخزنی علویان با مدل ریاضی Gstars3.0 پرداختند و نتیجه گرفتند که مدل Gstars3.0 تطابق بهتری را به جهت شبه‌دو بعدی بودن، برای بررسی روند رسوب‌گذاری در مخزن نشان می‌دهد. اعلمی و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی روند رسوب‌گذاری سد کارده مشهد با مدل ریاضی Gstars3.0 پرداخته و نتیجه گرفتند مدل Gstars3.0 با معادله لارسن و دو لوله جریان برای شبیه‌سازی رسوب‌گذاری مخزن سد کارده نتایج بهتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد.

در این پژوهش نتایج به‌دست آمده از کاربرد مدل ریاضی Gstars3.0 در رسوب‌گذاری مخزن سد ستارخان اهر با داده‌های هیدروگرافی رسوب مخزن مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت و ضمن تبیین مکانیسم تغییرات پروفیل بستر نسبت به زمان و مکان روند رسوب‌گذاری برای ۵۰ سال بهره‌برداری از سد برآورد شده است.

## مواد و روش‌ها

**مشخصات منطقه مورد مطالعه:** سد ستارخان در ۱۵ کیلومتری غرب شهر اهر در استان آذربایجان شرقی، در شمال غربی ایران قرار دارد. این سد روی رودخانه اهرچای قرار گرفته است. سد ستارخان از نوع خاکی با هسته ناتراوای رسی، به ارتفاع ۷۵ متر از روی سنگ بستر می‌باشد. این سد

در سال ۱۳۷۷ به بهره‌برداری رسیده است و عملیات رسوب‌سنجی آن برای اولین بار در سال ۱۳۸۸ صورت گرفته است (گزارش آب منطقه‌ای، ۲۰۰۹).



شکل ۱- موقعیت سد ستارخان در استان آذربایجان شرقی - آهر.



شکل ۲- دریاچه مخزن سد ستارخان.

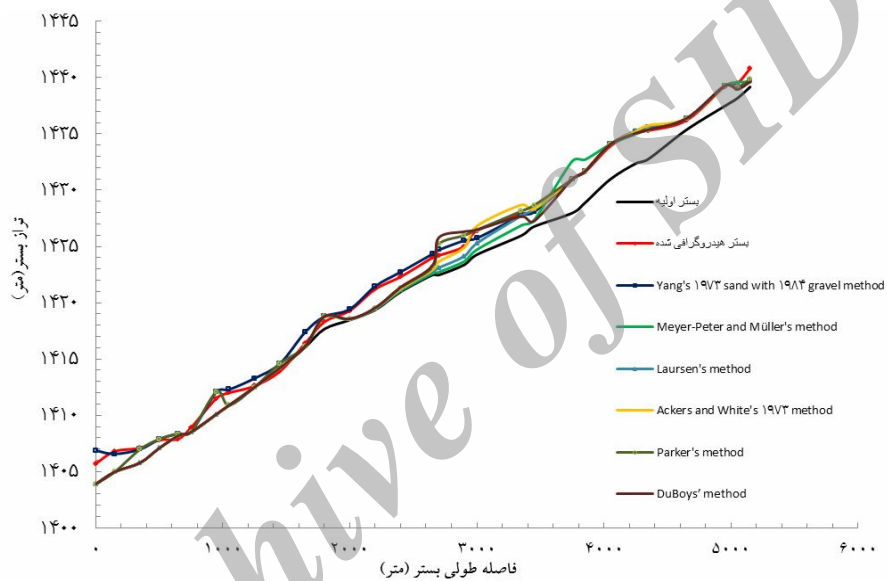
**مبانی عددی مدل Gstars3.0:** در مدل Gstars3 که به صورت شبه‌دو بعدی عمل می‌کند، محاسبه‌های روندیابی رسوب بر پایه اصل بقا جرم رسوب استوار است. در Gstars3، ابتدا نیمرخ‌های سطح آب محاسبه شده و سپس مقاطع عرضی به چند مقطع با دبی‌های مساوی تقسیم گردیده و به عنوان لوله‌های جریان فرض می‌گردند. در حقیقت لوله‌های جریان که تعداد آن‌ها در Gstars3 حداکثر ۵ عدد می‌باشد همانند کانال‌های یک‌بعدی معمولی با مشخصات هیدرولیکی معین عمل می‌کنند و محل‌های لوله‌های جریان در روندیابی رسوب در درون هر یک از آن‌ها برای هر گام زمانی محاسبه و به صورت مستقل از هم انجام می‌گیرد. ترکیب مواد بستر<sup>۱</sup> برای هر لوله جریان در آغاز هر گام زمانی محاسبه می‌گردد و همچنین محاسبه‌های لایه‌بندی بستر و تشکیل سپر حفاظتی در بستر به صورت جداگانه برای هر لوله جریان انجام می‌گیرد. تغییرات جانبی ترکیب مواد بستر نیز محاسبه گشته و در محاسبه‌ها ترکیب مواد بستر و لایه‌بندی آن برای هر لوله جریان، منظور می‌گردند. این روش امکان محاسبه تغییرات پارامترهای هیدرولیکی و رسوبی مقطع عرضی را به روش شبه‌دو بعدی فراهم می‌سازد. به عنوان مثال، ته‌نشینی و فرسایش می‌توانند در یک مقطع عرضی معلوم، به صورت هم‌زمان رخ دهند. مدل‌های یک‌بعدی متداول، قادر به تحلیل این موقعیت نمی‌باشند، اما از آنجایی که فرسایش یا رسوب‌گذاری به صورت جداگانه درون هر لوله جریان محاسبه می‌گردد، در نتیجه Gstars3 می‌تواند این موقعیت را مدل کند (راهنمای مدل ریاضی Gstars3.0، ۲۰۰۲).

**نحوه مدل‌سازی:** در این پژوهش، برای معرفی هندسه مخزن به طول تقریبی ۵۱۵۰ متر به مدل، از نقشه‌های بستر اولیه مخزن قبل از بهره‌برداری (سال ۱۳۷۷) با مقیاس ۱:۵۰۰۰ استفاده شده است. مشخصات هیدرولیکی مورد نیاز برای مدل کردن مخزن شامل ترازهای سطح آب متناسب با دبی جریانات ورودی مخزن، منحنی دبی-اشل در ورودی مخزن به عنوان شرط مرزی بالادست مدل، دانه‌بندی مواد متشکله بستر و دانه‌بندی مواد معلق می‌باشد.

**تجزیه تحلیل نتایج:** تصحیح مدل شامل مراحل شناخت پارامترها، تعیین حساسیت مدل نسبت به پارامترها و بالاخره واسنجی مدل می‌باشد. چون نیمرخ رسوب‌گذاری در مخزن سد ستارخان در حالت هیدروگرافی در سال ۱۳۸۸ موجود می‌باشد، از این نیمرخ برای واسنجی مدل Gstars3

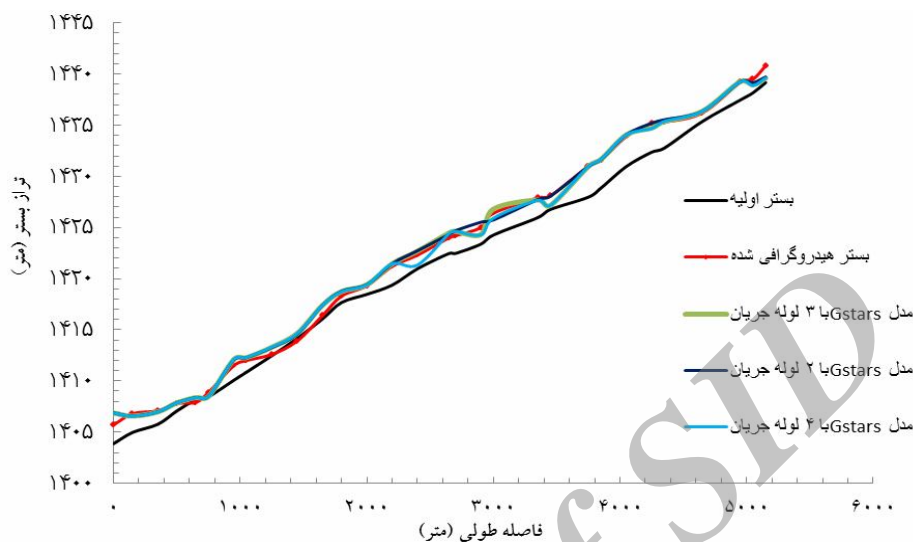
#### 1- Bed Material Composition

استفاده شده است. به منظور رسیدن به مدلی مناسب که نتایج آن بیش‌ترین تطابق را با نتایج هیدروگرافی مخزن داشته باشد، اقدام به تهیه مدل‌های مختلفی گردید. به این منظور شبیه‌سازی به‌ازای تمام رابطه‌های انتقال رسوب انجام گردید و در نهایت رابطه یانگ که تطابق بهتری با واقعیت داشت انتخاب شده است. نتایج شبیه‌سازی به‌ازای معادله‌های مختلف انتقال رسوب در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نیم‌رخ خط القعر مخزن به‌ازای معادله‌های انتقال رسوب مختلف.

با مقایسه مدل‌های مختلف ایجاد شده، مشاهده گردید که مدل‌های با ۲ لوله جریان، نتایج بهتری نسبت به سایر مدل‌ها دارند. برای مشاهده تأثیر لوله‌های جریان نتایج به‌دست آمده در شکل ۴ آورده شده است. البته تأثیر این فاکتور برای سدهای مختلف متفاوت می‌باشد. نتیجه‌گیری نشان می‌دهد مدل‌های بیش از یک بعد نتایج نزدیک‌تری به واقعیت دارند که نشان‌دهنده کارایی مدل‌های نیمه دوبعدهای و چندبعدهای می‌باشد.



شکل ۴- نیمرخ خط القعر مخزن به‌ازای لوله‌های جریان مختلف.

در پایان باید به این نکته اشاره شود که ارایه نتایج بهتر و نزدیک‌تر به واقعیت به‌وسیله رابطه یانگ در صورت لزوم به معنی دقت بالاتر این رابطه نسبت به سایر رابطه‌ها محاسبه انتقال رسوب نبوده و ممکن است در مطالعات موردی دیگر، سایر رابطه‌ها، نتایج بهتری را نسبت به این رابطه ارایه کنند. دلیل این مسأله آن است که هر یک از رابطه‌های انتقال رسوب، تحت شرایط هندسی، هیدرولیکی و رسوبی خاص و با استفاده از داده‌های محدودی به‌دست آمده‌اند و تنها در شرایط مشابه با شرایط نام‌برده نتایج منطقی ارایه می‌کنند و ممکن است در وضعیتی به‌جز شرایطی که تحت آن‌ها به‌دست آمده‌اند، نتایج غیرقابل اعتمادی ارایه کنند. بنابراین شرایط هندسی، هیدرولیکی و رسوبی اعمال هر یک از معادله‌ها انتقال رسوب و محدوده کاربرد آن‌ها، در استفاده به‌جا و بهینه از این رابطه‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

### نتیجه‌گیری

نتایج واسنجی نشان می‌دهد که مدل نسبت به تابع انتقال رسوب دارای بالاترین حساسیت می‌باشد. در مطالعه موردی انجام شده، تغییرات تراز بستر به‌دست آمده از تابع یانگ (۱۹۷۳) تطابق

به نسبت مناسبی را با تغییرات واقعی بستر نشان می‌دهد. انتخاب تعداد لوله‌های جریان در مدل‌سازی مهم می‌باشد. در این پژوهش تعداد دو لوله جریان تطابق مناسبی با واقعیت دارد. با توجه به این پژوهش و پژوهش‌های انجام شده در این مورد می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های با دو لوله جریان و یا بیش‌تر که شبه‌دوبعدی می‌باشند نسبت به مدل‌های یک‌بعدی نتایج نزدیک‌تری به واقعیت دارد.

#### منابع

1. Alami, M.T., Marsoli, R., and Asdiani-Yekta, A.H. 2008. Applying & assessment Gstars3.0 Model in the Simulation Sedimentation of the Reservoirs, Case study: Kardeh Dam. CD's of 4<sup>th</sup> Iranian National Congress of Civil Engineering, Tehran University, 8p. (In Persian)
2. East Azarbijan Water Authority. 2009. The technical report of hydrography and topography operation of the sedimentation of the Satarkhan Dam, Darya Tarsim Consulting, 74p. (In Persian)
3. Hassanzadeh, Y., Feizi-khankandy, A., and Alami, M.T. 2007. Comparison of a mathematical sedimentation model results and hydrographically measured data in Alavian Dam reservoir. J. Water Wastewater Con. Eng. 67: 47-57. (In Persian)
4. Yang, C.T., and Simões, F.J.M. 2002. User's Manual for Gstars3.0 (Generalized Stream Tube for Alluvial River Simulation, Version 3.0), U.S. Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Denver, Colorado, USA.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(4), 2014*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

### Short Technical Report

## Numerical Simulation of Satarkhan Dam Reservoir Sedimentation using GSTARS 3.0

S. Faghieh Mehrabani<sup>1</sup>, \*M. Meftah Helghi<sup>2</sup>, A.A. Dehghani<sup>3</sup>  
and H. Meskar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Water Structure, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>4</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Water Structure, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resource

Received: 12/31/2012; Accepted: 05/08/2013

### Abstract

One of the most important problems in determination of life expectancy of dams, are the rate and distribution of sediments in the reservoir. Mathematical models are recently used for simulation of the reservoir sedimentation rates and predicting life expectancy of the reservoir. These models are based on the analysis of governing equations of sediment transport, distribution, deposition and erosion. In this study, mathematical modeling of erosion and deposition of sediments in Satarkhan dam, has been studied using GSTARS 3.0 model. GSTARS mathematical model using stream tubes concept, has an ability to account for the longitudinal and lateral distribution of sediment deposition in the rivers and dams. For hydraulic and sediment calibration of this mathematical model, information of Satarkhan Dam and cross section between 1998 and 2009, have been used. Calibration results showed that Yang (1973) sediment transport equation had a good agreement with field data.

**Keywords:** Mathematical model, Sedimentation, Satarkhan dam, Gstars3.0

---

\* Corresponding Author; Email: meftah\_20@yahoo.com