برآورد عمر مفید سد تحت تاثیر رسوبات ورودی با استفاده از نرم افزار کارون ۹۲

(مطالعه موردی؛ سد تنگاب)

روزبه آقامجیدی[1*]، سجاد امیری[2]، محمد رفیع رفیعی[3]

۱- استاد یار ، بخش مهندسی عمران ، دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سپیدان ، ادرس سپیدان دانشگاه آزاد اسلامی بخش عمران roozbeh1381@yahoo.com

۲- کارشناسی ارشد سازه های آبی، واحد مطالعات شرکت مهندسی مشاور سرزمین سبز پایدار، اهواز، خوزستان، ایران

۳- استاد یار ، بخش مهندسی آب ، دانشکده کشاورزی دانشگاه جهرم ، ادرس جهرم دانشگاه جهرم مهندسی اب

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۷

چکیده

انباشت رسوب در مخازن، بالادست و پایین دست سد را تحت تاثیر تغییرات اکوسیستمی قرار می دهد. به منظور افزایش حجم آب قابل تنظیم در حوزه رودخانه و جلوگیری از ورود رسوبات رودخانه به مخزن سد و در نتیجه افزایش عمر مفید سد و امکان مدیریت بهینه منابع آب در مدت زمان معین، داده های مورد نیاز از شرکت های ذیربط به جهت برآورد عمر مفید سد تنگاب دریافت شد و با استفاده از نرم افزار کارون ۹۲ تحلیل آماری بر روی آن انجام گرفت، طبق محاسبات انجام شده توسط نرم افزار حجم اصلاح شده (پس از رسوبگذاری) پس از یک سال و پس از ۵۰ سال از آغاز بهره‌برداری با استفاده از روش افزایش سطح به ترتیب برابر ۱۰۲۱/۰۶۴ میلیون مترمکعب و ۵۸۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب و همچنین برای روش کاهش سطح این اعداد به ترتیب برابر ۱۰۲۱/۰۶۴ میلیون مترمکعب و ۵۸۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است. با توجه به تیپ مخزن و حجم رسوبات، منحنی های دبی اشل و h'p ترسیم شد. نتایج نشان داد با توجه به تراز بهره‌برداری نیروگاه، تراز مخزن سد با محاسبات توزیع رسوب به روش افزایش سطح پس از ۱۱۰ سال از تراز بهره برداری نیروگاه بالاتر می آید و ضمن آنکه این امر در روش کاهش سطح، پس از ۱۰۰سال اتفاق می افتد.

کلید واژه: رسوبگذاری، مخزن، نرم افزار کارون ۹۲، عمر مفید سد.

مقدمه

از آنجا که خسارت وارده توسط رسوبات رودخانه ای به طبیعت و صنعت کشاورزی، سازه‌های آبی ساخته شده در مسیر یا در کنار رودخانه‌ها بسیار وسیع ، گسترده و زیان آور است و شناخت دقیق آن از اهداف مهندسین

هیدرولیک می‌باشد. هر یک از فرایندهای سه گانه فرسایش، انتقال و رسوبگذاری می توانند مشکلاتی به وجود آورند. ذرات رسوبی فرسایش یافته ممکن است پس از طی مسافت کوتاه یا طولانی ته نشین شوند، رسوبگذاری ذرات زمانی شدت می گیرد که از عوامل فرسایش و شروع حرکت ذرات کاسته شود. از اهم مشکلاتی که مواد رسوبی می توانند به وجود آورند عبارتند از ایجاد جزایری در مسیر رودخانه ها و در نتیجه کاستن از ظرفیت انتقال جریان های سیلابی، رسوبگذاری در مخازن پشت سدها و در نتیجه کاستن از ظرفیت ذخیره مخزن می باشد. با توجه به مطالب ارائه شده باید بیان داشت که نحوه توزیع رسوب در مخازن سدها موضوعی است که از دیر باز مورد توجه محققان در نقاط مختلف جهان قرار گرفته است. محققان مختلف در دهه های اخیر بر روی مطالعات مدیریت مخازن سد و سیاست های بهره برداری از آن متمرکز شده اند. به عبارت دیگر لازم است تا ابزاری را برای افزایش قدرت تصمیم گیری و مدیریت مخزن برای کنترل و کاهش آثار مخرب رسوبگذاری را فراهم کرد. تدوین برنامه بهینه سازی و برقراری ارتباط آن با برنامه شبیه سازی رسوبگذاری در مخازن یکی از آن ابزارهای مناسب است. مددی (۱۳۹۷) به ارزیابی قابلیت معادلات تجربی انتقال رسوب در تخمین بار رسوبی ورودی به مخزن سد جیرفت پرداخت. در این پژوهش، قابلیت شش رابطه مختلف انتقال رسوب شامل روابط انگلند–هانسن، لارسن–کوپلند، میرپیترمولر، ایکرز–وایت، یانگ، و توفالتی در برآورد بار رسوبی رودخانه بالادست سد جیرفت مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه نتایج حاصل از این روابط با مقادیر اندازه گیری شده در ایستگاه هیدرومتری مشخص شد که روابط توفالتی و ایکرز–وایت تخمین منطقی تری از بار رسوبی ورودی به مخزن سد ارائه می دهند. بنابراین ایشان استفاده از این روابط را برای مطالعات رسوبی این رودخانه پیشنهاد داد. شکارچی و همکاران (۱۳۹۶) به تحلیل رسوب معلق ورودی به مخزن سد کوثر خلخال با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و مقایسه آن با روش رگرسیون خطی چند متغیره پرداختند. ایشان با استفاده از ۱۴۷ داده روزانه به پیش بینی بار معلق روزانه (SSL) پرداختند. در تحقیق ایشان الگوی باررسوب معلق وارد بر مخزن با شبکه ی عصبی Backpropegation، و ساختار ۱–۱–۳ برای مرحله آموزش و ۱–۸–۳ برای مرحله آزمون و با استفاده ازالگوریتم Feed-Forward Backpropagation، و تابع آموزشی LM یا همان Levenberg Marquardt، و تابع فعالیت زیگموید برای لایه میانی و خطی برای لایه خروجی، حاصل شده

است. ایشان بیان داشتند که ساختار ۱-۱-۳ شبکه عصبی، برای ارایه بهترین مدل باررسوب معلق ورودی به مخزن سد انتخاب شده و بر پایه چندین شاخص عملکرد مشخص شد که شبکه ی عصبی مصنوعی با ساختار مذکور، باررسوب معلق ورودی به مخزن سد را با دقت بالاتری در مقایسه با تحلیل معمول رگرسیونی تخمین زده است. مکوندی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی روند ته نشینی رسوبات ورودی به مخزن سد کرخه پرداختند. ایشان بیان داشتند دانه سنجی این نمونه ها نشان دهنده نوسازی زیادی در اندازه قطر آنها در طول مخزن بوده که می توان علت آن را قرار گرفتن در دوره خشکسالی و عدم وقوع سیلاب های بزرگ، وجود فرسایش در قسمت های ورودی مخزن و پراکندگی جانمایی نقاط برداشت نمونه ها و غیره دانست. ریسن بوکلر و همکاران (۲۰۲۰) به مدیریت رسوب در مخزن رودخانه Run با استفاده از مدلسازی عددی پرداختند. ایشان دریافتند بستر سنگ ریزه ای رودخانه saalach ، جریان های کم نمی توانند که مقادیر بیشتری از رسوبات را در جهت حرکت، تحریک کنند و تنها منجر به جابجایی موضعی آنها در امتداد بازه رودخانه می شوند. همچنین بیان داشتند مدیریت مخزن می تواند سهم مهمی در استراتژی های مدیریت یکپارچه داشته باشد. هوشمندزاده و همکاران (۱۳۹۵) به مقایسه مدل کامپیوتری Gstar-۳ ، روش های تجربی افزایش، کاهش سطح و کمینه قدرت یکه جریان در برآورد در مخزن سد به مطالعه پرداختند. بهترین تابع محاسبه بار کل رسوب در مخزن سد، معادله یانگ انتخاب شد که بار شسته در محاسبات در نظر گرفته می شود. روش کاهش سطح برلند-میلر نسبت به روش های دیگر، کاهش حجم مخزن را با دقت بیشتری محاسبه می نماید. واعظ تهرانی و همکاران (۱۳۹۴) به آنالیز عدم قطعیت برآورد حجم رسوب مخازن سدها به مطالعه پرداختند. نتایج نشان داد که دبی سالیانه جریان و بار رسوب از مهمترین فاکتورهای تعیین کنده عدم قطعیت حجم رسوبات مخزن می باشند. با توجه به مطالب بیان شده و نیز نیاز به بررسی دقیق از شرایط موجود سد تنگاب، هدف از تحقیق حاضر برآورد عمر مفید سد تحت تاثیر رسوبات ورودی با استفاده از نرم افزار کارون ۹۲ (مطالعه موردی؛ سد تنگاب) می باشد؛ تا بتوان از این طریق تا حدود زیادی به روش های علاج بخشی و بهره برداری مناسب تر از سد و مخزن پی برد.

مواد و روش ها

سد مورد مطالعه در محل تنگاب و در ۱۲ کیلومتری شمال غربی شهر فیروزآباد (مسیر کوار- فیروزآباد) بر روی رودخانه فیروزآباد واقع شده است. مختصات جغرافیائی محل سد در ۵۷-۲۸ عرض شمالی و ۳۲-۵۲ طول شرقی می باشد. سرآب اصلی رودخانه فیروزآباد از چشمه‌های حنیفقان بوده با آبدهی کل از ۲/۵ تا ۵ متر مکعب بر ثانیه که حدود ۲۳ دهانه چشمه با دبی های متفاوت در سر آب رودخانه را تغذیه می‌نماید. از طرف دیگر آب های جاری دشت شور آب، مهکویه، زنجیران و جووکان به این رودخانه ملحق شده و در حوالی محکویه به تنگ هلالو می رسد. بعد از طی حدود ۵ کیلومتر و با الحاق حوزه سرریزجان به تنگه تنگاب(محل سد) رسیده پس از طی مسیر نسبتاً طولانی تنگ تنگاب به دشت فیروزآباد وارد می شود. پس از عبور از دشت فیروز آباد به سمت جنوب شرقی منحرف شده و از تنگ هایقر عبور می نماید و به رودخانه موند پیوسته و به خلیج فارس می ریزد. در این تحقیق سعی بر آن شده است که با استفاده از مطالعات مشاورین طرح و با استفاده از نرم افزار کارون۹۲ نسخه سلام مقدار حجم رسوبی وارده به مخزن سد تنگاب واقع در استان فارس با استفاده از آمار و داده های ارائه شده محاسبه شود. هدف این بخش از مطالعات، تحلیل آمار رسوب موجود رودخانه ورودی به سد تنگاب دریکی از ایستگاه آب سنجی به منظور تعیین میزان بار رسوبی در دریاچه سد تنگاب می باشد.

نرم افزار کارون ۹۲

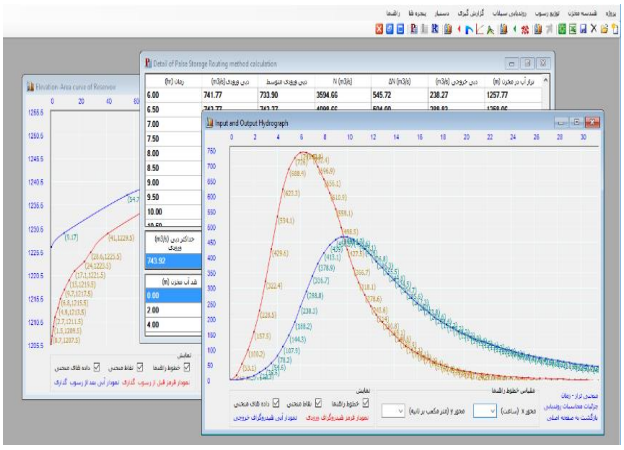
نرم افزار کارون جهت بهره برداری در صنعت سدسازی و به طور عمده به منظور انجام محاسبات ذیل طراحی شده است:

۱) توزیع رسوب در مخازن

۲) روندیابی سیل در مخازن

علاوه بر موارد اصلی فوق برای نرم افزار یک دستیار نیز پیش بینی شده که ابزارهای ر یاضی مورد استفاده نرم افزار را در اختیار کاربر قرار می دهد. همچنین به طور جزئی تر می توان به مواردی همچون درون یابی هندسه

مخزن، توزیع رسوب در سال های مختلف، توزیع رسوب به روش کاهش سطح یا افزایش سطح، روندیابی یگانه، روندیابی چندگانه و بررسی سیلاب کنترل، تعیین دبی طراحی سرریز اوجی، تعیین طول تاج مناسب سرریز اوجی، درون یابی اسپلاین و برازش خطی، حل دستگاه معادلات، انتگرال گیری عددی، بدست آوردن صفرها و اکسترمم های توابع و جریان یکنواخت در کانال های ذوزنقه ای باز اشاره نمود.



شکل۱- نمایی از نرم افزار کارون ۴

نتایج و بحث

به منظور برآورد مقدار رسوب مواد معلق از سه روش استفاده گردیده است.

روشUSBR

در این روش با استفاده از رابطه (۱)، آمار و نمونه برداری رسوب مواد معلق جمع آوری و رابطه رگرسیون محاسبه شده است.

$$Qs=۰,۰۷۳۱\ Qw^{۲,۲۷۸۳} \qquad (۱)$$

$$n=951\ ,\ r=0.88$$

با استفاده از رابطه (۱) و آمار دبی روزانه ایستگاه آبسنجی مقادیر رسوب این ایستگاه در طول دوره آماری موجود برآورد گردیده است. میانگین سالانه رسوب مواد معلق رودخانه در این محل۶/۲۷۲ میلیون تن و مقدار رسوب سالانه آن ۹۶۴ تن در کیلومتر مربع در سال برآورد گردیده است.

روش USBR با تصحیح FAO

در این روش رابطه تصحیح شده بین دبی آب و دبی رسوب به صورت رابطه (۲) تعیین گردیده است:

$$Qs=۰,۱۹۵۸\ Qw^{2.2783} \qquad (۲)$$

با این روش میانگین سالانه رسوب مواد معلق رودخانه در محل ایستگاه آب سنجی۱۶/۸ میلیون تن و مقدار دبی

ویژه رسوب سالانه آن ۲۵۸۲ تن در کیلومتر مربع در سال برآورد گردیده است.

روش USBR با اصلاح رابطه با نظر کارشناسی

در این روش پس از بررسی نمونه بار معلق رسوبی رودخانه در محل ایستگاه آب سنجی به جای یک خط همبستگی مطابق روش بالا ، با نظر کارشناسی و چگونگی پراکندگی نمونه های اقدام به ترسیم چشمی سه خط به شرح ذیل گردیده است:

دبی آب کمتر از ۱۰۰ مترمکعب در ثانیه

$$QS=0.731QW^{2.2783}$$

دبی آب بین ۱۰۰ و ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه

$$QS=0.0183QW^{2.5795}$$

دبی آب بیشتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه

$$QS=40.2791QW^{1.46497}$$

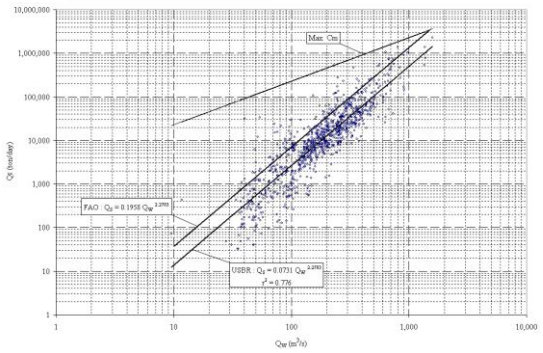
میانگین سالانه رسوب مواد معلق رودخانه با این روش در این محل ۹/۴ میلیون تن و مقدار دبی ویژه رسوب سالانه آن ۱۴۴۳ تن در کیلومتر مربع در سال برآورد گردیده است.

تحلیل آماری رسوب ایستگاه آبسنجی

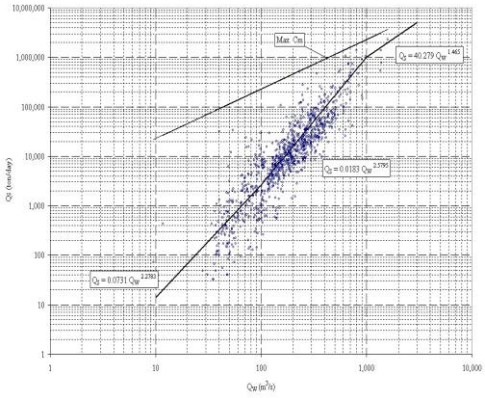
برای برآورد میزان رسوب ایستگاه فوق الذکر اقدام به جمع آوری آمار آبدهی روزانه و همچنین آمار نمونه برداری رسوب ایستگاه مزبور گردیده است. تعداد کل نمونه های رسوب مواد معلق در این ایستگاه ۹۵۱ مورد بوده که در دوره آماری از تاریخ ۱۳۵۴/۰۷/۲۴ لغایت ۱۳۸۳/۰۶/۲۱ نمونه برداری صورت گرفته است. در این مطالعات با توجه به شیب و فیزیوگرافی و شرایط زمین شناختی حوزه آبریز مورد مطالعه، مقدار بار بستر ۱۵ در صد بار معلق پیشنهاد می گردد. بنابراین مقدار کل رسوب حوزه آبریز رودخانه در محل ایستگاه آب سنجی ۱۰/۸ میلیون تن در سال برآورد گردیده است.

برآورد رسوب رودخانه در ساختگاه سد تنگاب

کل بار رسوبی سالانه در ساختگاه سد ۱۰/۸ میلیون تن در سال و میزان کل بار رسوبی در دوره ۵۰ ساله برابر ۵۴۰ میلیون تن برآورد می گردد. همچنین برای تعیین حجم ۵۰ ساله مواد رسوبی در مخزن سد، مطابق مطالعات مرحله قبل و فرضیات معمول، جرم حجمی۱/۲ تن در مترمکعب برای کل بار رسوبی رودخانه در نظر گرفته شده است. بنابراین مقدار حجم بار رسوبی ۵۰ ساله مخزن ۴۵۰ میلیون متر مکعب پیش بینی می شود.



شکل۲- پراکندگی نمونه های بار معلق رسوب و رابطه دبی رسوب و آب در ایستگاه آب سنجی به روش USBR و تصحیح FAO

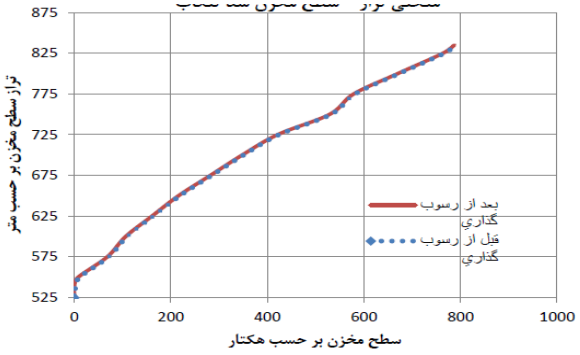


شکل۳- پراکندگی نمونه های بار معلق رسوب و رابطه دبی رسوب و آب در ایستگاه آب سنجی با نظر کارشناسی

گام های توزیع رسوب محاسبات توزیع رسوب به روش افزایش سطح برای یک

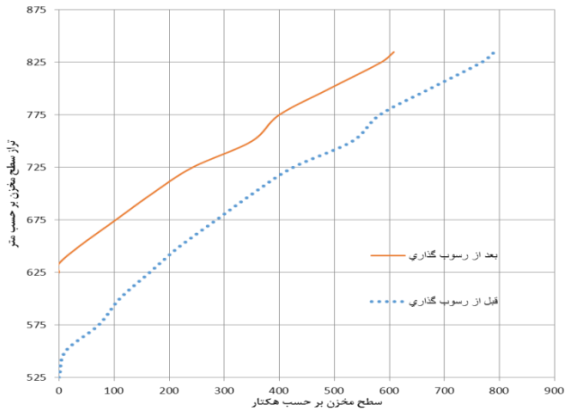
روش افزایش سطح سال پس از آغاز بهره برداری و ۵۰ سال پس از آغاز بهره

برداری در جدول های(۴) و (۵) برآورده گردیده است.



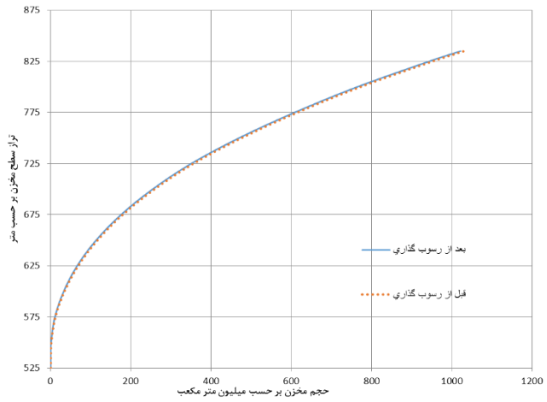
شکل۴- منحنی تراز -سطح مخزن سد تنگاب (روش افزایش سطح)، یک سال پس ازآغاز بهره برداری

منحنی شکل(۴) نشان می دهد که تراز جدید مخزن سد تنگاب با روش افزایش سطح پس از یکسال از آغاز بهرهبرداری از ۵۲۵ متر بالاتر از سطح دریا به۵۳۹/۵۶۱ متر بالاتر از سطح دریا می رسد.



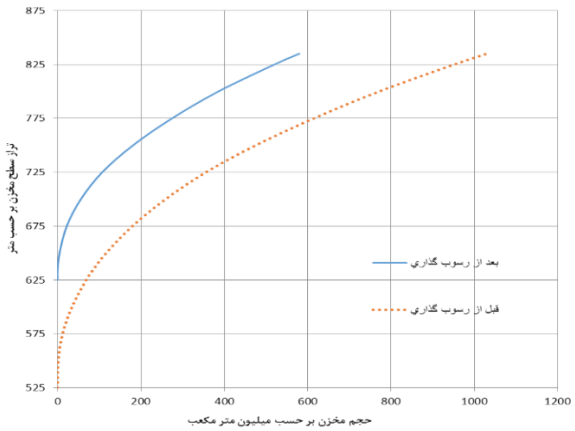
شکل۵- منحنی تراز -سطح مخزن سد تنگاب(روش افزایش سطح)، ۵۰ سال پس از آغاز بهره برداری

منحنی شکل(۵) نشان می‌دهد که تراز جدید مخزن سد تنگاب با روش افزایش سطح پس از ۵۰ سال از آغاز بهره‌برداری از ۵۲۵ متر بالاتر از سطح دریا به۶۳۳/۶۲۱ متر از بالاتر از سطح دریا می رسد.



شکل۶- منحنی تراز -حجم سد تنگاب(روش افزایش سطح)، یک سال پس ازآغاز بهره برداری

منحنی شکل(۶) کاهش حجم مخزن با استفاده از روش افزایش سطح را نشان می دهد که پس از یک سال ازآغاز بهره‌برداری حجم مخزن از ۱۰۳۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب به ۱۰۲۱/۰۶۴ میلیون متر مکعب کاهش پیدا می کند.

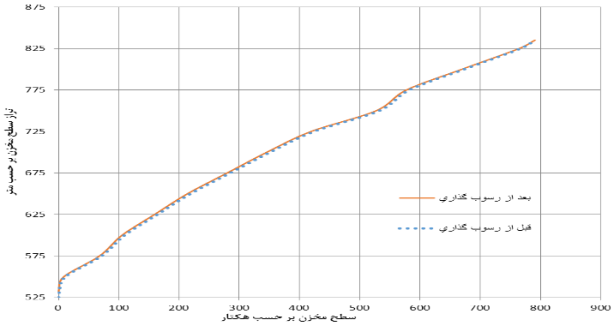


شکل۷- منحنی تراز -حجم مخزن سد تنگاب(روش افزایش سطح)، ۵۰ سال پس از آغاز بهره برداری

منحنی شکل(۷) کاهش حجم مخزن با استفاده از روش افزایش سطح را نشان می دهد که پس از ۵۰ سال ازآغاز بهره‌برداری حجم مخزن از۱۰۳۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب به ۵۸۰/۰۶۴ میلیون متر مکعب کاهش پیدا می کند.

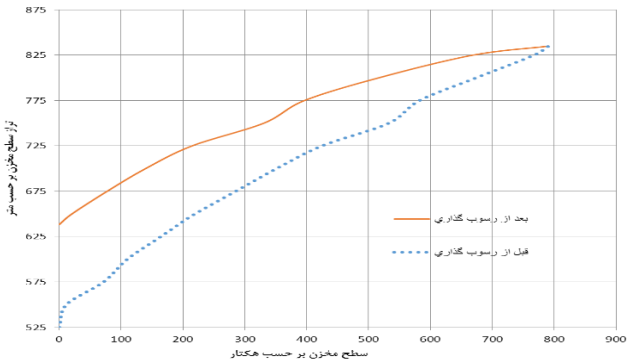
۲.روش کاهش سطح

چون در این روش در مقایسه با روش سطح بیشتر به شکل مخزن توجه می شود، معمولا روش دقیق تری برای پیش بینی تغییرات ارتفاع بستر مخزن در اثر رسوبگذاری می باشد.



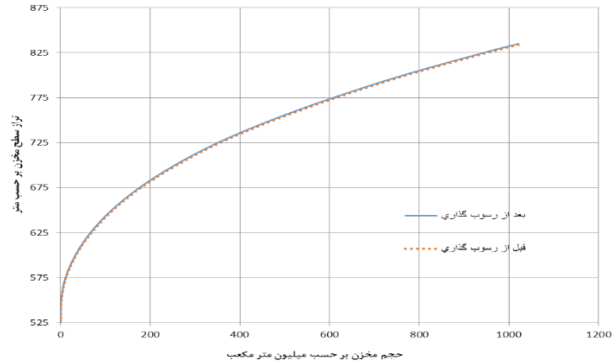
شکل۸- منحنی تراز -سطح مخزن سد تنگاب(روش کاهش سطح)، یک سال پس از بهرهبرداری

منحنی شکل(۸) نشان می دهدکه تراز جدید مخزن سد تنگاب با روش کاهش سطح پس از یکسال از آغاز بهرهبرداری از ۵۲۵ متر بالاتراز سطح دریا به ۵۲۵/۴۴۶ متر بالاتر از سطح دریا می رسد.



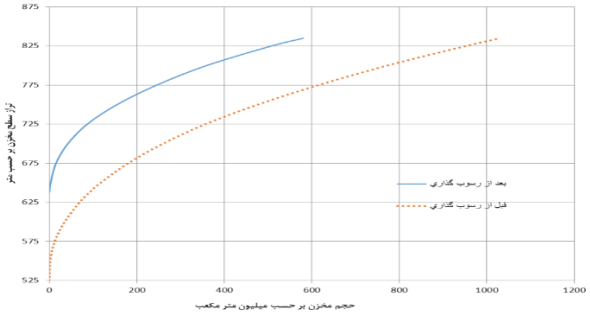
شکل۹- منحنی تراز -سطح مخزن سد تنگاب(روش کاهش سطح)، ۵۰ سال پس از بهره برداری

منحنی شکل(۹) نشان می دهد که تراز جدید مخزن سد تنگاب با روش کاهش سطح پس از ۵۰ سال از آغاز بهره-برداری از ۵۲۵ متر بالاتر از سطح دریا به ۶۳۸/۳۲۵ متر بالاتر از سطح دریا می رسد.



شکل۱۰- منحنی تراز -حجم مخزن سد تنگاب(روش کاهش سطح)، یک سال پس ازآغاز بهره برداری

منحنی شکل(۱۰) کاهش حجم مخزن با استفاده از روش کاهش سطح را نشان می دهد که پس از یک سال ازآغاز بهره‌برداری حجم مخزن از ۱۰۳۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب به۱۰۲۱/۰۶۴ میلیون متر مکعب کاهش پیدا می کند.



شکل۱۱- منحنی تراز -حجم مخزن سد تنگاب(روش کاهش سطح)، ۵۰ سال پس از آغاز بهره برداری

منحنی شکل(۱۱) کاهش حجم مخزن با استفاده از روش کاهش سطح را نشان میدهد که پس از ۵۰ سال ازآغاز بهره‌برداری حجم مخزن از۱۰۳۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب به ۵۸۰/۰۶۴ میلیون متر مکعب کاهش پیدا می کند.

نتیجه گیری

از آنجایی که هدف این پژوهش بررسی هیدرولیکی رسوبات سد بوده ابتدا با تحلیل آمار رسوب در ایستگاه آب سنجی تنگ پنج، نمونه های رسوب مواد معلق به دست آمد و سپس به منظور برآورد رسوب مواد معلق از سه روش USBR ، USBR با تصحیح FAO ، USBRبا اصلاح رابطه با نظر کارشناسی میانگین سالانه رسوب در ساختگاه سد برآورد گردید. با به دست آمدن رسوب سالانه رودخانه، توزیع آن در مخزن سد با استفاده از نرم افزار کارون ۹۲ انجام گردیده و نتایج زیر به دست آمد است. با توجه به حجم رسوبات نهشته شده در مخزن سد و با استفاده از روش های افزایش سطح،کاهش سطح، منحنی های ارتفاع -حجم مخزن سد و همچنین منحنی های ارتفاع -سطح مخزن توسط نرم افزار کارون ۹۲ تخمین زده شده و سپس با منحنی زمان بهره برداری مقایسه شده است.طبق محاسبات انجام شده توسط نرم افزار حجم اصلاح شده(پس از رسوبگذاری) پس از یک سال و پس از ۵۰ سال از آغاز بهره برداری با استفاده از روش افزایش سطح به ترتیب برابر ۱۰۲۱/۰۶۴ میلیون مترمکعب و۵۸۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب و همچنین برای روش کاهش سطح این اعداد به ترتیب برابر۱۰۲۱/۰۶۴ میلیون مترمکعب و۵۸۰/۰۶۴ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است. با توجه به تیپ مخزن (تیپ ۲ که بر اساس شیب منحنی حجم -عمق مخزن حاصل شده است) و حجم رسوبات، منحنی های hp و h'pرسم گردیده است. در این شکل توزیع مساحت نسبی رسوبگذاری بر اساس عمق، برای تیپ دو مخزن دشت سیلابی ارائه شده است. بر اساس محاسبات انجام شده تراز صفر جدید مخزن پس از ۵۰ سال از شروع بهره برداری با استفاده از روش افزایش سطح و کاهش سطح به ترتیب برابر۶۳۳/۶۲۱ متر و۶۳۸/۳۵۵ متر از سطح در یا به دست آمده است.با توجه به تراز بهره برداری نیروگاه(حداقل ۷۹۱ متر از سطح دریا بالاتر است)، تراز مخزن سد با محاسبات توزیع رسوب به روش افزایش سطح پس از ۱۱۰ سال از تراز بهره برداری نیروگاه بالاتر می آید و همچنین این امر در روش کاهش سطح پس از ۱۰۰ سال اتفاق می افتد.

منابع

۱) هوشمندزاده م.، محمودیان شوشتری م.، کاشفی پور م.۱۳۹۵. مقایسه مدل کامپیوتری Gstar-۳ ، روش های تجربی افزایش، کاهش سطح و کمینه قدرت یکه جریان در برآورد در مخزن سد .چهاردهمین کنفرانس هیدرولیک ایران.

۲) مددی، محمدرضا،۱۳۹۷،ارزیابی قابلیت معادلات تجربی انتقال رسوب در تخمین بار رسوبی ورودی به مخزن سد جیرفت،دومین همایش بین المللی و سومین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی،جیرفت.

۳) شکارچی، میلاد و مختارپور، اکبر و احمدی جزنی، روح الله،۱۳۹۶،تحلیل رسوب معلق ورودی به مخزن سد کوثر خلخال با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و مقایسه آن با روش رگرسیون خطی چند متغیره،چهارمین کنفرانس ملی دستاوردهای اخیر در مهندسی عمران،معماری و شهرسازی،تهران.

۴) مکوندی، علی و مهربانی، روح اله و موزرم نیا، ایمان،۱۳۹۴،بررسی روند ته نشینی رسوبات ورودی به مخزن سد کرخه،دهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه،اهواز.

۵) Markus Reisenbüchler ,Minh Duc Bui ,Daniel Skublics and Peter Rutschmann. 2020. Sediment Management at Run-of-River Reservoirs Using Numerical Modelling,

٦) Water , 12(1), 249.