ارزیابی رسوب‌گذاری در مخزن سد مسجد سلیمان با مدل ریاضی GSTARS-3

رضا تاج مهر[۱]، هوشنگ حسونی زاده[۲]و سمانه عبدویس*[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.
۲) عضو هیئت علمی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.
۳) کارشناس ارشد منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان.

*** نویسنده مسئول:Abdovissamaneh@gmail.cim**

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۲۹ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۲۶**

چکیده

انتقال و انباشت رسوبات در سدهای مخزنی باعث تقلیل حجم و عمر مفید مخازن ذخیره آب می‌شود. هدف از این مقاله بررسی میزان اثر پارامترهای موثر در مدل رسوب‌گذاری و پیش‌بینی میزان رسوب در مخزن سد مسجد سلیمان می‌باشد. لذا از مدل شبه دو بعدی Gstars استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل نسبت به پارامتر الگوی ترسیب و معادله انتقال رسوب بیش‌ترین حساسیت را نشان می‌دهد. همچنین کالیبراسیون مدل با استفاده از آمار سیلاب‌های لحظه‌ای دارای حساسیت کم‌تری نسبت به آمار روزانه می-باشد. میزان خطای قابل اغماض میان مقادیر مشاهده‌ای و نتایج محاسبه‌ها دو درصد بود که نشان دهنده آنست که مدل ریاضی Gstars جهت استفاده در تخمین میزان و نحوه توزیع رسوب مناسب است. در نهایت کاهش حجم سالیانه مخزن ۱/۶ درصد برآورد شد که مقدار مشاهده‌ای آن برابر ۱/۱ درصد است.

واژه‌های کلیدی: مدل ریاضی Gstars، پیش بینی رسوب، سد مسجد سلیمان و GIS.

مقدمه

با ورود رسوبات به مخزن، پس از مدتی حجم مخزن از رسوبات پر شده، عمر مفید سد به اتمام رسیده و سد کارآیی خود را از دست می‌دهد، معضلاتی که پر شدن یک سد از رسوب ایجاد می‌نماید بسته به وضع منطقه، اهمیت آب و نوع هدف از ایجاد سد متفاوت است و حداقل خطر آن از میان رفتن سرمایه‌های ملی است. مطالعه رسوب در سطح حوزه آبریز در شرایطی اهمیت پیدا می‌کند که احداث مخازن سطحی برای ذخیره آب جهت مصارف مختلف مورد توجه واقع شود. ره نورد و همکاران (۱۳۹۱) شبیه‌سازی پدیده انتقال رسوب بر روی بازه‌ای از رودخانه دز را به وسیله مدل‌های GSTARS و HEC-RAS مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل شبه دو بعدی GSTARS نسبت به مدل یک بعدی HEC-RAS با دقت بیشتر و زمان کمتری نتایج را به دست می‌دهد. هوشمندزاده و همکاران (۱۳۸۷)، با مقایسه مدل‌های HEC-6 و GSTARS-3 که از مهم‌ترین و پرکاربردترین نرم افزارهای انتقال رسوب در مخازن سدها هستند نشان دادند که مدل GSTARS و تابع انتقال رسوب یانگ (۱۹۹۶) به دلیل لحاظ نمودن بار شسته برتری دارند. ذرتی پور و همکاران(۱۳۹۰) در تحقیقی با استفاده از این نرم افزار و تابع انتقال رسوب ایکرز- وایت (۱۹۷۳) رسوب گذاری در مخزن سد کرخه را شبیه‌سازی نمودند. نتایج حاصله حاکی از رضایتبخش بودن استفاده از این تابع بود. Cellino و Essayd (۲۰۰۲)، مدل GSTARS 2.0 را برای مطالعه راه حل‌های مهندسی در کاهش ته‌نشینی رسوب در رودخانه درینس، که یک شاخه فرعی از رود رن در سوئیس می‌باشد به کار بردند. نتایج محاسبه شده از این مدل در مقایسه با آزمایشات مدل فیزیکی و اندازه‌گیری‌های صحرایی تایید شدند.

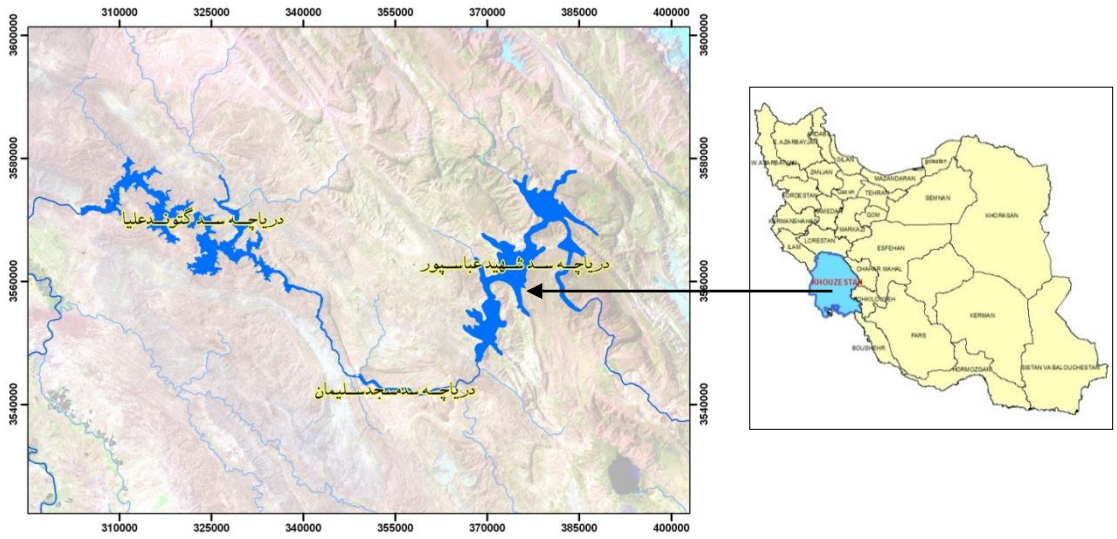
هدف از تحقیق حاضر محاسبه حجم رسوب‌گذاری و نهایتاً محاسبه کاهش سالیانه حجم مخزن سد مسجدسلیمان در استان خوزستان با استفاده از مدل ریاضی GSTARS می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی محدوده مورد مطالعه

سد تنظیمی مسجد سلیمان، در استان خوزستان در ۱۶۰ کیلومتری شمال شرق اهواز و در ۲۵ کیلومتری شمال شرقی شهر مسجد سلیمان بر روی رودخانه کارون در ۲۶ کیلومتری پایین دست سد شهید عباسپور(کارون ۱) احداث شده است. وسعت حوضه آبریز رودخانه کارون حدودا ۶۰ هزار کیلومتر مربع می‌باشد که وسعت این حوضه آبریز تا محل سد مسجدسلیمان ۲۷ هزار کیلومتر مربع است. ایستگاه‌های آب‌سنجی اطراف سد عبارتند از پل‌شالو، کارون ۱ و گتوند. حجم مخزن سد برابر با ۲۶۱ میلیون متر مکعب در تراز نرمال و حجم مفید آن برابر ۲۳۹ میلیون متر مکعب است. ساختار زمین شناسی در محل ساخت‌گاه سد از تناوب لایه‌های رس، کلنگلومرا و ماسه سنگ تشکیل شده است. منشاء

رسوبات ورودی به مخزن سد از رودخانه شور، رودخانه مرغاب، سد کارون ۱ و شاخه های کوچک فرعی حوضه میانی (بین سد مسجد سلیمان تا کارون ۱) می‌باشد.



شکل ۱: مختصات جغرافیایی و محدوده سد مسجد سلیمان

انتخاب و معرفی مدل ریاضی GSTARS3

از جمله مدل‌هایی که برای شبیه‌سازی رسوب رودخانه‌های آبرفتی توسط گروه هیدرولیک رودخانه و رسوب‌گذاری مرکز خدمات فنی USBR (۱۹۸۷) ، تهیه شده است مدل GSTARS3 می‌باشد. از قابلیت‌ها و خصوصیات اصلی GSTARS3 می‌توان به توانایی محاسبه نیم‌رخ سطح آب با و بدون انتقال رسوب، تغییرات عرضی بستر و محاسبه تغییرات شرایط جریان و رسوب در جهت‌های عرضی و طولی اشاره کرد. همچنین بررسی انتقال نامتعادل رسوب از دیگر موارد کاربردی این مدل کامپیوتری است. در رودخانه و آبراهه، فرض برابری دبی بار مواد بستر و ظرفیت حمل رسوب قابل قبول می‌باشد، به عبارت دیگر بار مواد بستر در حالت تعادل منتقل می‌شوند. بنابراین تبادل رسوب به صورت لحظه‌ای می‌باشد. اثر تاخیر زمانی و مکانی در تبادل رسوب مهم می‌باشد. برای مثال، رسوب‌گذاری مخازن و مصب رودخانه‌ها فرآیندهایی نامتعادل می‌باشند. برای مدل کردن این اثر، GSTARS3 از روش Han (۱۹۸۰) استفاده می‌کند. اساس این روش حل تحلیلی معادله پخش – انتشار است.

رابطه ۱:
$$C_i = C_{t,i} + \left(C_{t-\acute{i}} - C_{t,\acute{i}-1}\right)exp\left\{-\frac{\alpha\, w\Delta x}{q}\right\} + \left(C_{t,\acute{i}-1} - C_{t,i}\right)\left(\frac{q}{\alpha w\Delta x}\right)\left[1 - exp\left\{-\frac{\alpha\, w\Delta x}{q}\right\}\right]$$

که در آن C غلظت رسوب، C_t قدرت یکه جریان (ظرفیت حمل رسوب)، q دبی آب در واحد عرض، Δx طول بازه، w سرعت سقوط ذره، i شماره مقطع، و α پارامتر بی‌بعد (ضریب بازیافت) می‌باشند.

داده‌های مورد نیاز مدل

ابتدا با استفاده از نرم افزار HEC- GEODOOZER نقشه توپوگرافی اولیه تولید شد و سپس با وارد کردن مختصات، نقشه توپوگرافی مختصات‌دار از مخزن سد تهیه شد. این کار بدین منظور صورت گرفت که بتوان از مخزن سد مقاطع عرضی مختصات‌دار تهیه کرد. میزان خطا در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد بین مقادیر محاسبه شده و مشاهده‌ای دیده شد. سرانجام تعداد ۴۰ مقطع محاسبه شده مخزن سد مسجد سلیمان مناسب ارزیابی شده و در مدل ریاضی جهت کالیبراسیون و پیش‌بینی از آن‌ها استفاده شد. همچنین با توجه به بررسی‌های میدانی و مطالعات قبلی ضریب‌زبری مخزن برای همه مقاطع ۰/۰۲ در نظر گرفته شد (محمدی و کاشفی پور، ۱۳۹۱).

جهت ارائه اطلاعات هیدرولوژیکی مخزن سد مسجدسلیمان، هیدروگراف دبی سیلاب موجود سد به صورت هیدروگراف پلکانی به مدل معرفی شد و سطح آب نیز در مرحله‌ی کالیبراسیون توسط داده‌های سال ۱۳۸۳ در حالتی که حجم رسوبات ۸۵ تا ۹۵ درصد از حجم مخزن سد را پر نموده است انجام شد.

اطلاعات رسوب مخزن سد شامل دبی رسوب ورودی با توجه به رابطه‌ی ارائه شده در گزارشات مربوط به سد مسجدسلیمان در سال‌های۱۳۸۳و ۱۳۸۶ و به صورت منحنی سنجش ارائه شد. همچنین دانه‌بندی رسوب در کلیه‌ی مقاطع با توجه به نمونه برداری‌های انجام شده در سال‌های۱۳۸۳و ۱۳۸۶ از مخزن سد شامل ۱۰ گروه دانه بندی در بازه-های رس، لای، ماسه و تا حدودی شن نرم می‌باشد که بازه‌های معرفی شده از راهنمای موجود مدل استخراج شد. همچنین اطلاعات مربوط به رسوبات چسبنده (ذرات لای و رس) سد نیز با توجه به تشابه با رسوبات چسبنده سد Elephant واقع در کشورآمریکا استخراج شده و در مدل GSTARS3 استفاده شد(Sierra County New Mexico Government).

کالیبراسیون مدل

عملیات کالیبراسیون مدل با استفاده از اطلاعات دوره های آماری سال‌های ۱۳۸۳و ۱۳۸۶ برای هر دو بخش هیدرودینامیک جریان و رسوب انجام شد. در (جدول ۱) تغییر پارامترهای موثر در کالیبراسیون این دو بخش از مدل و میزان حساسیت مدل به آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۱: تغییر پارامترهای موثر در کالیبراسیون

پارامترهای مدل	بازه‌های اجرا شده	میزان حساسیت
ضریب‌زبری	۰/۰۳-۰/۰۲۵-۰/۰۲	کم
معادله زبری	مانینگ، شزی، دارسی ویسباخ	کم
ضخامت لایه‌ی فعال (قطر متوسط ذرات رسوب)(میلی‌متر)	(۱۴، ۲۰، ۲۶، ۳۰، ۳۶)	کم
زاویه فرار ذرات رسوب (درجه)	۲۰، ۲۵،۳۰ ، ۳۵، ۴۰	متوسط
درجه حرارت آب (درجه سانتی‌گراد)	۲۵، ۲۷، ۲۸، ۳۰	کم
معادله‌ی انتقال رسوب	تمام گزینه‌های موجود در مدل	زیاد
الگوی ترسیب	متعادل و نامتعادل	زیاد

در جدول ۱ این نکته قابل ذکر است که به دلیل اینکه در مدل سازی توسط GSTAR کلیه‌ی پارامترهای مدل مورد نظر باید بر اساس واقعیت موجود منطقه مورد بررسی، تجزیه وتحلیل شده و از اعداد در بازه‌های متناسب استفاده گردد از روش آزمون وخطا جهت دست یافتن به یک میزان که دارای کمترین خطای محاسبه‌ای باشد بهره گرفته شده است. به این منظور بسته به جنس رسوبات بستر و وضعیت توپوگرافی و درجه حرارت منطقه مورد مطالعه از اعداد با بازه‌های متفاوت تا رسیدن به یک مقدار منطقی استفاده شده است.

الف) کالیبراسیون مدل با آمار سیلاب‌های به وقوع پیوسته

از آمار هیدرومتری مربوط به سیلاب‌های عمده سه ایستگاه پل شالو، کارون و گتوند که در سال‌های۱۳۸۳و ۱۳۸۶ بیش‌ترین میزان آورد رسوب رخ داده است جهت ارائه به مدل ریاضی پردازش اولیه شد. پارامترهای مورد نظر در اجرای اولیه‌ی مدل با توجه به منابع موجود، محاسبه‌ها و تحقیقات صورت گرفته بر روی مخازن انتخاب و سایر پارامترها نیز از منابعی که دارای شرایطی مشابه با مخزن مورد مطالعه بود استخراج شد. سپس صحت پارامترهای انتخابی و میزان حساسیت نتایج نسبت به تغییر پارمترها بررسی و خروجی محاسبه‌ها مقایسه شد. در اجرای اولیه جهت بررسی محاسبه‌ها نسبت به پارامترهای مختلف فرض شد روند رسوب‌گذاری در مخزن به صورت متعادل صورت می‌گیرد، در این حالت انباشتگی بسیار رسوب در ابتدای مخزن و در عوض انباشت ناچیز در انتهای مخزن در نزدیکی سد مشاهده شد که جهت بررسی علت این امر با تغییر دادن پارامترهای موجود در محاسبه‌ها میزان صحت انتخاب و اثر آن‌ها در نتایج محاسبه‌ها بررسی شد. با توجه به نتایجی که در جدول ۱ ارائه شد از میان پارامترها، معادله‌ی انتقالی رسوب و الگوی ترسیب اثر قابل ملاحظه‌ای در انباشت رسوب در ابتدا و طول مخزن داشتند. همچنین نوع معادله‌ی انتقال رسوب اثر قابل ملاحظه‌ای در روند رسوب‌گذاری در طول مخزن نشان داد اما اثر مشهودی در انباشت رسوب در ابتدا و انتهای مخزن نداشت، لیکن تنها پارامتر موثر در انباشت رسوب در ابتدا و انتهای مخزن یکی نحوه رسوب‌گذاری در مخزن (متعادل یا نامتعادل بودن) و دیگری میزان درصد فرسایش و رسوب‌گذاری در مقاطع است. لذا جهت کالیبراسیون مدل با انتخاب معادله انتقال مناسب

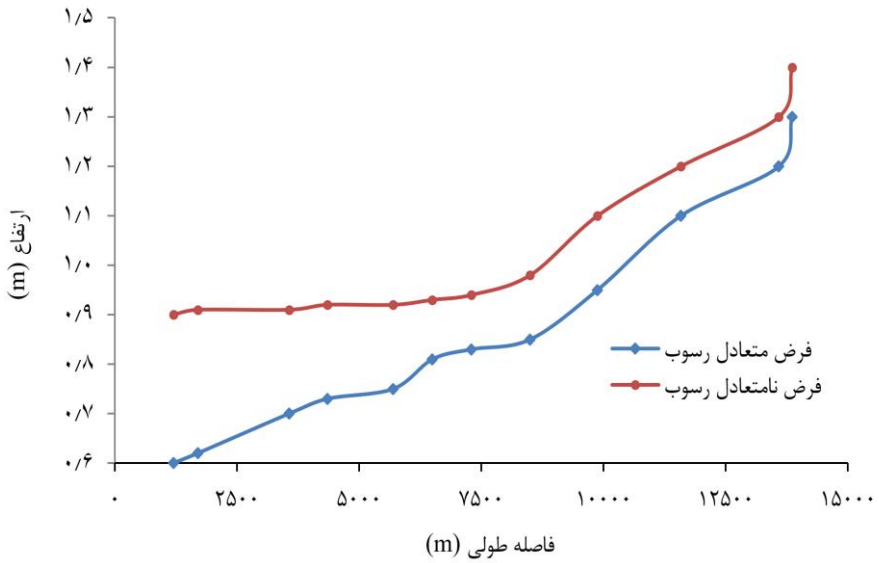
با توجه به نوع دانه‌بندی رسوب ورودی و کف مخزن و با اجرای متعدد مدل، میزان درصد فرسایش و رسوب‌گذاری هر مقطع بدست آمد و تا حصول نتیجه مطلوب با خطای قابل اغماض از مقایسه مقادیر محاسبه‌ای و مشاهده‌ای مدل مکرراً اجرا شد. در این حالت مدل با داده‌های سال ۱۳۸۳ کالیبره و سپس جهت بررسی صحت کالیبراسیون با مقادیر هیدروگرافی سال ۱۳۸۶ و همچنین با توجه به مقادیر حداکثر و متوسط دبی سالیانه ایستگاه‌های بالادست مخزن سد در بازه زمانی مورد مطالعه مقایسه و میزان خطای آن برآورد شد. پس از مشخص نمودن نحوه رسوب‌گذاری در مخزن (متعادل یا نامتعادل بودن) و میزان حساسیت نسبت به پارامترهای بکار رفته که خلاصه‌ی نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است، حال با توجه به میزان حساسیت پارامترها و با تغییر آن‌ها و تکرار در اجرای مدل پارامتر مورد نظر کالیبره شد. بدین منظور ابتدا جهت دست‌یابی به معادله‌ی انتقال رسوب مناسب، مدل را در ۱۲ مرحله توسط ۱۲ معادله‌ی موجود در برنامه اجرا نمودیم. از میان نتایج، معادله‌ی Yang (۱۹۷۰) در مقایسه با سایر معادلات نتیجه مناسب‌تری را ارائه نمود و پروفیل حاصل منطقی‌تر می‌باشد.

جدول۲ : مقایسه پارامترهای تحلیل رگرسیونی معادلات انتقال رسوب

رابطه	α	R^2
یانگ (۱۹۹۶)	۱/۰۱۸۹	۰/۹۶۶
سایر فرمول ها	۱/۰۵۸۴	۱/۰۱

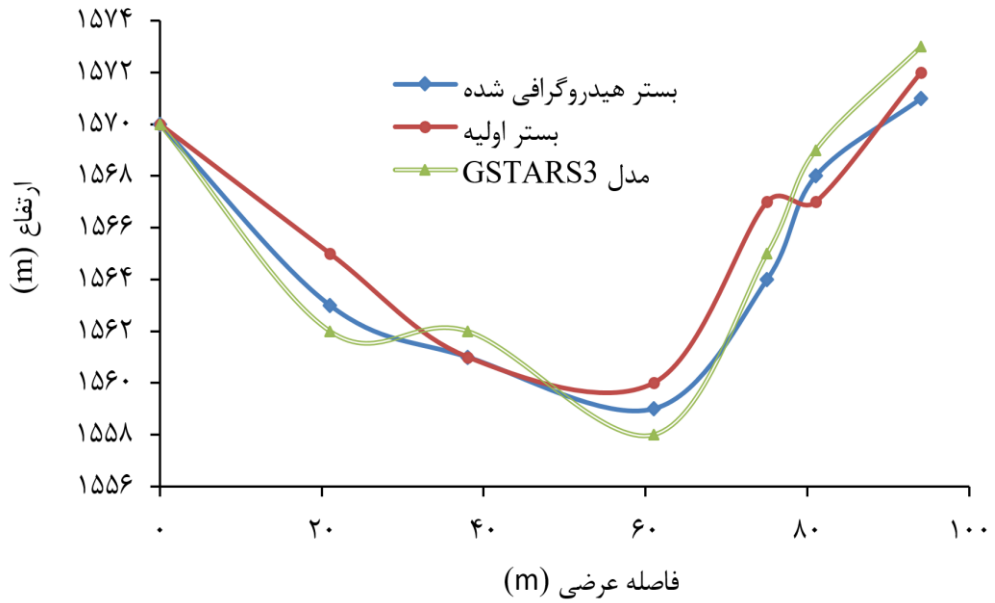
سایر معادلات، انباشتگی قابل ملاحظه‌ی رسوب را در ابتدای مخزن نشان دادند. با توجه به مشخص شدن معادله‌ی انتقال، مدل جهت دست‌یابی به ضخامت لایه‌ی فعال مناسب در محدوده تعیین شده در جدول ۱ اجرا شد. همان‌طور که در جدول ۱ ذکر شد میزان اثر بازه‌های ضخامت لایه فعال در نتایج کم برآورد شده است که این امر در نتایج حاصله در مدل مشهود می‌باشد. حال جهت کالیبراسیون درصد ترسیب و فرسایش مقاطع، مدل را با انتخاب گوناگون درصد ترسیب و فرسایش در مقاطع مختلف اجرا می‌شود. این امر تا زمانی که نتایج خروجی با مقادیر مشاهده‌ای حداقل اختلاف را داشته باشد صورت می‌گیرد. شکل ۲ اجرای مدل در دو حالت متعادل و نامتعادل بودن رسوب‌گذاری را نشان می‌دهد. در آخر جهت کنترل ضریب‌زبری و معادله زبری انتخابی، مدل در بازه‌های ارائه شده در جدول ۱ اجرا شد که اختلاف قابل ملاحظه‌ای در نتایج مشاهده نشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که میزان اثر ضریب‌زبری و معادله‌ی زبری بر محاسبه رسوب کم است. نهایتاً مدل با ضریب‌زبری سه درصد اجرا شد که با نتایج حاصله با مقادیر بدست آمده از ضریب‌زبری دو درصد

اختلاف ناچیزی دارد. در نهایت با توجه به دانه‌بندی بستر (نرم بودن)، ضریب‌زبری دو درصد و معادله‌ی بکار رفته در محاسبه معادله مانینگ انتخاب شده است.

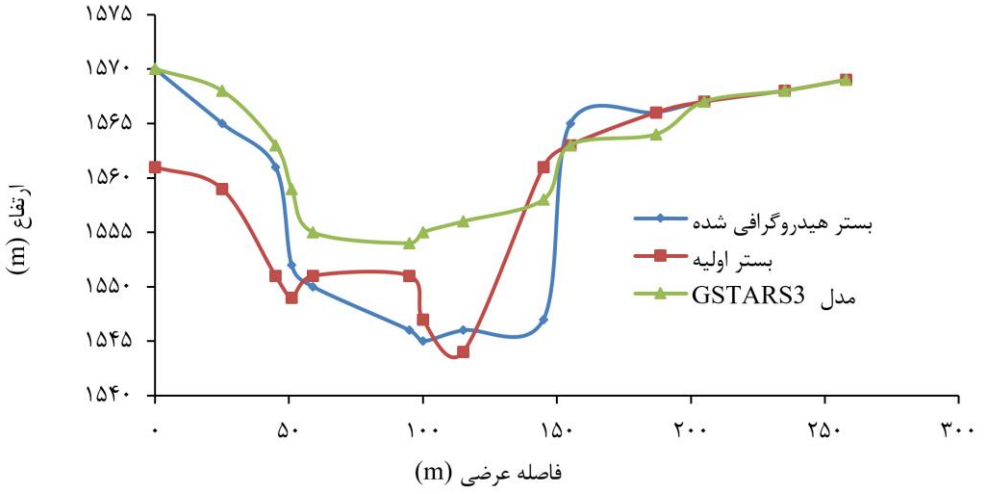


شکل ۲: اجرای مدل در دو حالت متعادل ونامتعادل بودن رسوب‌گذاری

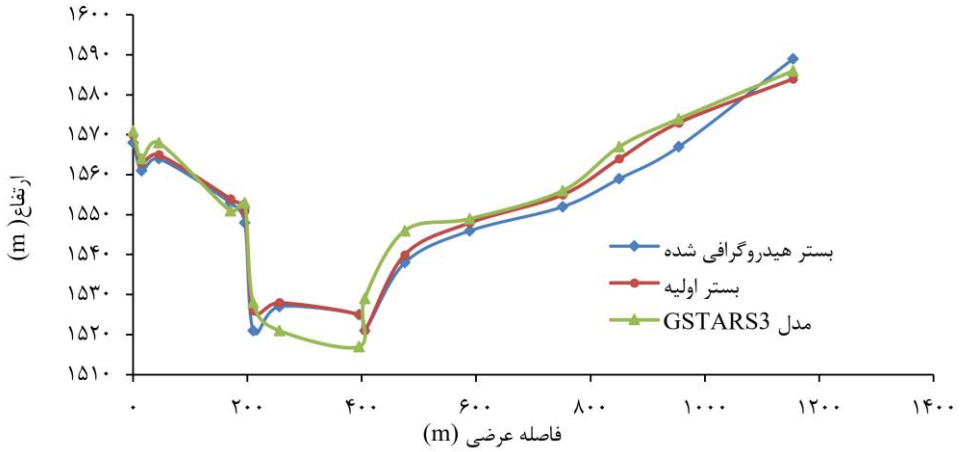
پس از کالیبره شدن مدل توسط داده‌های سال۱۳۸۳، مقایسه‌ای بین نتایج خروجی و مقادیر مشاهده‌ای صورت گرفت. در شکل ۳و ۶ پروفیل چند مقطع عرضی در قبل و بعد از رسوب‌گذاری نشان داده شده است.



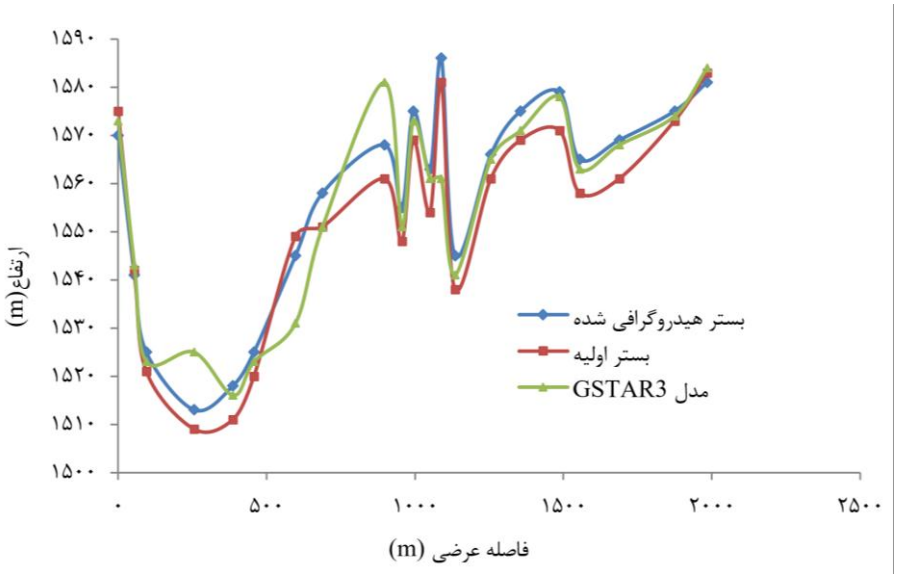
شکل ۳: پروفیل مقاطع عرضی مختلف در قبل و بعد از رسوب‌گذاری



شکل ۴: پروفیل مقاطع عرضی مختلف در قبل و بعد از رسوب‌گذاری



شکل ۵: پروفیل مقاطع عرضی مختلف در قبل و بعد از رسوب‌گذاری



شکل ۶: پروفیل مقاطع عرضی مختلف در قبل و بعد از رسوب‌گذاری

در نهایت با مقایسه بین مقادیر مشاهده‌ای و نتایج کالیبراسیون و با توجه به هم‌پوشانی پروفیل‌های حاصل از آن‌ها میزان خطای نتایج بدست آمده از مدل توسط معادلات آماری ARE و RRME به‌ترتیب برابر ۰/۰۰۱۲ و ۱/۵۴ برآورد شد. میزان خطای محاسبه‌ای توسط معادله‌ی ARE زمانی‌که کوچک‌تر از یک و میزان خطای محاسبه‌ای توسط رابطه ۲ RRMS کوچک‌تر از پنج باشد نتایج قابل قبول خواهند بود. لذا مقادیر بدست آمده از مدل، گویای مناسب بودن نتایج کالیبراسیون مدل توسط داده‌های لحظه‌ای سال می‌باشند.

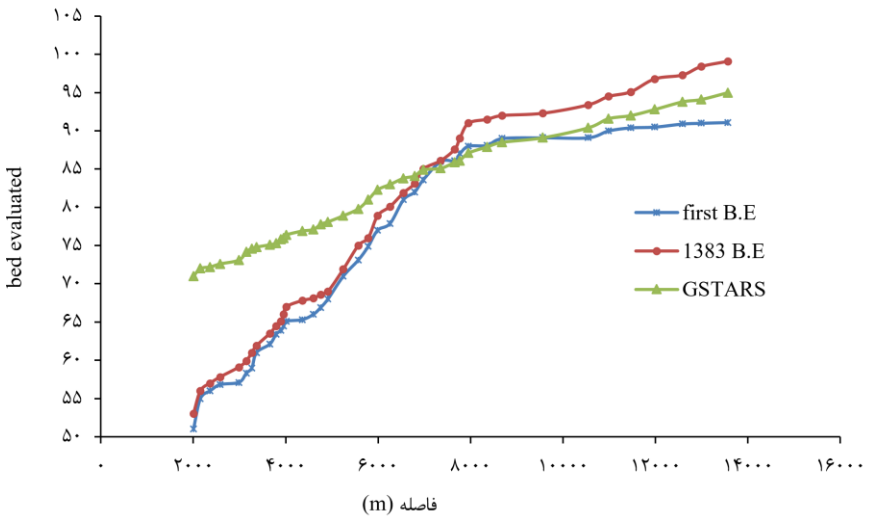
رابطه ۲: $$PRMS = RMSD(\theta_1, \theta_2) = \sqrt{MSE(\theta_1, \theta_2)} = \sqrt{E((\theta_1 - \theta_2)^2)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}}$$

ب)کالیبراسیون مدل با آمار متوسط روزانه

در مرحله قبل مدل‌سازی جهت انجام محاسبه‌ها و پیش‌بینی رسوب مخزن سد مسجدسلیمان توسط آمار سیلاب‌های موجود صورت گرفت، حال سعی بر آن است تا مدل توسط داده‌های روزانه کالیبره شود. بدین منظور آمار و اطلاعات جریان و رسوب روزانه از گزارشات موجود اخذ و به مدل معرفی شد. در این مرحله واحد گام‌های زمانی محاسبه‌ها (روز) می‌باشد. اجرای مدل توسط داده‌های روزانه همانند مرحله ارزیابی مدل توسط داده‌های لحظه‌ای در مرحله قبل است. میزان خطای نتایج حاصل از کالیبراسیون مدل توسط آمارهای روزانه توسط معادلات ARE و RRMS به‌ترتیب ۰/۰۱ و ۱/۲۹ برآورد شده است. در شکل ۷ مقایسه بین مقادیر حاصله از مدل با مقادیر مشاهده‌ای نشان داده شده است که میزان هم‌پوشانی مقادیر مشاهده‌ای و محاسبه‌ای مناسب می‌باشد.

جدول۳: محاسبه میزان خطای محاسبه‌ای بر اساس روش‌های آماری

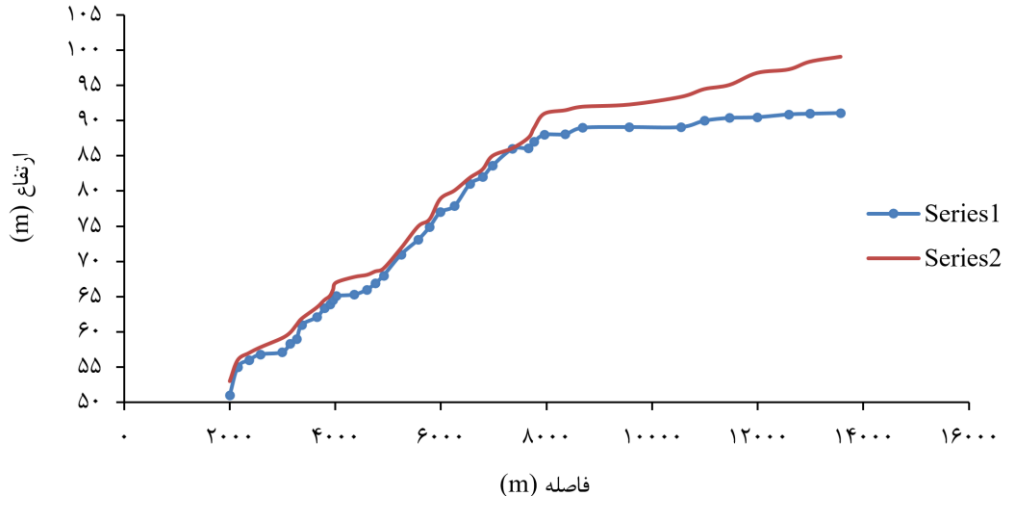
RRMS	ARE	R^2
۱/۲۹	۰/۰۱	۰/۹۶۶



شکل ۷: مقایسه بین مقادیر محاسبه شده با مقادیر مشاهده شده

پیش‌بینی روند رسوب‌گذاری در مخزن توسط مدل

با توجه به نتایج مناسبی که در مرحله‌ی کالیبراسیون روزانه و لحظه‌ای به دست آمد تصمیم گرفته شد از این مدل جهت پیش‌بینی الگوی طولی و عرضی رسوب‌گذاری در مخزن سد مسجد سلیمان استفاده شود. جهت انجام پیش‌بینی نیاز به اطلاعات هندسی و هیدرولیکی مخزن در سال ۱۳۸۹ وجود داشت. از اطلاعات هیدرولیکی مخزن تنها هیدروگراف لحظه‌ای پیش‌بینی شده‌ای از جریان و رسوب مخزن وجود دارد و آماری از جریان روزانه موجود نمی‌باشد. لذا جهت پیش-بینی رسوب‌گذاری توسط داده‌های لحظه‌ای فرض را بر صحت داده‌ها نموده و برای بررسی روند پیش‌بینی به مدل معرفی شدند. اما جهت پیش‌بینی توسط داده‌های روزانه فرض شد که داده‌های موجود قطعی بوده و از آن‌ها به عنوان داده‌های آینده استفاده شد. مراحل پیش‌بینی نیز همان مراحل کالیبراسیون گفته شده در قبل می‌باشد، که نتایج آن در شکل ۷ مشاهده شد. با مقایسه نتایج مرحله پیش‌بینی توسط داده‌های روزانه و لحظه‌ای همان‌طور که انتظار می‌رفت در نتایج حاصل از داده‌های روزانه میزان رسوب‌گذاری بیش‌تری در ناحیه‌ی یک سوم ابتدای مخزن مشاهده می‌شود. اما نتایج حاصل از داده‌های لحظه‌ای از این امر مستثنی بوده و توزیع رسوب در طول مخزن تقریباً یکنواخت است. لذا نتایج حاصل از داده‌های لحظه‌ای منطقی‌تر می‌باشد. در مشاهده پروفیل بدست آمده از مرحله‌ی پیش‌بینی توسط داده‌های لحظه‌ای به غیر از ناحیه پشت سد و ناحیه‌ی واقع در هشت کیلومتری سد مسجدسلیمان در سایر نقاط میزان ترسیب یکنواخت مشاهده می‌گردد. علت انباشت رسوب در ناحیه پشت سد به دو عامل خروج رسوب از دریچه‌های تحتانی سد و وجود دو انحنای متوالی در ناحیه یک سوم انتهایی مخزن سد مسجد سلیمان باز می‌گردد و سبب می‌شود بیشتر بار رسوب در انحنای مسیر گرفته شده و لذا انباشت رسوب در پشت سد کمتر باشد. شکل ۸ مقایسه پروفیل پیش بینی شده توسط مخزن وپروفیل مشاهداتی حاصل از اطلاعات موجود در سال ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد.



شکل ۸: مقایسه پروفیل پیش بینی شده توسط مخزن وپروفیل مشاهداتی از سال ۱۳۸۹

ارزیابی نتایج

استفاده از نتایج مدل ریاضی دو بعدیGSTARS3 نشان می‌دهد که مدل‌های نیمه دو بعدی دقت بیش‌تری نسبت به مدل‌های یک بعدی داشته و نتایج نزدیک‌تری به واقعیت دارند. این روش به خوبی قوانین حاکم بر ته نشینی رسوبات وارده به مخازن سدها را در نظر می‌گیرد. با توجه به کالیبراسیون مدل در مخزن سد مسجد سلیمان می‌توان اظهار نظر کرد که این ضریب در کل مخزن ثابت نبوده، بطوری‌که در مورد مطالعاتی مخزن سد مسجد سلیمان این ضریب در شش قسمت مخزن تغییر می‌کند و با نزدیک شدن به سد و متعاقب آن کاهش سرعت آب و ریزدانه‌تر شدن دانه‌بندی ذرات، مقدار آن افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه نتایج حاصل از مدل ریاضی حاصل از مخزن سد مسجد سلیمان در مراحل کالیبراسیون مورد ارزیابی و مقایسه با مقادیر مشاهده‌ای بیانگر میزان دقت قابل توجه نتایج محاسبه‌ها می‌باشد، که میزان خطای قابل اغماض دو درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل مناسبی جهت تحلیل و بررسی انتقال و ته‌نشینی رسوب مخزن سد مسجدسلیمان انتخاب نموده‌ایم و لذا به جرات می‌توان گفت این مدل ریاضی با توجه به کم و کاستی‌های اطلاعات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی مخازن و آبراهه‌های ایران یکی از وسایل کمکی و قابل اطمینان جهت تحلیل مخازن و رودخانه‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری

۱) با توجه به نتایج بدست آمده روندیابی رسوب مخزن توسط مدل با استفاده از آمارهای لحظه‌ای دارای حساسیت کمتری نسبت به آمار روزانه می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد حجم بسیاری از رسوب ورودی به مخزن ناشی از سیلاب‌های لحظه‌ای می‌باشد.

۲) کاهش حجم سالیانه مخزن ۱/۶ درصد برآورد شده که مقدار مشاهده‌ای آن ۱/۱ درصد است.

۳) با توجه به آنالیز حساسیت مدل از میان پارامترها و داده‌های ورودی مدل، تغییر در دمای آب، کمترین اثر و الگوی ترسیب و معادله انتقال بیشترین اثر را بر نتایج داشتند.

۴) هر چه تعداد روندیابی رسوب در طول یک گام زمانی بیشتر باشد، پیش‌بینی توزیع رسوبات در داخل مخزن بهتر انجام می‌شود اما در برآورد حجم کل رسوب اثری ندارد.

سپاسگزاری

از حمایت دانشگاه آزاد اسلامی شوشتر و دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان در تدوین این مقاله تشکر می‌گردد.

منابع

ذرتی پور، م.، دهانزاده،ب.، ظهیری،ع.ر. و هوشمندزاده، م.(۱۳۹۰). بررسی روند رسوب‌گذاری در مخزن سد کرخه با استفاده از مدلGSTARS-3 ، ماهنامه تخصصی- پژوهشی عمران،معماری، شهرسازی، شماره ۵۴.

ره نورد، مجتبی.، ره نورد، محمد.، محمودیان شوشتری، م. و طالب بیدختی، ن. (۱۳۹۱). شبیه سازی انتقال رسوب در رودخانه مطالعه موردی رودخانه دز، مجله مهندسی منابع آب، شماره۱۲، ص ۱۱۰-۹۹.

محمدی، س. و کاشفی‌پور، س.م.(۱۳۹۱). مدلسازی عددی جریان به کمک ضریب زبری دینامیک (مطالعه موردی: رودخانه کارون)، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، شماره ۹، ص ۱۱۰-۹۹.

هوشمندزاده، م.، محمودیان شوشتری، م.، کاشفی پور، م. و قمشی، م.(۱۳۸۷). مقایسه نرم افزارهای HEC-6 و GSTARS در برآورد رسوب‌گذاری در مخزن سد کرخه، ماهنامه عمران آب، شماره ۱۶، ص ۱۳-۵.

Cellino, M. and Essyad, K. (2002). Reduction of Sediment Deposition by Introducing an Artificial Stony Bank. A Practical Example in Upper Rhon River, Switzerland, Proceeding of the International Conference on Fluvial Hydraulics, Louvain-La-Neuve, Belgium, pp: 951-959.

Sierra County New Mexico Government. **www.sierracountynewmexico.info**. **USBR. (1987).** Design of Small Dams, Water Resource Technical Pub. Third Edd, App:A.