

پیش بینی روند رسوب گذاری در مخزن سد جیرف با استفاده از مدل GSTAR3

مهدی قمشی^۱، مبین جهانشاهی^۲ و محمد رضا زایری^۳

*۱- نویسنده مسئول، استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز ghomeshi@scu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد، دانش آموخته سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۲۷

چکیده

احداث سد از متداولترین روش‌ها جهت بهره برداری از سیستم منابع آب سطحی بوده که هزینه های بسیار هنگفتی در قالب طرح‌های عظیم ملی صرف ساخت آن می‌شود. رسوب گذاری در مخزن سد نه تنها سبب کاهش ظرفیت و عمر مخزن می‌شود، بلکه ضمن ایجاد اشکالات عدیده در باز و بسته کردن دریچه‌های عمقی و نیمه عمقی سد، موجب افزایش سطح مخزن و افزایش تبخیر و تلفات آب می‌شود. در این تحقیق با استفاده از مدل GSTAR3 وضعیت رسوبگذاری سد جیرف مورد بررسی قرار گرفت. بعد از واسنجی مدل به کمک داده های آبنگاری مخزن سد جیرف نحوه رسوبگذاری در مقطع طولی و عرضی ترسیم گردید. در هر مرحله از کالیبراسیون ضرایب به گونه‌ای تعیین می‌گردید که مقدار تابع خطای RMSE حداقل گردد. با توجه به پیش‌بینی مدل در سال ۱۴۴۳ حدود ۸۰ درصد از حجم مخزن از رسوب پر می‌گردد به عبارتی دیگر سالیانه به طور متوسط حدود ۱/۲۳ درصد از حجم اولیه مخزن کاسته می‌شود و همچنین راندمان تله اندازی ۸۷ درصد محاسبه گردید.

کلید واژه‌ها: رسوبگذاری، سد جیرف، GSTAR3.

مقدمه

معمولاً رسوب در اثر سه عامل به داخل مخزن و حتی تا نزدیکی سد منتقل می‌شود که عبارتند از:

۱- انتقال مواد درشت دانه به صورت بار بستر در طول شیب پایین دست دلتا

۲- انتقال مواد ریزدانه توسط جریان به سمت مخزن

۳- انتقال مواد بسیار ریز توسط جریان چگال

لغزش توده‌ای سواحل نیز از پدیده‌های دیگری است که در تعدادی از سدها اتفاق می‌افتد و ممکن است حجم زیادی رسوب را وارد مخزن کند.

تمامی روش‌های تعیین نحوه‌ی پخش رسوبات در مخازن سدها را می‌توان به دو دسته روش‌های تجربی و روش‌های مبتنی بر مدل‌های ریاضی و رایانه‌ای تقسیم کرد. بسیاری از محققان از روش‌های تجربی برای نشان دادن پدیده انتقال رسوب با استفاده از داده‌های به دست آمده در آزمایشگاه استفاده می‌کنند. مطالعات تجربی بیشتر با آزمایشات مربوط به فلوم انجام شده است (۱۲، ۸، ۱۷، ۱۹، ۱۳ و ۱۴).

مدل‌های عددی یک بعدی انتقال رسوبات عمدتاً بر اساس روش تفاضل محدود معادلات حاکم را برای به دست آوردن ارتفاع بستر

احداث سد در مسیر رودخانه سبب به هم خوردن تعادل هیدرودینامیکی شده و در نتیجه تمامی یا بخشی از رسوبات در سد به جا می‌ماند. این رسوبات ته نشین شده و نحوه توزیع در مخزن سد مهمترین عامل در برآورد عمر مفید سد می‌باشد. با توجه به تأثیر مستقیم عمر مفید مخزن سد در میزان بازده رسوبگذاری در مخزن سد از مهمترین عوامل تأثیرگذار در اقتصاد طرح خواهد بود. هدف از رسوبگذاری مخازن سدها، تعیین مقدار و نحوه توزیع رسوبات و یا به عبارتی تعیین توزیع زمانی و مکانی رسوبات در مخزن می‌باشد. با توجه به پیچیدگی فرآیند رسوبگذاری، مکانیزم آن به خوبی شناخته نشده است. در گذشته از روش‌های تجربی که نیاز به اطلاعات کمتر و محاسبات ساده‌ای داشت برای بررسی فرآیند رسوبگذاری استفاده می‌شد. با ابداع روش‌های ریاضی و پیدایش رایانه‌های با سرعت بالا و همچنین دسترسی به آمار و اطلاعات مورد نیاز، مدل‌های ریاضی و رایانه‌ای به عنوان ابزار مناسبی به منظور مطالعه روند رسوبگذاری در مخازن سدها شناخته شدند.

فرآیند رسوبگذاری در مخازن سدها دارای سه مرحله، تولید رسوب، انتقال رسوب و مرحله ته نشینی و توزیع آن در مخزن سد می‌باشد.

GSTARS3 معادله انرژی را بر مبنای روش گام استاندارد حل می‌کند.

$$Z+Y+\alpha \frac{V^2}{2g} = H \quad (1)$$

که Z: ارتفاع کف، Y: عمق آب، V: سرعت جریان، α : ضریب توزیع سرعت، H: ارتفاع خط انرژی از مبنا و g: شتاب جاذبه می‌باشد.
۲- معادله ممتنم

$$\frac{Q\gamma}{g}(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1) = P_1 - P_2 + W_g \sin\theta - F_f \quad (2)$$

که در آن γ : وزن واحد آب، β : ضریب ممتنم، P: فشار در مقطع عرضی داده شده، W_g : وزن آب محدود به مقطع ۱ و ۲، θ : شیب کف بستر، F_f : مجموع اصطکاک خارجی در طول مرز آبراهه.

۳- روابط مقاومت جریان

S_f برای یک دبی معین و ضریب انتقال (K) به صورت زیر می‌باشد.

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 \quad (3)$$

در GSTARS3 برای محاسبه K می‌توان از فرمولهای مانینگ، شزی و یا دارسی ویسباخ استفاده نمود.

۴- معادله پیوستگی رسوب

مبنای محاسبات روندیابی رسوب در GSTARS3 بر اساس بقاء جرم رسوب می‌باشد. در جریان غیرماندگار یک بعدی، معادله پیوستگی رسوب به صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{\partial Q_s}{\partial X} + \eta \frac{\partial A_d}{\partial t} + \frac{\partial A_s}{\partial t} - q_{lat} = 0 \quad (4)$$

و پروفیل‌های سطح آب منقطع می‌نمایند (۷، ۵، ۱۱، ۱۶، ۹، ۱۰ و ۶).

GSTARS نسخه ۳ بر مبنای نسخه ۲/۱ یک مدل عددی شبه دو بعدی می‌باشد (۱۸) سیدیان، وضعیت رسوبگذاری در مخزن و شمشگیر را با استفاده از مدل ریاضی GSATRS3 بررسی کرد (۳). همچنین حسن‌زاده و منصورخان کندی به بررسی رسوبگذاری سد مراغه با استفاده از مدل ریاضی GSATRS3 پرداخت (۴). در این تحقیق روند رسوبگذاری رسوبات ریز دانه در سد جیرفت با استفاده از مدل ریاضی GSATRS3 مورد مطالعه قرار گرفته است.

ویژگی‌های مدل GSTARS3

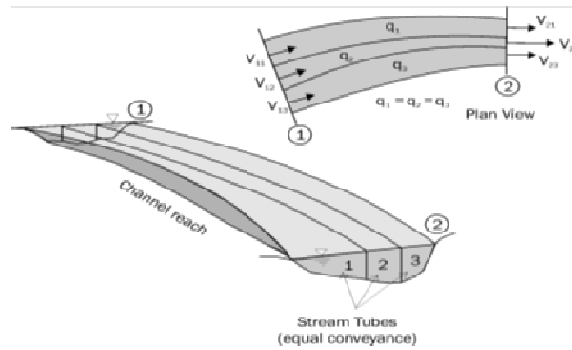
سری برنامه‌های GSTARS به علت نیاز به مدل‌های کامپیوتری متمم یافته روندیابی رسوب و دبی توسعه داده شده‌اند که می‌تواند برای حل مسائل پیچیده مهندسی رودخانه در جایی که محدودیت‌های اطلاعات و منابع وجود دارد مورد استفاده قرار گیرند.

بعضی از قابلیت‌ها و ویژگی‌های GSTARS3 به شرح زیر می‌باشند:

- GSTARS3 می‌تواند محاسبات پروفیل سطح آب را برای شرایط انتقال رسوب یا بدون انتقال رسوب انجام دهد.
- GSTARS3 قادر است پروفیل‌های سطح آب را در شرایط جریان زیربحرانی و فوق‌بحرانی، همراه با پرش هیدرولیکی محاسبه نماید.
- GSTARS3 قادر است متغیرهای عرضی و طولی جریان و شرایط رسوب را به روش نیمه دوبعدی بر مبنای فرض لوله جریان محاسبه نماید. اگر تنها یک لوله جریان انتخاب شود، مدل یک بعدی می‌شود. اگر چند لوله جریان انتخاب شود، تغییرات ارتفاع کف در راستای عمودی و جانبی قادر به شبیه‌سازی می‌باشد.

معادلات حاکم

۱- معادله انرژی



شکل ۱- نمای شماتیک لوله‌های جریان

رسوب برای هر لوله جریان و هر گام زمانی انجام می‌شود. ترکیب مواد بستر برای هر لوله جریان در آغاز گام زمانی محاسبه می‌شود و محاسبات جورشدگی و روسازی به طور جداگانه برای هر لوله انجام می‌شود. شکل (1) نمایی از فرض لوله‌های جریان را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

مشخصات سدجیرفت

رودخانه هلیل با طول ۳۹۰ کیلومتر، تا بلندی ۳۳۰۰ متری کوهستان هزار و ۱۰۰ کیلومتری شهر جیرفت تنها رودخانه دائمی استان کرمان است که از رشته کوه‌های بافت سرچشمه گرفته و به سمت دشت جیرفت در جریان است. مساحت حوزه آبریز این رودخانه ۸۴۵۰ کیلومتر مربع و دبی متوسط این رودخانه ۱۳/۵ متر مکعب در ثانیه است که اغلب در تابستان کم آب می‌شود. بر روی رود هلیل در سال ۱۳۷۰ سد جیرفت به منظور ذخیره آب کشاورزی، تأمین آب و جلوگیری از خسارت طغیان‌های شدید رود و همچنین جهت تولید انرژی برق آبی احداث گردید. در شکل (2) موقعیت سد جیرفت نشان داده شده است.

آمار و اطلاعات مربوط به روش بهره برداری از مخزن سد، آمار و اطلاعات هیدرولوژیک، آمار دبی رسوب ورودی به مخزن، دانه‌بندی رسوب ورودی و دانه بندی رسوبات مواد بستر جمع‌آوری گردید (۲ و ۱). اطلاعات جمع‌آوری شده در دو بخش، شامل داده‌های هیدرولیکی و داده‌های مربوط به بخش رسوب به مدل معرفی گردید.

که η : حجم رسوب در واحد حجم لایه بستر، A_s : حجم رسوب به صورت معلق در مقطع عرضی در واحد طول، A_d : حجم رسوب به صورت بار بستر در مقطع عرضی در واحد طول، Q_s : دبی حجمی رسوب و q_{lat} : جریان ورودی جانبی رسوب می‌باشد.

برای ساده سازی این معادله فرض شده که تغییرات غلظت رسوب در مقطع عرضی خیلی کمتر از تغییرات غلظت رسوب در بستر رودخانه می‌باشد یعنی:

$$\frac{\partial A_s}{\partial t} \ll \eta \frac{\partial A_d}{\partial t} \quad (5)$$

و در طول یک گام زمانی فرض می‌شود پارامترهای تابع انتقال رسوب برای یک مقطع ثابت باقی بمانند:

$$\frac{\partial Q_s}{\partial t} = 0 \quad \text{یا} \quad \frac{\partial Q_s}{\partial X} = \frac{dQ_s}{dX} \quad (6)$$

که با این فرضیات معادله (۴) تبدیل می‌شود به:

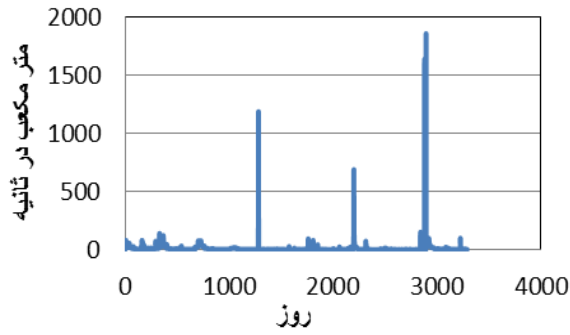
$$\frac{dQ_s}{dX} + \eta \frac{\partial A_d}{\partial t} = q_{lat} \quad (7)$$

خطوط جریان و لوله‌های جریان

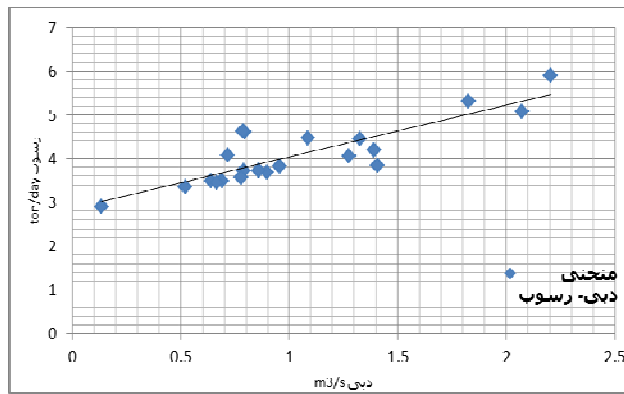
لوله‌های جریان لوله‌های فرضی می‌باشند که دیواره‌های آنها بوسیله خطوط جریان تعیین می‌شود. دبی آب در طول لوله جریان ثابت می‌باشد زیرا جریان نمی‌تواند از مرز لوله جریان عبور کند. بنابراین متغیر سرعت در طول لوله جریان با مساحت لوله جریان نسبت عکس دارد. موقعیت لوله جریان برای هر گام زمانی محاسبه می‌شود، بنابراین به لوله‌های جریان اجازه داده می‌شود تا با زمان تغییر کنند. روندیابی



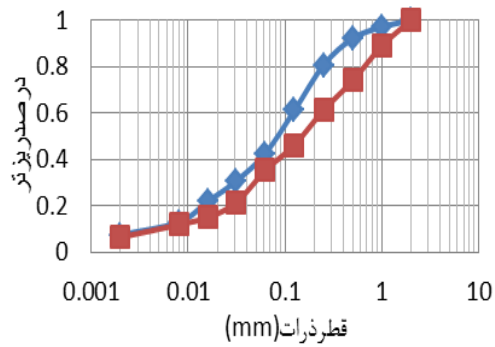
شکل ۲- موقیت سد و دریاچه سد جیرفت



شکل ۳- دبی ورودی به مخزن سد جیرفت



شکل ۴- منحنی دبی رسوب سد جیرفت



شکل ۵- دانه بندی رسوبات ورودی به مخزن سد

داده‌ها

۱- مشخصات ژئومتری مخزن

۱-۱ مقاطع عرضی مخزن

جهت معرفی توپوگرافی مخزن سد به مدل، داشتن مقاطع مختلف از سد لازم بود. برای این منظور از هیدروگراف سال ۱۳۷۶ استفاده شد.

۲-۱ ضریب زبری مانینگ

این ضریب با استفاده از تجربیات و نمونه‌های گرفته شده در زمان تخلیه سد اجرای کالیبراسیون تخمین زده و برابر $0/038$ انتخاب شد.

۲- داده‌های هیدرولوژیکی

۱-۲ درجه حرارت

۲-۲ دبی جریان ورودی به مخزن

شکل (۳) مقدار دبی ورودی به مخزن را در طول سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۴ نشان می‌دهد.

۳- آمار و اطلاعات مربوط به رسوبات

۱-۳ آمار دبی آب - دبی رسوب و یا دبی رسوب

با توجه به منحنی دبی جریان-دبی رسوب (شکل ۴) و برازش آن معادله دبی رسوب به صورت زیر محاسبه شد:

$$Q_s = 15.215476 (Q)^{2.1259532} \quad (8)$$

که در این رابطه Q: دبی آب و Q_s دبی رسوب می‌باشد

۲-۳ دانه بندی رسوب ورودی

بر اساس نمونه‌های برداشت شده دانه بندی رسوب ورودی به مخزن در شکل (۵) نشان داده شده است.

۴- دانه بندی رسوبات مواد بستر

نمونه‌های موجود از رسوبات مخزن سد جیرفت رسوبات محدوده دلتا و مقاطع عرضی این منطقه است که به علت کاهش عمق آب در مخزن در تابستان و همچنین خشکسالی‌های اخیر برداشت شده است. همچنین نمونه‌ای از رسوبات ریزدانه سد در رسوب شویی مخزن سد برداشت شد و با دستگاه مستر سائزر دانه‌بندی آن مشخص گردید (شکل ۶) این دو نمونه جهت معرفی توزیع دانه بندی رسوبات در مخزن به مدل معرفی گردید.

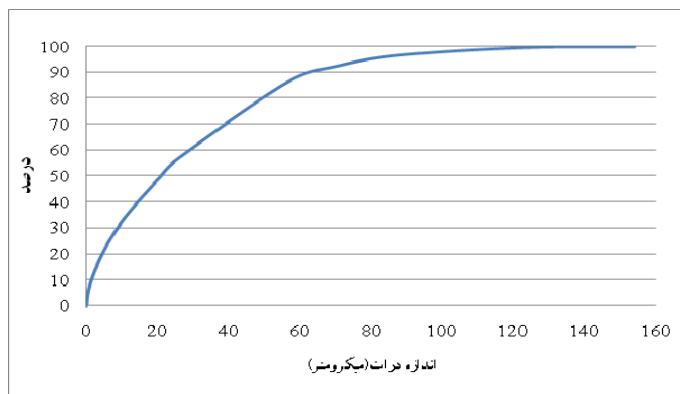
نتایج و بحث

پس از آماده سازی اطلاعات و وارد کردن آنها با فرمت خاص در یک فایل متنی اقدام به اجرای مدل گردید. روند اجرای مدل-های ریاضی بدین گونه می‌باشد که ابتدا باید مدل را واسنجی نمود. سپس با استفاده از یک سری متفاوت از اطلاعاتی که مدل با آن واسنجی شده عملیات صحت سنجی صورت پذیرد. برای واسنجی و صحت سنجی به سه سری مقطع هیدروگرافی نیاز می‌باشد (یک سری به عنوان مقطع اولیه و دو سری برای واسنجی و صحت سنجی). در این تحقیق مقاطع حاصل از هیدروگرافی سال ۱۳۷۶ به عنوان مقاطع اولیه به مدل معرفی گردید و از هیدروگرافی سال ۱۳۸۴ جهت واسنجی مدل استفاده شد. برای بررسی شرایط صحت سنجی چهار مقطع از مقاطع سال ۱۳۸۴ کنار گذاشته شد و پس از انجام مراحل واسنجی جهت صحت سنجی تغییر پارامترها در مرحله واسنجی به صورت یک سیکل، تکرار می‌گردد.

این سیکل زمانی متوقف می‌گردد که مقدار این پارامترها نسبت به مرحله قبلی واسنجی بدون تغییر باقی به ماند. به منظور افزایش دقت نتایج خروجی، عملیات واسنجی برای ضرایبی از مدل که دارای مقدار پیش فرض نیز می‌باشند انجام شد. در میحث رسوبگذاری بیشترین عامل تاثیر گذار بر نتایج، تابع انتقال رسوب می‌باشد. میزان خطای هر یک از توابع در جدول (۱) آورده شده است. فرمول یانگ کمترین میزان خطا را دارد لذا جهت مراحل واسنجی مورد استفاده قرار گرفت. تمامی پارامترهای واسنجی شده، دامنه تغییرات و خطای حاصل از آنها در جداول (۲) تا (۴) آورده شده است. برای محاسبه میزان خطا از تابع RMSE استفاده شد.

بعد از تعیین ضرایب مورد نظر، برای مقایسه نهایی خروج مدل و مقدار اندازه گیری شده با استفاده از ضرایب تعیین شده در مراحل واسنجی، مدل اجرا گردید. مقایسه خروجی مدل و مقدار اندازه گیری شده در شکل‌های (۷) و (۸) آورده شده است.

مقدار تابع خطای RMSE در این مرحله برابر با $1/029$ می‌باشد. همان‌گونه که ذکر گردید به دلیل کمبود اطلاعات هیدروگرافی مخزن به منظور صحت سنجی ناگزیر به استفاده از مقاطع برداشت شده در سال ۱۳۸۴ می‌باشیم در مرحله واسنجی طول مخزن به چهار قسمت تقسیم گردید. میزان خطا در این مرحله برابر با $2/122$ به دست آمد. تفاوت کم میزان خطا در مرحله واسنجی و صحت سنجی بیانگر این موضوع می‌باشد که بعد از واسنجی مدل نتایج پیش بینی حاصل از اجرای مدل با دقت بالایی قابل پذیرش می‌باشد.



شکل ۶- دانه بندی رسوبات ریز دانه مخزن سد جیرفت

جدول ۱- مقایسه میزان خطای توابع انتقال رسوب

معادله انتقال رسوب	RMSE
میر-پتر و مولر (Meyer-Peter and Müller 1948)	۲/۳۶
لارسن (Laursen 1958)	۲/۳۴
توفالنتی (Toffaletti 1963)	۲/۹۸۷
انگلوند و هانسن (Engelund and Hansen 1967)	۲/۳۶۸
ایکرز و وایت (Ackers and White 1973)	۲/۲۸۶
یانگ (Yang 1973)	۲/۲۴۵
یانگ (Yang 1979)	۲/۱۵۲
پارکر (Parker 1979)	۲/۲۵۴
اصلاح شده یانگ ۱۹۹۶	۲/۲۱۵
ایکرز و وایت اصلاح شده	۲/۳۳۴
دوبوی (Duboy 1879)	۲/۴۲۵
لارسن اصلاح شده	۲/۲۵۴
آشیدا و میچو (Ashida micho)	۲/۴۵۲
تسینگ هوآ (Tsinghua)	۲/۲۲۵

جدول ۲- پارامترهای انتقال رسوب نامتعادل

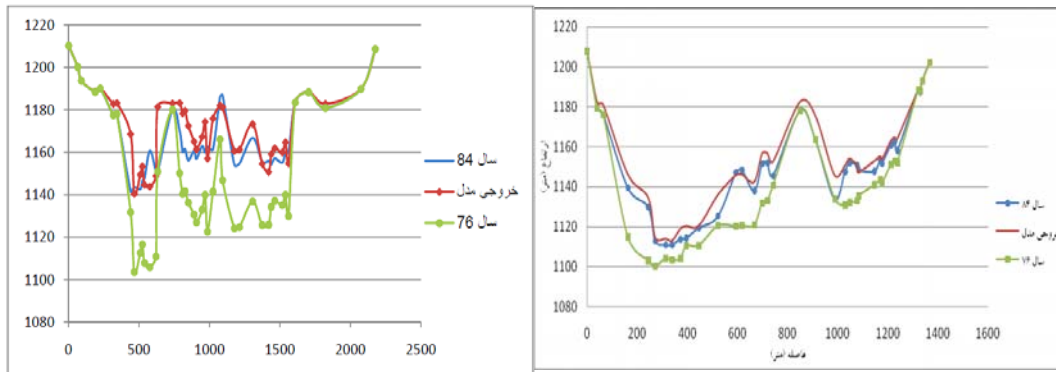
بهترین مقدار	دامنه تغییرات	RMSE	پارامترهای اصلاحی فرسایش
۱	۰/۳	۲/۸۴	پارامترهای اصلاحی رسوبگذاری
	۲/۵	۳/۱۶۹	
-۰/۲۹	-۰/۰۱	۴/۸۸۵	پارامترهای اصلاحی رسوبگذاری
	۱/۵	۳/۵۸۴	

جدول ۳- پارامترهای مربوط به سرعت سقوط رسوبات چسبنده

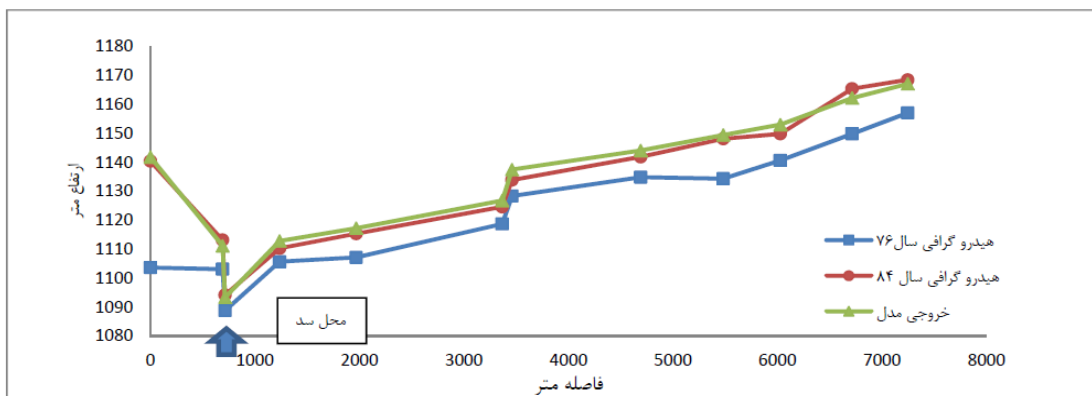
بهبترین مقدار	دامنه تغییرات	RMSE	CS
۲۵۰	۲۰۰	۲/۲۱	حد پایین غلظت برای فولکولاسیون
۶۰۰۰	۳۵۰	۲/۴۲۸	حد پایین غلظت برای hindered settling
۰/۰۰۰۰۰۰۳۲	۵۰۰۰	۲/۱۱۱	ضریب فرمول سرعت سقوط در حالت فولکولاسیون
۱	۹۰۰۰	۳/۱۵۱	توان فرمول سرعت سقوط در حالت فولکولاسیون
۱	۰/۰۰۰۰۰۰۲۵	۲/۹۳۵	ضریب فرمول سرعت در حالت hindered settling
۵	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۲/۴۷۷	توان فرمول سرعت سقوط در حالت hindered settling
	۰/۶	۲/۷۳۹	
	۱/۵	۲/۴۰۵	
	۰/۷	۲/۲۷۷	
	۱/۳	2/294	
	۳		
	7		

جدول ۴- پارامتر انتقال رسوبات چسبنده

بهبترین مقدار	دامنه تغییرات	RMSE	CS
۰/۳	۲/۰	۵۴/۲	آستانه برش برای رسوب گذاری رس و سیلت
۳/۰	۵/۰	۰۸۱/۲	آستانه برش برای فرسایش جزئی رس و سیلت
۴/۱	۳/۰	۲/۲۶۴	آستانه برشی برای فرسایش توده‌های رس و سیلت
۶۵	۰/۷	۶۴/۲	شیب منحنی میزان فرسایش برای فرسایش توده‌ای
۵/۷	۷/۰	۴۳۷/۲	پارامتر مربوط به میزان فرسایش رس و سیلت
	۲	۲۸۱/۲	پارامتر مربوط به محدودیت بی تاثیر
	۵۰	۴۲۸/۲	
	۱۲۰	۳۱۸/۲	
	۵/۶	۲۱۲/۲	
	۹	۲۳۳/۲	
	۴/۰	۲/۲۳۳	
	۷/۰		



شکل ۷- نمونه ای از مقاطع عرضی بعد از انجام مراحل واسنجی



شکل ۸- مقایسه خط القعر در پایان مراحل واسنجی

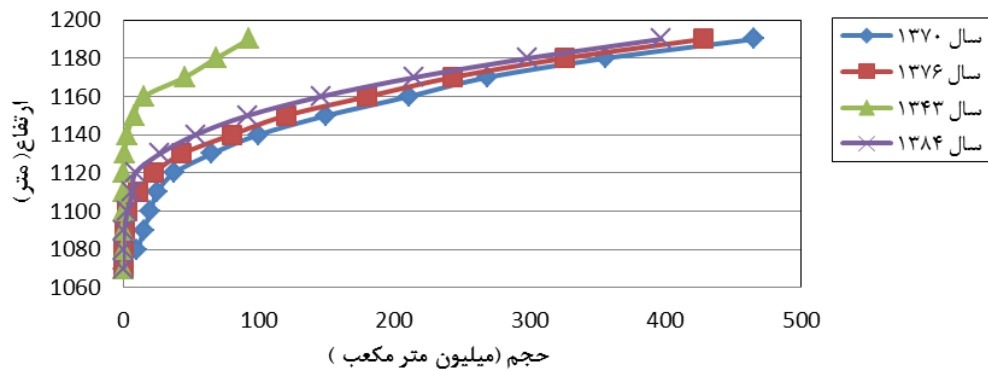
شد. داده های ورودی برای ۷۶ سال آماده گردید و مدل با ضرایب تعیین شده اجرا گردید. براساس نتایج حاصل و با استفاده از نرم افزار surfer مشخص شد که در سال حدود ۸۰ درصد حجم مخزن پر شده و طبق تعریف عمر مفید سد به پایان می‌رسد. در شکل (۹) نمودار حجم سد در برابر ارتفاع های مختلف سطح آب نشان داده شده است.

پیش بینی حجم مخزن

پیش بینی حجم مخزن در سال های آتی به منظور برنامه ریزی در زمینه منابع آب از اهم اطلاعات مورد نیاز می باشد. همچنین وضعیت رسوب گذاری مخزن در راه کارهای حفظ و بازیافت ظرفیت ذخیره مخزن تأثیرگذار است. به منظور پیش بینی حجم مخزن در سال های آینده از اطلاعات نه سال استفاده

جدول ۵- پیش بینی حجم مخزن توسط مدل GSTARS 3

حجم مخزن (میلیون متر مکعب) در سال				ارتفاع (متر)
۱۳۷۰	۱۳۷۶	۱۳۸۴	۱۴۴۳	
۰	۰	۰	۰	۱۰۷۰
۱۰	۰	۰	۰	۱۰۸۰
۱۵	۱/۱۱	۰/۶	۰	۱۰۹۰
۲۰	۲/۵	۲/۹۳۱	۰	۱۱۰۰
۲۵	۱۰/۶۷۸	۶۷/۲۳۹	۰	۱۱۱۰
۳۷/۵	۲۲/۷۸	۵۸۹/۶۵	۰/۰۴۵	۱۱۲۰
۶۵	۴۳/۱۲	۲۶۷/۹۹۸	۱/۰۸۵	۱۱۳۰
۹۹/۸	۸۰	۵۳/۳۹۹	۲/۵۴	۱۱۴۰
۱۴۹/۷۸	۱۲۰	۹۱/۶۰۲	۷/۸	۱۱۵۰
۲۱۰/۵۵	۱۸۰	۱۴۵/۸۲۱	۱۵/۳۸	۱۱۶۰
۲۶۸/۴۵	۲۴۲/۵۱۲	۲۱۴/۹۲۲	۴۵/۲	۱۱۷۰
۳۵۵/۷۸	۳۲۵/۴۲۵	۲۹۸/۴۶۹	۶۸/۵۲	۱۱۸۰
۴۶۵	۴۲۷/۵	۳۹۶/۶۸۸	۹۳	۱۱۹۰



شکل ۹- نمودار حجم مخزن در ارتفاع های مختلف

۲- به طور متوسط ارتفاع رسوبات در پای سد سالیانه یک متر افزایش می‌یابد. دانستن این امر در مدیریت استفاده از نیروگاه مهم است.

۳- راندمان تله اندازی سد در فواصل سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۴۴۳، ۸۷ درصد برآورد شد.

۴- عمده رسوبات ریز دانه در انتهای مخزن و دور از دیواره ته نشین شده و لذا استفاده از دریچه‌های تحتانی جهت تخلیه تنها در سیلاب‌ها توصیه می‌شود.

۵- سالیانه به طور متوسط حدود $1/23$ درصد از حجم اولیه مخزن کاسته می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از مدل GATARS ۳ وضعیت رسوبگذاری سد جیرفت مورد بررسی قرار گرفت. بعد از واسنجی مدل به کمک داده‌های آبنگاری مخزن سد جیرفت نحوه رسوبگذاری در مقطع طولی و عرضی ترسیم گردید. در هر مرحله از کالیبراسیون ضرایب به گونه‌ای تعیین می‌گردید که مقدار تابع خطای RMSE حداقل گردد. با توجه به پیش‌بینی مدل می‌توان بیان داشت:

۱- در سال ۱۳۴۳، حدود ۸۰ درصد حجم مخزن پر می‌شود.

منابع

- ۱- دفتر فنی (امور فنی) تاسیسات هیدرولیک سازمان آب و برق منطقه‌ای کرمان (۱۳۷۶)، گزارش عمق‌یابی و محاسبه میزان سطح و حجم دریاچه سد جیرفت.
- ۲- سازمان آب منطقه‌ای کرمان. (گزارشی از سد جیرفت).
- ۳- سیدیان، م. شفاعی بجستان، م. و قمشی، م. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت رسوبگذاری در مخزن وشمگیر با استفاده از مدل ریاضی GSATRS3، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران.
- ۴- حسن‌زاده، ی. فیضی خانکندی، ا. ۱۳۸۷. پیش‌بینی روند رسوبگذاری در مخزن سد علویان با استفاده از مدل Gstars3، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران.
- 5- Chang, H. H. 1982. Mathematical Model for Erodible Channels. J. Hydraul. Div. Am.Soc. Civ. Eng. 108(5): 678-689.
- 6- Correia, L., Krishnappan, B. G. and Graf, W. H. 1992. Fully Couplad Unsteady Mobile Boundary Flow Model (FCM). Journal of Hydraulic Engineering 118(3): 476-494.

- 7- Cunge, J.A. and Verdreau, N. 1973. Mobile bed fluvial mathematical models. *La Houille Blanch.* 7: 561-580
- 8- Guy, H.P., Simons, D.B., Richardson, E.V. 1966. Summary of alluvial channel data from flume experiments. Professional Paper 462-I. United States Geological Society, Washington, D.C.
- 9- Holly, Jr., F. M. and Rahuel, J. L. 1990b. New Numerical/Physical Framework for Mobile-Bed Modeling, Part II: Test Applications. *Journal of Hydraulic Engineering* 28(4): 545-564.
- 10- Holly, Jr., F. M. Yang, J. C., Schwarz, P., Schaefer, J., Hsu, S. H. and Einhellig, R. 1993. Numerical Simulation of Unsteady Water and Sediment Movement in Multiply Connected Networks of Mobile Bed Channels. IIHR report no. 343, Iowa Institute of Hydraulic Research. The University of Iowa, Iowa City, Iowa.
- 11- Krishnappan, B. G. 1985. Modeling of Unsteady Flows in Alluvial Streams. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE 111(2).
- 12- Langbein, W. B. and Leopold, L. B. 1968. River channel bars and dunes – Theory of kinematic waves. Geological survey prof. paper 422-L. Washington. D.C.
- 13- Lisle, T. E., Pizzuto, J. E., Ikeda, H., Iseya, F., and Kodama, Y. 1997. Evolution of a sediment wave in an experimental channel. *Water Resources Research* 33: 1971– 1981.
- 14- Lisle, T. E., Cui, Y. T., Parker, G., Pizzuto, J. E. and A. Dodd, A. M. 2001. The dominance of disperssion in the evolution of bed material waves in gravel-bed rivers. *Earth Surf. Processes Landforms* 26: 1409 – 1420.
- 15- Verdreau, N. and Cunge, J. A. 1971. Sedimentation dans les Estuaires et les Embouchures Bouchon Marin et Bouche on Fluvial. Proc. 14th Congress IAHR, Paris.
- 16- Rahuel, J.L. and Holly, F. M. 1989. Modeling of River Bed Evolution for Bed Load Sediment Mixtures. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE 115(11): 1521-1542.
- 17- Soni, J.P. 1981. Laboratory Study of Aggradation in Alluvial Channels. *Journal of Hydrology* 49: 87-106.
- 18- Yang, C.T., and Simões, F.J.M. (2002). “User's manual for GSTARS 3.0 (Generalized Sediment Transport model for Alluvial River Simulation version 3.0)”. U.S. Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Denver, Colorado, USA.
- 19- Wathen, S. J., and Hoey, T. B. 1998. Morphological controls on the downstream passage of a sediment wave in a gravel bed stream. *Earth Surf. Process Landforms* 23: 715-730.