

مقایسه روش های تجربی کاهش سطح و افزایش سطح در بررسی رسوب مخزن سد کرخه

محمد هوشمندزاده ، محمد محمودیان شوشتری ، محمود کاشفی پور
کارشناس مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز و عضو باشگاه پژوهشگران جوان
استاد دانشکده مهندسی و عضو هیات علمی دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشیار دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
پست الکترونیک: hooshmandzadeh_civil@yahoo.com

چکیده

در مدیریت منابع آب ، محاسبه حجم رسوب در مخازن سدها از اهمیت زیادی برخوردار است ولی مهم تر از آن نحوه توزیع رسوب می باشد. برای این کار تاکنون روش های تجربی مختلفی بوجود آمده اند که از جمله مهمترین و پرکاربردترین آنها روش های افزایش سطح و کاهش سطح بوده که در مخازن سدهای ایران نیز جوابهای مناسب و قابل قبولی ارائه نموده اند. در این مقاله تلاش شده است تا روش های تجربی کاهش سطح و افزایش سطح در مخزن سد کرخه با هم مقایسه شده و بهترین روش انتخاب شود.

کلیدواژه ها: افزایش سطح ، کاهش سطح ، کرخه ، درصد خطای میانگین، حجم تجمعی ، انحراف معیار

۱- مقدمه

انتقال و انباشت رسوبات در سدهای مخزنی باعث تقلیل حجم و عمر مفید مخازن ذخیره آب می شود. با توجه به اهمیت موضوع کمبود آب در کشور و معضلات جدی در تامین نیازهای آبی به ویژه از لحاظ توزیع زمانی و مکانی ، حفظ و حراست از منابع آب موجود یک مساله حیاتی به حساب می آید. با ورود رسوبات به مخزن سد ، پس از مدتی حجم مخزن از رسوبات پر شده ، عمر مفید سد به اتمام رسیده و سد کارایی خود را از دست می دهد. معضلاتی که پر شدن یک سد از رسوب ایجاد می نماید بسته به وضع منطقه ، اهمیت آب و نوع هدف از ایجاد سد متفاوت است و حداقل خطر آن از میان رفتن سرمایه های ملی است. مطالعه رسوب در سطح حوزه آبریز در شرایطی اهمیت پیدا می کند که احداث مخازن سطحی برای ذخیره آب جهت مصارف مختلف مورد توجه واقع شود. برای توزیع رسوب در مخازن سدها تاکنون روش های تجربی فراوانی ارائه شده اند که از آن جمله می توان به روش های افزایش سطح و کاهش سطح اشاره نمود. این روش ها تاکنون در بسیاری از مخازن سدهای ایران مورد استفاده قرار گرفته و نتایج مطلوبی حاصل نموده اند. قمشی و همکاران (۱۳۶۷) چگونگی رسوبگذاری در سد دز را مورد بررسی قرار داده و از روش های تجربی کاهش سطح و افزایش سطح استفاده نمودند. روش کاهش سطح با مخزن تیپ II حجم رسوبات این سد را ۷۷۲ میلیون متر مکعب برآورد نموده و از این مطالعه نتیجه گرفتند که پس از ۱۱۴ سال ، رسوبات مخزن نیمی از ظرفیت اولیه را در برمی گیرند و پس از ۱۹۴ سال ۸۰٪ ظرفیت اولیه مخزن بوسیله رسوبات اشغال شده و عمر مفید سد به اتمام خواهد رسید. عابدینی و طالب بیدختی (۱۳۶۸) نحوه توزیع رسوب در مخزن سد درودزن را با استفاده از روش های تجربی کاهش سطح مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق مشخص شد که پس از ۵۰ سال رسوبات در پشت سد درودزن تا ارتفاع ۱۲/۲ متر بالا می آید. رهنمایی (۱۳۷۴) روش های توزیع رسوب را در مخزن سد کرج بکار برده و نتایج را با اندازه گیری های سال ۱۳۷۰ مقایسه کرده است.

۲- مواد و روش ها

در این تحقیق ، کوشش می شود تا با کمک داده های ارتفاع-سطح-حجم اولیه مخزن سد کرخه که توسط شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس و اطلاعات ارتفاع-سطح-حجم ثانویه مربوط به بعد از رسوبگذاری که بوسیله شرکت مهندسی مشاور دریا ترسیم (۱۳۸۴) تهیه شده بود ، میزان دقت روش های افزایش سطح ، کاهش سطح برلند-میلر و کاهش سطح اصلاح شده توسط مودی در برآورد چگونگی توزیع رسوب در مخزن سد کرخه مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲-۱- مشخصات سد مخزنی کرخه

این سد از جمله سدهای بزرگ جهان و بزرگترین سد ایران از لحاظ حجم دریاچه و طول تاج سد می باشد. مکان احداث این سد مخزنی در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال غربی اندیمشک و بر روی رودخانه کرخه می باشد. طی سالهای ۱۳۶۸ تا ۱۳۶۹ شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس با مشارکت

شرکتی از کشور چین مطالعات سد مخزنی کرخه را ادامه داده و سرانجام محور فعلی سد کرخه را بعنوان محور نهائی سد، پیشنهاد نمودند. این سد از نوع خاکی با هسته رسی و ارتفاع سد ۱۲۷ متر و طول تاج آن معادل ۳۰۳۰ متر می‌باشد. عرض سد ۱۲ متر و عرض پی آن ۱۱۰۰ متر می‌باشد. حجم کل مخزن این سد در رقوم ۲۷۵ متر معادل ۶/۹۵ میلیارد مترمکعب محاسبه شده است.

۲-۲- روش های تجربی مورد استفاده

اکنون به خوبی روشن شده است که بخشی از کل رسوبات در مخزن مرده و بخش عمده رسوبات معمولاً در مخزن زنده سد که در اصل حجم مفید دریاچه سد را تشکیل می دهد تجمع پیدا می کند. تجربیات و مشاهدات عینی مورتی^۱ در سالهای مختلف در مورد چهار سد مخزنی در کشور هندوستان، باهاکرا(۱۹۶۹)، نیزامساگار(۱۹۶۷)، میتون(۱۹۷۱) و پانچت هیل(۱۹۶۴) نشان داده است که به غیر از مخزن بسیار عمیق باهاکرا، در مورد سه مخزن دیگر، رسوبات عمدتاً در قسمت بالایی مخزن ته نشین شده اند یعنی حدود نیمی از رسوبات در بخش کم عمق مخزن در جایی که عمق آب ۲۰ تا ۳۰ درصد عمق ماکزیمم بوده، مواد رسوبی ته نشین شده اند. عمر مفید مخازن به عواملی همچون مقدار رسوبات وارده، نحوه رسوبگذاری و بازده تله اندازی بستگی دارد. در مطالعات مخازن، علاوه بر تعیین مقدار رسوبات ورودی، می بایست نحوه توزیع رسوب در مخزن نیز مشخص شود. منطقه ته نشینی رسوبات به اندازه و توزیع مواد رسوبی انتقال یافته، شیب دره، اندازه و شکل مخزن، طول مخزن، اندازه ذرات رسوب معلق و روش بهره برداری از مخزن و نسبت ظرفیت به جریان ورودی دارد. ولی نحوه بهره برداری از مخزن در قیاس با سایر عوامل اثر بیشتری دارد. مواردی که در رسوبگذاری مهم است کمیت، کیفیت و نحوه توزیع رسوبات در مخزن می باشد. در این میان توزیع رسوبات در مخزن از اهمیت ویژه ای برخوردار است که مسوولان بهره برداری از سدها و طراحان شدیداً نیاز به تعیین یا تخمین آن دارند. موقعیت منطقه ته نشینی مواد رسوبی برای مهندسین هیدرولیک به دلایل زیر حائز اهمیت است: ۱- تعیین ارتفاع آب خروجی. ۲- برآورد مجدد حجم مفید باقی مانده مخزن بر اساس محاسبه سطح ته نشین شده. ۳- تعیین آستانه دریچه های عمقی و آبگیرها. ۴- میزان رسوبات جمع شده تا از روی آن بتوان سطح بالا آمده آب را در مواقع سیلابی پشت سد تخمین بزنیم. ۵- آگاهی از نحوه تشکیل دلتا.

در مساله تعیین میزان مواد رسوبی و توزیع آن در پشت سد، دو گام کلی زیر را می توان در نظر گرفت: ۱- برآورد مقدار مواد رسوبی که در یک زمان مشخص در مخزن سد رسوب می نماید. ۲- پیش بینی چگونگی توزیع مواد رسوبی پس از گذشت چندسال از بهره برداری سد این روش ها بر اساس مشاهدات و اندازه گیری های صحرائی از مخازن ساخته شده موجود پایه گذاری شده اند. قابلیت روش های تجربی تنها به چند خصوصیت که ممکن است در ارزیابی اولیه این فرایند اهمیت داشته باشد محدود می شود. مسلماً عمومیت دادن این روش ها برای تمام مخازن درست نمی باشد. معمولاً روش های تجربی کلیه جنبه های شرایط رسوبگذاری در مخازن را پوشش نمی دهند. از طرفی نتایج حاصل از هر یک از روش ها در شرایط یکسان، با یکدیگر تفاوت های قابل توجهی را خواهد داشت. گرچه این روش ها دقت بالایی در ارائه نتایج ندارند ولی برخی از آنها مانند روش کاهش سطح در برخی موارد، نتایج خوبی را ارائه نموده و در مراحل شناخت و مقدماتی طراحی سدهای مخزنی در صورت فقدان اطلاعات مورد نیاز از آن استفاده به عمل می آید. اخیراً برخی از این روش ها بصورت رایانه ای ارائه شده اند. روش های مذکور به دلیل سادگی کار، هزینه های اندک و دقت قابل قبول از لحاظ اقتصادی قابل توجه هستند. در صورتی که این روش ها به شکل صحیح بکار گرفته شوند، دقت مورد نیاز پروژه های آبی را به خوبی تامین می نمایند. این مدل ها قادرند با نظر به اندرکنش پارامترهای موثر در امر فرایند رسوبگذاری بهترین دستورالعمل بهره برداری برای یک سد را از منظر ایمنی و اقتصادی معرفی کرده و تاثیر دراز مدت این پارامترها را در عملکرد سد و مخزن مربوطه مورد بررسی قرار دهند. اسلاف^۲(۱۹۹۱) بیان می نماید که تاکنون بیش از ۲۲ روش تجربی برای محاسبه چگونگی توزیع رسوب در مخازن سدها ارائه شده است. ولی روش های کاهش سطح و افزایش سطح مهمترین و پرکاربردترین آنها هستند.

۲-۲-۱- روش افزایش سطح

روش تجربی افزایش سطح توسط کریستوفانو^۳ ارائه گردیده است. این روش مبتنی بر اصول زیر است:

۱- رسوبات در حجم مرده مخزن ته نشین می شوند. ۲- حجم رسوبات ته نشین شده و کاهش سطح مخزن در هر تراز با استفاده از ضریب تصحیح سطح محاسبه می شود.

رابطه اصلی مورد استفاده در این روش عبارت است از:

$$V_s = A_0(H - h_0) + V_0 \quad (1)$$

که در آن V_s حجم کل رسوبات جمع شده در پشت سد بر حسب هکتار-متر، A_0 ضریب اصلاح مساحت بر حسب هکتار که معادل مساحت سطح مخزن در رقوم صفر جدید، V_0 حجم رسوبات در زیر رقوم صفر جدید (هکتار-متر)، H ارتفاع مخزن از کف رودخانه تا حداکثر رقوم نرمال (متر) و

1-Murthy

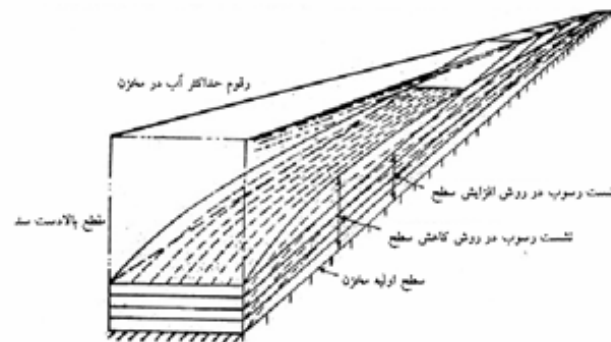
2-Sloff

3-Christofano

h_0 ارتفاعی از مخزن است که توسط رسوب در رقوم صفر جدید پر شده است. این رابطه بیان ریاضی مجموع رسوبات انباشته شده ای است که به شکل یکنواخت و عمودی بر روی رقوم $(H - h_0)$ ، یعنی رقوم بالاتر از صفر جدید تا بیشینه رقوم نرمال مخزن، ته نشست شده و شامل رسوبات انباشته شده در زیر رقوم صفر جدید است.

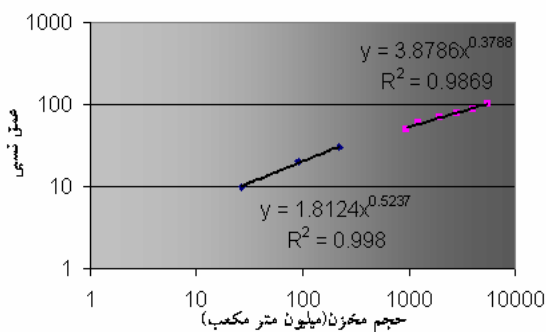
۲-۲-۲- روش کاهش سطح

توزیع رسوب در قسمتهای مرتفع مخزن، یعنی خارج از حجم مرده آن پدیده پیچیده ای است. هر چند روابط تحلیلی فراوانی در این مورد بوسیله محققان مختلف در دهه های اخیر برای مدلهای ساده ارائه شده است ولی هنوز از روابط تجربی استفاده می شود. بولند و میلر (۱۹۵۸) با تحلیل الگوی توزیع رسوب در ۳۰ مخزن در آمریکا، شش روش برای پیش بینی نحوه توزیع رسوب در مخازن ارائه داده اند. از بین این روش ها، روش تجربی کاهش سطح منطقی تر به نظر می رسد. روش تجربی کاهش سطح توسط لارا (۱۹۶۲) تجدید نظر و سپس پمبرتون (۱۹۷۸) در آن تغییراتی ایجاد کرد. این روش، بر تنظیم سطح اولیه برای مشخص کردن مقدار کاهش سطح در اثر رسوبگذاری استوار است.

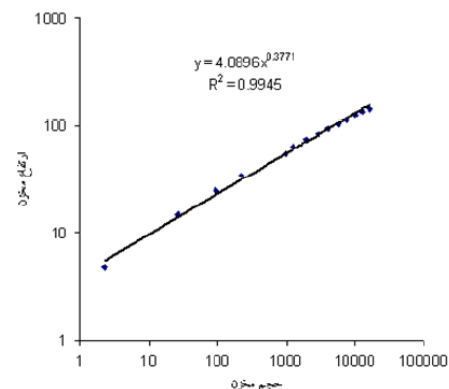


تصویر (۱) - مراحل توزیع رسوب در مخزن به روش های افزایش و کاهش سطح

در نمودارهای (۱) و (۲) تیپ مخزن سد کرخه بترتیب با استفاده از داده های ارتفاع - حجم شرکت های مهاب قدس و جاماب مشخص شده است. شیب دو خط بترتیب 0.5237 و 0.3788 بوده و ضریب m برای این دو خط بترتیب $1/909$ و $2/639$ می باشد. مخزن از رقوم کف تا رقوم 150 متر از تیپ III و از رقوم 150 متر تا 220 متر از تیپ II تبعیت می نماید. به دلیل اینکه قسمت اعظم مخزن از تیپ II می باشد. لذا کلیه حجم مخزن از این تیپ در نظر گرفته می شود.



نمودار (۲) - منحنی حجم مخزن - عمق نسبی مخزن سد کرخه با استفاده از اطلاعات شرکت مهاب قدس



نمودار (۱) - نمودار ارتفاع - حجم مخزن کرخه با استفاده از اطلاعات شرکت مشاور جاماب

۳- تجزیه و تحلیل نتایج

هر تحقیقی بر یک بنیانی استوار می باشد. این بنیان فرضیات آن تحقیق می باشند و با استفاده از آنها تحقیق انجام می شود و در انتها بایستی این فرضیات بررسی شده و اثبات و یا عدم اثبات آنها بررسی شود. برای این کار بایستی نتایج حاصله را تجزیه و تحلیل نمود. در هر تحقیق تجزیه و تحلیل نتایج مهمترین کار بوده لذا انتخاب نوع روش از اهمیت فراوانی برخوردار است. بطور کلی برای ارزیابی نتایج حاصل از مدل ها، روش های مختلفی وجود

دارد که از آن جمله می توان به روش های گرافیکی ، رگرسیونی و آماری اشاره کرد. جهت بررسی دقت و صحت نتایج نرم افزارهای رایانه ای و روش های تجربی مورد استفاده در این تحقیق می توان از روش های مختلفی استفاده نمود که عبارتند از: ۱- مقایسه نتایج مدل با نتایج آزمایشگاهی ۲- مقایسه نتایج مدل با نتایج مدل های دیگر. ۳- مقایسه نتایج مدل با داده های میدانی برداشت شده از طبیعت

برای تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از روش آماری استفاده شده است. نتایج مدل با داده های برداشت شده از طبیعت به دلیل تطبیق دادن مدل با واقعیت ، بهترین و گرانترین روش ارزیابی دقت مدل می باشد. برای مقایسه ، از نتایج هیدروگرافی سال ۱۳۸۴ استفاده می شود. معیارهای مورد استفاده

در این تحقیق عبارتند از: نسبت اختلاف (R) ، درصد خطای میانگین (\bar{e}) ، ضریب همبستگی (R^2) ، مجموع مربعات خطا (SSE) ، ریشه مجموع

مربعات خطا $(RMSE)$ ، متوسط خطای نسبی (RAE) و حداقل متوسط خطای نسبی $(RMSE)$ و انحراف معیار (S) . یکی دیگر از معیارها تحلیل رگرسیونی می باشد. تحلیل رگرسیونی روشی است که برای مطالعه روابط میان متغیرها و به خصوص آگاهی از چگونگی وابستگی یک متغیر به متغیرهای دیگر مورد استفاده قرار می گیرد. در رگرسیون ، توزیع فراوانی یک متغیر در حالتی که متغیر دیگر ثابت باشد ، در سطوح مختلف تعیین می شود. برای مثال دبی سیلابی با دوره بازگشت معین را می توان با مشخصات حوزه آبریز مشخص نمود و باقی مانده ها را به عنوان اثر عوامل در نظر گرفته نشده و عامل شانس به حساب آورد. در برخی موارد معادله خط راست می تواند برای نشان دادن وابستگی یک متغیر به متغیر دیگر بصورت زیر مورد استفاده قرار گیرد:

$$y = \alpha + \beta x \quad (2)$$

که در آن y متغیر وابسته ، x متغیر مستقل ، α محل تقاطع محور y ها توسط خط رگرسیون ، β شیب خط یا ضریب رگرسیون می باشد. در تحلیل رگرسیونی ، هر قدر مدل دارای ضریب همبستگی نزدیک به ۱ ، شیب خط نزدیک به ۱ و عرض از مبدا نزدیک به صفر باشد مدل بهتری خواهد بود. در جداول (۱) ، (۲) و (۳) نتایج تحلیل آماری ، انحراف معیار و تحلیل رگرسیونی آمده است.

جدول (۱) - تحلیل آماری نتایج روش های تجربی مختلف برای محاسبه حجم مخزن

پارامتر آماری							روش
$RRMS$	$RMSE$	SSE	R^2	\bar{e}	RAE	R	
۰/۰۲۳۶	۹۸/۶۳۹	۱۵۵۱۷/۲۶	۰/۹۲۴	۱۷/۱۴۲	-۰/۰۱۲	۱/۰۱۲	مودی
۰/۰۲۱	۱۰۹/۴۲۳	۱۷۴۳۷/۸۲	۰/۹۷۸	۱۰/۳۵۰	-۰/۱۰۳	۱/۱۰۳	
۰/۲۴۱	۴۷/۸۳۹	۳۵۲۴/۳۲۲	۰/۹۵۳۴	۳۴/۱۱	-۰/۳۱۵۹	۱/۰۹۴	برلند-میلر
۰/۲۷۱	۵۲/۲۷۴	۳۹۴۵/۷۶۶	۰/۹۴۷۷	۱۵/۲۵	-۰/۱۲۴۱	۰/۸۷۵	
۰/۰۱۲۰	۴۶/۷۳۵	۳۹۹۸/۳۵۲	۰/۸۷۵	۱۹	۰/۱۳۶	۰/۸۶۳	افزایش سطح
۰/۰۱۰۶	۵۰/۴۱۵	۴۴۶۰/۷۷۹	۰/۹۸۴	۸/۸۷۶	۰/۰۲۸	۰/۹۷۱	

در جدول فوق ، در مقابل هر روش دو ردیف جدول وجود دارد . ردیف اول در حالت با در نظر گرفتن رقوم کف مخزن و ردیف دوم در حالت بدون در نظر گرفتن رقوم کف مخزن در محاسبات می باشد.

در جدول (۲) انحراف معیار داده های حجم اصلاح شده مخزن که با استفاده از روش های مختلف بدست آمده اند ، ارائه شده است. ستون اول و دوم در مقابل هر روش بترتیب معرف حالات با و بدون در نظر گرفتن رقوم کف مخزن در محاسبات می باشد.

جدول (۲) - انحراف از معیار داده های حجم بدست آمده از روش های تجربی مختلف

انحراف معیار		روش
۱۸۳۲/۱۰۶	۱۹۳۱/۱۳۲	افزایش سطح
۱۹۱۲/۸۷۸	۱۹۰۳/۴۱۵	کاهش سطح برلند-میلر
۱۹۹۷/۳۶۹	۲۸۲۳/۷۵۰۳	کاهش سطح مودی

جدول (۳) - پارامترهای تحلیل رگرسیونی

پارامتر رگرسیون			روش
R^2	β	α	
۰/۹۹۸۶	۵۳/۲۰۶	۱/۰۲۴	کاهش سطح مودی
۰/۹۹۹۱	-۳۷/۰۵۴	۱/۰۱۲۴	کاهش سطح برلند
۰/۹۹۸۹	۲۱/۲۷۷	۰/۹۷۴۴	افزایش سطح

۴- نتیجه گیری

مخزن کرخه تیپ II میباید. بهترین روش برای محاسبه حجم اصلاح شده مخزن روش افزایش سطح می باشد. حذف رقوم کف مخزن از محاسبات باعث افزایش دقت نتایج می گردد. همچنین اتکای به دو یا سه پارامتر آماری در انتخاب بهترین روش ، کاملاً اطمینان بخش نبوده و باعث انتخاب نسیبی می شود. پس از هر عملیات هیدروگرافی می بایست محاسبات فوق تکرار شود تا تاثیر گذشت زمان بر محاسبات مشخص گردد.

منابع و مراجع

- ۱- شعبانلو ، س ، موسوی ، ف ، حیدرپور ، م ، (۱۳۸۱) ، بررسی میزان رسوب ورودی به مخزن دز و نحوه توزیع آن تاکنون و برآورد وضعیت مخزن در آینده ، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه ، دانشگاه شهید چمران
 - ۲- شاکری داریان ، ع ؛ نجمایی ، م (۱۳۸۴) ، نحوه برآورد رسوبگذاری مخازن با استفاده از مدل ریاضی GSTARS2.1 و نرم افزار ILWIS ، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران ، دانشگاه شهید باهنر کرمان
 - ۳- کمیته رسوب طرح استانداردهای صنعت آب ، (۱۳۶۸) ، محاسبه میزان رسوبات و چگونگی تجمع آنها در مخازن سدها ، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران ، دانشکده فنی دانشگاه تهران
 - ۴- حیدرزاد ، م ؛ گلماهی ، ح ؛ مساعدی ، ا ؛ ضیا تبار احمدی ، م (۱۳۸۴) ، برآورد حجم رسوب در مخزن سد کرج به روش هیدرومتری و مقایسه آن با هیدروگرافی ، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران ، دانشگاه شهید باهنر کرمان
 - ۵- شعبانلو ، س ؛ موسوی ، ف ؛ حیدرپور ، م (۱۳۸۳) ، ارزیابی کارایی مدل های کاهش و افزایش سطح در توزیع رسوب در مخازن نسبت به گذشت زمان ، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران ، دانشگاه صنعتی اصفهان
 - ۶- وزارت نیرو ، سازمان مدیریت منابع آب ، دفتر استاندارد مهندسی آب ، (۱۳۸۰) ، تعیین حجم رسوبات و توزیع آن در مخازن سدها ، نشریه شماره ۲۲۱
 - ۷- حیدرپور ، م ؛ موسوی ، ف ؛ شعبانلو ، س ؛ محمد زاده ، ج (۱۳۸۵) ، پیش بینی ارتفاع رسوب در پشت بدنه سد زاینده رود با استفاده از مدل کاهش سطح ، اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود ، دانشگاه شهرکرد
 - ۸- وزارت نیرو ، دفتر فنی امور آب ، استاندارد صنعت آب ، (۱۳۶۲) ، رسوبگذاری در مخازن سدها ، نشریه شماره یک
 - ۹- آریا نژاد ، ب ؛ ذهبیون ، م (۱۳۸۱) ، مقدمه ای بر احتمالات و آمار کاربردی ، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
 - ۱۱- فرشاد فر ، ع ، (۱۳۸۰) ، اصول و روش های آماری چند متغیره ، انتشارات طاق بستان ، چاپ اول
- 12-Yang,C.T.,1996."Sediment Transport,Theory and Practice",Mc Graw-Hill,396P
13-Leo C.Van Rijn,1993 " Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas, CopyRight by Aqua Publisher
14-Dan G.Batuca ,Jan M.Jordan,2000, Silting and Desilting of Reservoir,Published by A.A.Balkem
15-Garde, R.J. and Ranga Raju ,K.G, 1985,Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems"John Wiley and Sons Publisher,India