# Evaluation of Sediment Distribution in Small Dam Reservoirs of Chaharmahal-Bakhtiary Region

*Mousavi, S.F., Assoc. Prof., Isfahan University of Technology,*

*Samadi-Boroujeni, H., M. Sc., Shahre- Kord University, Iran.*

**ABSTRACT**

**Dams are one of the most important hydraulic structures for storage and operation of water resources. The amount and distribution of sediment is one of the problems in dams. In this study, fourteen small embankment dams in Chaharmahal-Bakhtiary region are studied. These dams are in the class of small dams (height of less than 15 m, and reservoir capacity of less than about one million cubic meters) and their watershed area is less than 40 km2. Since 5 to 8 years has passed from their usefull life, sedimentation has occured in all the reservoirs. By surveying and measuring depth of sediments, the volume of sediments in the reservoirs were calculated. Empirical methods of area-increment and area-erduction have been used to estimate sediment distribution at different levels of the reservoirs. On the basis of two computer programs written for these two methods (SDAIM and SDARM) , it was concluded that these methods are applicable for small dam-reservoirs. These two methods have low accuracy in the lower elevations of the reservoirs, but their accuracy is acceptable in the higher elevations. It seems that more research is needed on some more reservoirs to recommend one of the sediment-distribution methods, or to develop a new method.**

# ارزیابی توزیع رسوب

# در مخازن سدهای کوچک منطقه چهارمحال و بختیاری

سید فرهاد موسوی * حسین صمدی بروجنی**

**چکیده:**

***سدها از مهمترین ابنیه آبی می‌باشند که به منظور ذخیره و بهره برداری از منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقدار رسوب و نحوه توزیع آن از جمله مسایل مهم سدها است. در این تحقیق، ۱۴ سد خاکی کوچک در منطقه چهارمحال و بختیاری مورد مطالعه قرار گرفته است. این سدها از نوع سدهای کوچک (ارتفاع کمتر از ۱۵ متر و حجم مخزن کمتر از حدود یک میلیون متر مکعب) هستند و حوزه آبریز آنها دارای مساحت کمتر از ۴۰ کیلومتر مربع است. از آنجاکه بین ۵ تا ۸ سال از عمر سدهای مورد مطالعه می‌گذرد، عمل رسوبگذاری در آنها انجام شده است. با انجام عملیات نقشه‌برداری و اندازه‌گیری عمق رسوبات، حجم رسوبات برجای مانده در سدها محاسبه گردیده است. روشهای تجربی افزایش سطح و کاهش سطح جهت برآورد توزیع رسوب در ارتفاعات مختلف مخزن مورد استفاده قرار گرفته است. براساس دو برنامه کامپیوتری نوشته شده برای این دو روش، مشخص گردید که روشهای فوق الذکر در مورد مخازن سدهای کوچک نیز کاربرد دارند. این دو روش در رقوم پایین مخزن دارای دقت کم و در رقوم بالا دارای دقت خوبی هستند. به نظر می‌رسد که تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است تا انتخاب یکی از دو روش فوق، یا ابداع روشی جدید آسانتر گردد.***

## مقدمه و بررسی منابع

احداث سد برروی یک رودخانه منجر به کاهش سرعت جریان و در نتیجه رسوبگذاری در مخزن سد می‌شود. تجمع رسوبات در پشت سدها موجب کاهش ظرفیت ذخیره و در نتیجه محدود شدن عمر مفید مخازن آنها می‌شود. هر سال تقریباً ۲۰ میلیارد تن رسوبات توسط رودخانه‌های جهان انتقال یافته و در آبهای ساکن ته‌نشین می‌گردد[۱۰]. در ایران نیز سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از گنجایش سدهای مخزنی به خاطر رسوبگذاری کاسته می‌شود[۲]. رسوبگذاری در مخزن علاوه بر اینکه موجب کاهش گنجایش مفید سد می‌شود زیانهای دیگری نیز به بار می‌آورد که از جمله آنها تغییر در رژیم طبیعی

*- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
**- مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد



رودخانه پایین دست سد به دلیل کاهش بار رسوبی جریان، اختلال در تخلیه کننده‌های سد، افزایش تبخیر از سطح دریاچه، بالا آمدن بستر رودخانه در بخش ورودی به مخزن و غیره می‌شود.

عمر مفید مخازن بسته به میزان رسوبات وارده، راندمان تله اندازی و نحوه رسوبگذاری متغیر است. در مطالعات مخازن، علاوه بر تعیین میزان رسوبات ورودی، لازم است که نحوه توزیع رسوب در مخزن نیز مشخص گردد. بدین معنی که مشخص شود در ارتفاعات مختلف مخزن چه عمقی از رسوب در طول یک دوره زمانی معین ته‌نشین می‌شود. نحوه توزیع رسوب برای طراحان سدها، به منظور تعیین آستانه دریچه‌های عمقی و آبگیرها اهمیت دارد. بعلاوه در دوران بهره‌برداری از سدها، نحوه پخش رسوب در برآورد مجدد حجم مفید باقیمانده مخزن اهمیت می‌یابد[۸]. چندین روش برای براورد نحوه توزیع رسوب در مخازن سدها ارائه شده که اغلب آنها به صورت مدلهای ریاضی -تجربی هستند. در صورتی که سد ساخته شده باشد می‌توان از طریق عمقیابی دریاچه، تخمین نسبی از نحوه نشست رسوب بدست آورد. ولی برای مطالعه و طراحی سدهای در دست احداث، به ناچار باید از روشهای تجربی استفاده کرد. دو روش تجربی کاهش‌سطح[1] وافزایش سطح[2] نسبت به سایر روشها متداولتر است. این روشها توسط بورلند و میلر در سال ۱۹۶۰ برای اولین بار ارائه و سپس در سال ۱۹۶۲ توسط مودی اصلاح گردیدند[۴،۹،۱۱،۱۲].

قمشی و همکاران [۷] در سال ۱۳۶۷ نحوه رسوبگذاری در سد دز را مورد مطالعه قرار داده و از روشهای تجربی کاهش سطح و افزایش سطح استفاده کرده‌اند. روش کاهش سطح با مخزن تیپ II حجم رسوبات این سد را ۷۷۲ میلیون متر مکعب برآورد کرده است. از این مطالعه نتیجه گرفته شد که بعد از ۱۱۴ سال، رسوبات مخزن نیمی از ظرفیت اولیه را دربر می‌گیرند و بعد از ۱۹۴ سال ۸۰ درصد از ظرفیت مخزن اولیه توسط رسوبات اشغال خواهد شد. همچنین طبق نتایج روش کاهش سطح، مشخص گردید که ۳۹ سال بعد از بهره‌برداری سد رسوبات در پشت سد تا مرکز دریچه‌های آبیاری می‌رسند و ۸۲ سال بعد از بهره‌برداری، رسوبات تا رقوم لبه دریچه توربینها خواهند رسید که ممکن است مسائلی را بهمراه داشته باشند [۷].

عابدینی و بیدختی [۵] نحوه توزیع رسوب در مخزن سد درودزن را از روش کاهش سطح مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه مشخص گردید که بعد از گذشت ۵۰ سال رسوبات در پشت سد درودزن تا ارتفاع ۱۲/۲ متر بالا می‌آید.

رهنمایی [۳] روشهای توزیع رسوب را در مخزن سد کرج به کار برده و نتایج را با اندازه‌گیریهای سال ۱۳۷۰ مقایسه کرده است. حجمهای حاصل از دو روش تجربی فوق، در رقومهای بالا تقریباً با هم برابرند و نسبت به مقادیر واقعی خطای ناچیزی داشته‌اند. در رقومهای متوسط تفاوت مختصری بین سه روش مشاهده می‌شود و در رقومهای پایین تفاوت دو روش کاهش سطح و افزایش سطح زیادتر می‌شود اما نتایج حاصل از روش کاهش سطح به مقادیر واقعی نزدیکتر است.

هدف از تحقیق حاضر بررسی نحوه توزیع رسوب با استفاده از روشهای تجربی کاهش سطح و افزایش سطح و مقایسه آن با مقادیر اندازه‌گیری شده در ۱۴ سد خاکی کوچک منطقه چهارمحال و بختیاری است.

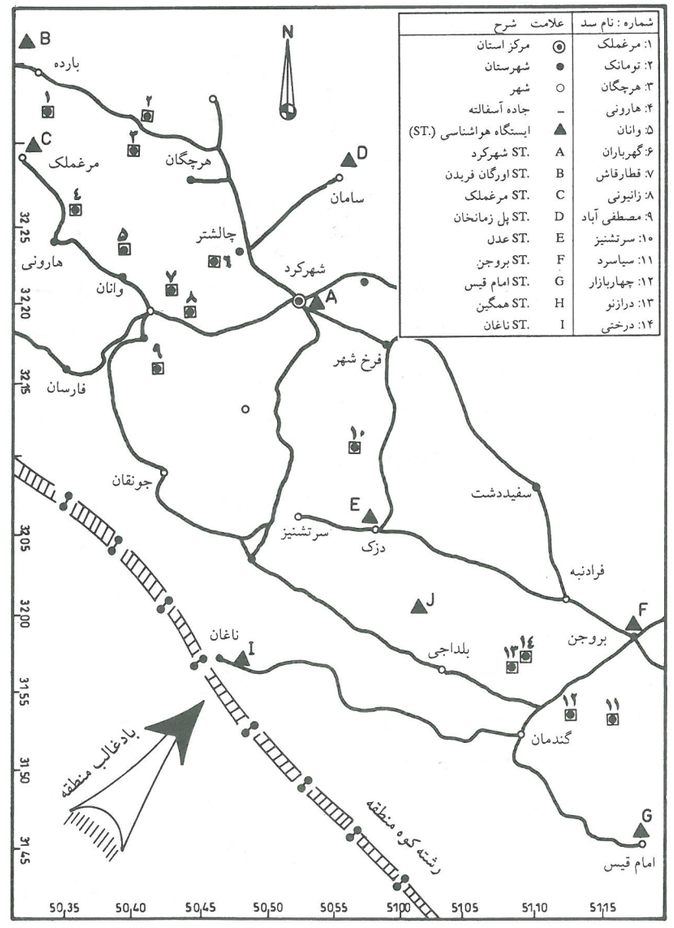
## مواد و روش

در مورد روند توزیع رسوب در ارتفاعات مختلف مخازن سدها تحقیقات زیادی انجام شده ولی این تحقیقات بطور عمده برای سدهای بزرگ بوده و از روشهای تجربی نیز استفاده به عمل آمده است. در مواردی برای تعیین توزیع رسوب در مخازن سدهای کوچک از روشهای مربوط به مخازن سدهای بزرگ استفاده شده است. بدیهی است که شرایط هیدرولیکی و

1- Area Reduction Method
2- Area Increment Method

فیزیکی مخازن کوچک و بزرگ یکسان نبوده و لازم است ابتدا روشهای مذکور برای مخازن کوچک ارزیابی گردند. با توجه به اینکه مخازن طبیعی دارای شکل هندسی منظم نبوده و درضمن در قسمتهای مختلف یک مخزن شرایط هیدرولیکی جریان آب غیر یکنواخت و اغلب غیر مشخص است، لذا پدیده رسوبگذاری نیز پیچیده و تصادفی است. بنابراین بکار بردن روشهای تئوریک در حل اینگونه مسائل بسیار مشکل و اغلب غیر عملی است. در مقابل، کاربرد روشهای تجربی سهولت بیشتری دارد، هر چند که ممکن است صددرصد دقت نداشته باشند.

در این تحقیق ۱۴ سد خاکی کوچک به نامهای تومانک، چهاربازار، درازنو، درختی، زانیونی، سرتشنیز، سیاسرد، قطارقاش، گهرباران، مرغملک، مصطفی آباد، وانان، هارونی و هرچگان در منطقه چهارمحال وبختیاری انتخاب شدند (شکل ۱). این سدها دارای ارتفاع کمتر از ۱۵ متر (بجز سد تومانک) و حجم ذخیره کمتر از حدود یک میلیون متر مکعب می‌باشند. بعضی از مشخصات سدهای انتخابی به شرح جدول ۱ است. این سدها صرفاً برای کنترل سیلاب و رسوب و احتمالاً تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی ساخته شده‌اند و فاقد ایستگاه اندازه‌گیری دبی و رسوب می‌باشند. اقلیم حوزه‌های آبریز سدها عمدتاً نیمه مرطوب معتدل با زمستانهای سرد است.




| شماره : نام سد | علامت | شرح |
|---|---|---|
| ۱: مرغملک | ⊙ | مرکز استان |
| ۲: تومانک | ● | شهرستان |
| ۳: هرچگان | ○ | شهر |
| ۴: هارونی | – | جاده آسفالته |
| ۵: وانان | ▲ | ایستگاه هواشناسی (ST.) |
| ۶: گهرباران | A | ST. شهرکرد |
| ۷: قطارقاش | B | ST. اورگان فریدن |
| ۸: زانیونی | C | ST. مرغملک |
| ۹: مصطفی آباد | D | ST. پل زمانخان |
| ۱۰: سرتشنیز | E | ST. عدل |
| ۱۱: سیاسرد | F | ST. بروجن |
| ۱۲: چهاربازار | G | ST. امام قیس |
| ۱۳: درازنو | H | ST. همگین |
| ۱۴: درختی | I | ST. ناغان |

**شکل ۱ـ محل سدهای مورد مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری**



**جدول ۱ـ بعضی از مشخصات حوزه آبریز و ابعاد مخزن سدهای مورد مطالعه**

| ردیف | نام سد | مساحت حوزه آبریز (هکتار) | میانگین بارندگی سالیانه حوزه آبریز* (میلی‌متر) | مساحت اولیه مخزن سد (هکتار) | حجم‌اولیه مخزن سد (مترمکعب) | ارتفاع اولیه سد** (متر) | سال شروع بهره‌برداری از سد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | تومانک | ۱۷۴۲/۰ | ۵۴۲/۱ | ۱۷/۰۵ | ۱۰۲۹۹۷۰ | ۱۷/۵ | ۱۳۶۸ |
| ۲ | چهاربازار | ۱۹۰۸/۰ | ۴۸۷/۲ | ۶/۳۷۶ | ۱۶۱۹۱۵ | ۶/۴ | ۱۳۶۸ |
| ۳ | درازنو | ۲۷۶/۰ | ۴۸۰/۳ | ۷/۵۵۹ | ۲۵۴۸۶۶ | ۷/۵ | ۱۳۶۷ |
| ۴ | درختی | ۳۶۲/۰ | ۴۴۸/۶ | ۷/۵۳۰ | ۳۲۸۱۵۰ | ۱۰/۰ | ۱۳۶۸ |
| ۵ | زانیونی | ۲۴۴/۰ | ۴۹۳/۳ | ۳/۴۰۲ | ۱۳۱۵۲۴ | ۹/۳ | ۱۳۶۶ |
| ۶ | سرتشنیز | ۱۰۶۰/۸ | ۴۱۱/۶ | ۷/۳۵۳ | ۳۶۹۷۱۳ | ۱۱/۳ | ۱۳۶۸ |
| ۷ | سیاسرد | ۶۰۵/۲ | ۵۲۷/۱ | ۱/۰۳۹ | ۳۱۵۶۱ | ۸/۰ | ۱۳۶۶ |
| ۸ | قطارقاش | ۲۰۳/۶ | ۴۶۷/۶ | ۱/۸۵۰ | ۵۶۴۵۰ | ۷/۰ | ۱۳۶۶ |
| ۹ | گهرباران | ۲۱۶/۶ | ۴۴۰/۰ | ۷/۷۶۰ | ۲۱۳۲۶۳ | ۷/۵ | ۱۳۶۷ |
| ۱۰ | مرغملک | ۳۸۵/۲ | ۶۲۱/۵ | ۳/۲۴۶ | ۱۳۰۱۹۳ | ۸/۸ | ۱۳۶۷ |
| ۱۱ | مصطفی آباد | ۴۰۴/۶ | ۵۳۷/۲ | ۴/۰۳۵ | ۱۶۷۶۰۱ | ۹/۲ | ۱۳۶۵ |
| ۱۲ | وانان | ۲۲۰/۲ | ۴۹۹/۸ | ۴/۳۳۴ | ۱۸۲۹۷۰ | ۹/۰ | ۱۳۶۸ |
| ۱۳ | هارونی | ۳۱۵/۶ | ۵۱۹/۴ | ۴/۵۹۰ | ۲۱۰۹۷۳ | ۱۱/۵ | ۱۳۶۸ |
| ۱۴ | هرچگان | ۳۸۹۸/۰ | ۵۷۲/۷ | ۱۲/۲۳۲ | ۵۷۰۵۸۳ | ۱۴/۵ | ۱۳۶۶ |

* میانگین بارندگی در دوران بهره‌برداری از سد و با استفاده از رابطه همبستگی بین ارتفاع متوسط حوزه آبریز و بارندگی در ایستگاههای شهرکرد یا بروجن بدست آمده است.

** ارتفاع سد برابر تفاوت ارتفاعی پایین‌ترین نقطه مخزن تا بالای سرریز می‌باشد.

با انجام عملیات نقشه‌برداری در شهریور ۱۳۷۳ نقشه‌های توپوگرافی مخازن سدها بعد از چندین سال بهره‌برداری بدست آمده است. از مقایسه نقشه‌های توپوگرافی اولیه و ثانویه، عمق رسوبات در هر نقطه دلخواه از مخزن بدست می‌آید که از روی آن حجم رسوبات ته‌نشین شده محاسبه می‌شود. در تعدادی از سدهای مذکور، نقشه‌های اولیه موجود نبود. بدین لحاظ به فواصل ۱۰ متر چاهکهایی در داخل مخزن سد زده شد و عمق رسوبات اندازه‌گیری گردید و از روی نقشه توپوگرافی ثانویه و عمق رسوبات، نقشه توپوگرافی اولیه ترسیم گردید. اطلاعات حاصل از این تحقیق ارزیابی روشهای تجربی مربوط به نحوه رسوبگذاری در مخازن سدهای کوچک را ممکن ساخته و اعتبار آنها را مورد سنجش قرار می‌دهد. ضمناً می‌توان منحنی‌های حجم ـ ارتفاع و سطح ـ ارتفاع را نیز برای سدهای مورد نظر رسم کرد (نظیر شکل ۲).

در اینجا توضیح مختصری راجع به روشهای کاهش سطح و افزایش سطح جهت تعیین نحوه توزیع رسوب در مخازن سدها ضروری است.

**روش کاهش سطح**

در این روش، ابتدا مخازن به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۲). برای هر نوع مخزن، یک منحنی فرم توزیع رسوب[1] تهیه شده که از روی آنها، سطح نسبی بی‌بعد[2] بدست می‌آید [۱۱]. در شکل ۳ منحنیهای توزیع

1- Sediment Distribution Curve
2- Dimensionless Relative Area

رسوب نشان داده شده که در محور افقی عمق نسبی[1] (P) و در روی محور عمودی سطح نسبی رسوب دیده می‌شود. رابطه‌ای که بر اساس آن سطح نسبی محاسبه می‌شود به صورت زیر است:

$$A_p = CP^m(1-P)^n \qquad (۱)$$

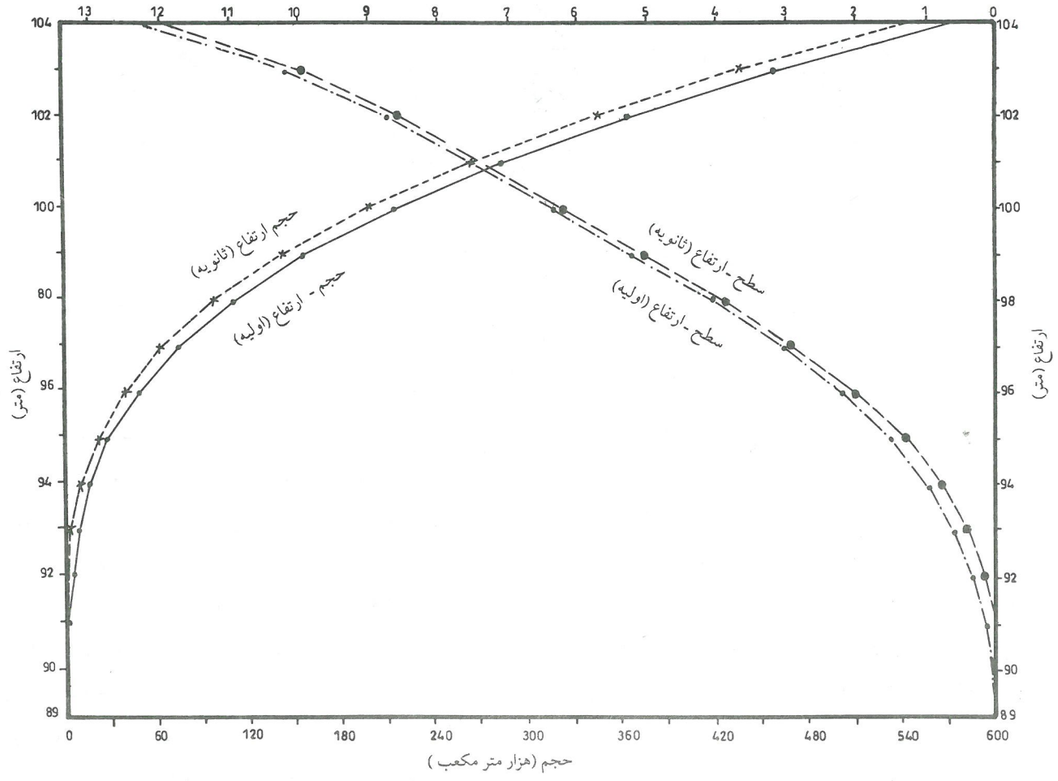
که C و m و n ضرائب بی بعد هستند (شکل ۳) و براساس نوع مخزن انتخاب می‌شوند. **برای** هر تراز دلخواه، می‌توان $A_p$ را از شکل ۳ بدست آورد. برای تبدیل سطح نسبی رسوب به سطح مخزن بعد از رسوبگذاری در هر تراز دلخواه، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$A_0 = K \cdot A_p \qquad (۲)$$

K ضریب تبدیل است که می‌توان آنرا در یک تراز دلخواه از مخزن سد محاسبه کرد. این تراز معمولاً در همان تراز بالا آمدن رسوبات در پشت بدنه سد (ارتفاع صفر[2] مخزن) انتخاب می‌شود و طبق رابطه $K = A_0 / A_p$ محاسبه می‌گردد که $A_0$ سطح اولیه مخزن در تراز بالا آمدن رسوبات است و از منحنی سطح ـ ارتفاع بدست می‌آید.

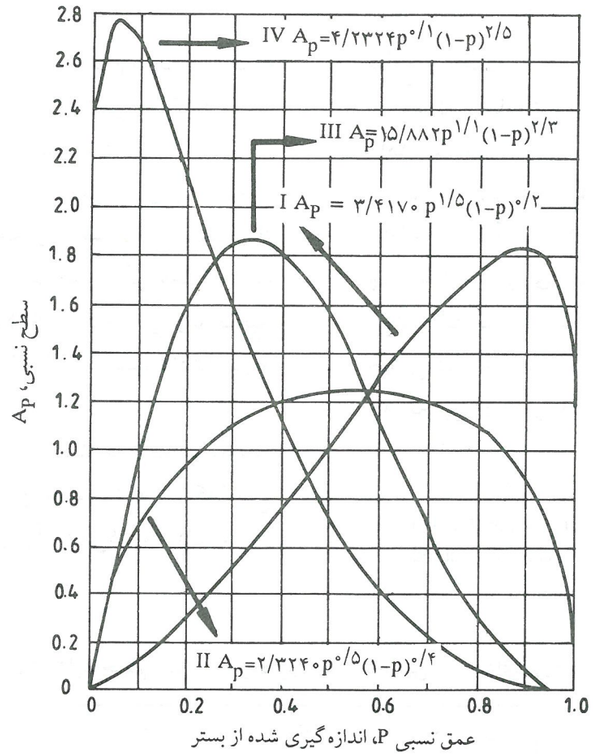
با داشتن K و $A_p$ در هر تراز دلخواه می‌توان سطح رسوب را حساب کرد. سپس به روش میانگین گیری، منحنی سطح ـ ارتفاع و حجم ـ ارتفاع در دوران پس از رسوبگذاری رسم می‌شود. تفاضل حجم اولیهٔ و ثانویه مخزن برابر حجم رسوبات است. اگر ارتفاع صفر صحیح انتخاب شده باشد باید کل حجم رسوبات برآورد شده با حجم رسوبات اندازه‌گیری شده برابر باشد وگرنه باید ارتفاع صفر را عوض کرد. این کار تا تساوی دو حجم رسوب ادامه داده می‌شود.

1- Relative Depth
2- Zero Elevation




**شکل ۲ـ منحنیهای حجم ـ ارتفاع و سطح ـ ارتفاع مخزن سد هرچگان**






**شکل ۳ـ منحنیهای توزیع رسوب در روش کاهش سطح.**

**جدول ۲ـ طبقه‌بندی مخازن سدها از لحاظ نحوهٔ رسوبگذاری**

| * m | نوع مخزن | تیپ |
|---|---|---|
| ۱ـ۱/۵ | دره‌ای | ۴ |
| ۱/۵ـ۲/۵ | تپه‌ای | ۳ |
| ۲/۵ـ۳/۵ | کوهپایه‌ای | ۲ |
| ۳/۵ـ۴/۵ | دریاچه‌ای | ۱ |

* m عکس شیب ظرفیت در مقابل عمق مخزن است.

**روش افزایش سطح**

در این روش فرض می‌شود که منحنی سطح ـ ارتفاع ثانویه موازی منحنی اولیه است. به بیان دیگر فرض می‌شود که سطح رسوبات در تمام ارتفاعات ثابت است و حجم رسوبات در بالای ارتفاع صفر به طور یکنواخت توزیع شده است. رابطه ریاضی این روش به صورت زیر می‌باشد:

$$V_s = A_0 (H-H_0) + V_0 \qquad (۳)$$

که در آن:

$V_s$ = حجم رسوب که باید توزیع شود
$V_0$ = حجم رسوب در زیر ارتفاع صفر
H = عمق اولیه مخزن از کف رودخانه
$H_0$ = ارتفاع صفر (عمقی که رسوب تا آن حد بالا می‌آید)
$A_0$ = سطح مخزن در ارتفاع صفر

معادله (۳) نشان می‌دهد که کل حجم رسوبات برجای مانده در مخزن در دو قسمت ته‌نشین می‌شود. قسمت اول

در زیر ارتفاع صفر است و قسمت دوم در بالای ارتفاع صفر که با سطح رسوب ثابت ($A_0$) توزیع می‌گردد. مسئله اساسی تعیین $H_0$ و یا $A_0$ است. جهت کاربرد این روش، ابتدا باید ارتفاع صفر حدس زده شود و از روی منحنی سطح ـ ارتفاع ، مقادیر سطح و حجم مخزن قرائت و از معادله (۳) حجم رسوب محاسبه شود. اگر حجم محاسبه شده و اندازه‌گیری شده یکسان باشد حدس اولیه صحیح است و گرنه باید ارتفاع صفر را آنقدر تغییر داد تا شرط فوق برقرار شود.

دو برنامه کامپیوتری به زبان فرترن، به نامهای SDARM[1] و SDAIM[2] در این تحقیق نوشته شده که ارتفاع صفر و حجم کلی رسوب را برآورد می‌کند و میزان رسوب را در هر تراز مخزن تعیین می‌نماید.

## نتایج و بحث

جدول ۳ نتایج تخمین رسوب به روشهای تجربی کاهش سطح و افزایش سطح و همچنین حجم رسوب ته‌نشین شده (که از تفاضل منحنیهای حجم ـ ارتفاع ثانویه و اولیه بدست آمده) ۱۴ سد خاکی کوچک در منطقه چهارمحال و بختیاری را نشان می‌دهد. از این جدول دیده می‌شود که هر دو روش فوق، حجم کل رسوب را با خطایی کمتر از یک درصد در حد حجم رسوب ته‌نشین شده تخمین زده‌اند و دقت خوبی دارند.

1- Sediment Distribution by Area Reduction Method
2- Sediment Distribution by Area Increment Method

**جدول ۳ـ نتایج حجم رسوب اندازه‌گیری شده و تخمینی در سدهای مورد مطالعه**

| ردیف | نام سد | حجم رسوب ته نشین شده (متر مکعب) | رسوب تخمینی به روش کاهش سطح (مترمکعب) | رسوب تخمینی به روش افزایش سطح (متر مکعب) | بهترین برازش منحنیهای رسوب |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | تومانک | ۸۹۱۰ | ۸۸۹۷ | ۸۹۳۷ | *AI |
| ۲ | چهاربازار | ۱۰۲۲۳ | ۱۰۲۷۸ | ۱۰۲۶۳ | AR |
| ۳ | درازنو | ۱۹۰۳ | – | ۵۰۴۲ | N |
| ۴ | درختی | ۴۷۶۵ | ۴۷۵۶ | ۴۷۷۱ | AI |
| ۵ | زانیونی | ۵۶۲۹ | ۵۶۰۲ | ۵۶۵۵ | IN |
| ۶ | سرتشنیز | ۸۹۰۹ | ۸۹۲۵ | ۸۸۶۳ | AI |
| ۷ | سیاسرد | ۲۱۶۴ | ۲۱۵۰ | ۴۵۱۰ | AR |
| ۸ | قطارقاش | ۴۵۷۵ | ۴۵۳۳ | ۴۵۳۴ | IN |
| ۹ | گهرباران | ۱۰۰۷۵ | ۱۰۰۲۵ | ۱۰۲۴۷ | AR |
| ۱۰ | مرغملک | ۶۹۱ | – | ۲۳۳۵ | N |
| ۱۱ | مصطفی آباد | ۱۰۳۴۲ | ۹۳۲۵ | ۹۴۴۹ | AR |
| ۱۲ | وانان | ۳۰۹۰ | ۳۱۰۳ | ۳۱۶۱ | IN |
| ۱۳ | هارونی | ۵۳۵۳ | ۵۳۲۰ | ۵۳۴۳ | AI |
| ۱۴ | هرچگان | ۲۳۳۴۶ | ۲۳۱۲۷ | ۲۳۲۶۳ | AI |

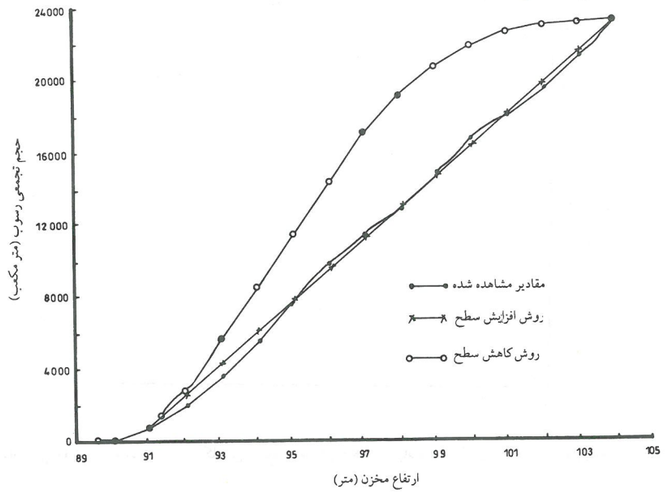
* AI = روش افزایش سطح، AR = روش کاهش سطح، IN = حالت بینابین دو روش فوق، N = هیچ کدام از دو روش فوق



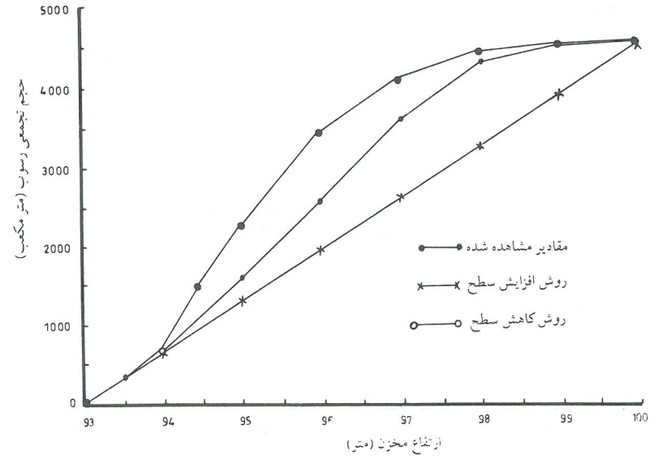
برای مقایسه برازش مقادیر حجم رسوب تخمینی و ته‌نشین شده در ارتفاعات مختلف مخازن سدهای مورد مطالعه، سدهای تومانک، هرچگان، قطارقاش، سیاسرد و چهاربازار از بین ۱۴ سد انتخاب شده‌اند. دو سد تومانک و هرچگان نسبت به سایر مخازن دارای بیشترین ظرفیت و دو سد قطارقاش و سیاسرد دارای کمترین ظرفیت می‌باشند. از طرفی ، دو سد تومانک و قطارقاش دارای مخزنی تقریباً دایره شکل و دو سد هرچگان و سیاسرد دارای مخزنی نسبتاً کشیده هستند. مخزن هرچگان از تیپ III و سایر مخازن از تیپ IV (جدول ۲) می‌باشند.

برای ارزیابی روشهای افزایش سطح و کاهش سطح در برآورد نحوه توزیع رسوب، از دو برنامه نوشته شده توسط مولفین این مقاله استفاده بعمل آمد.

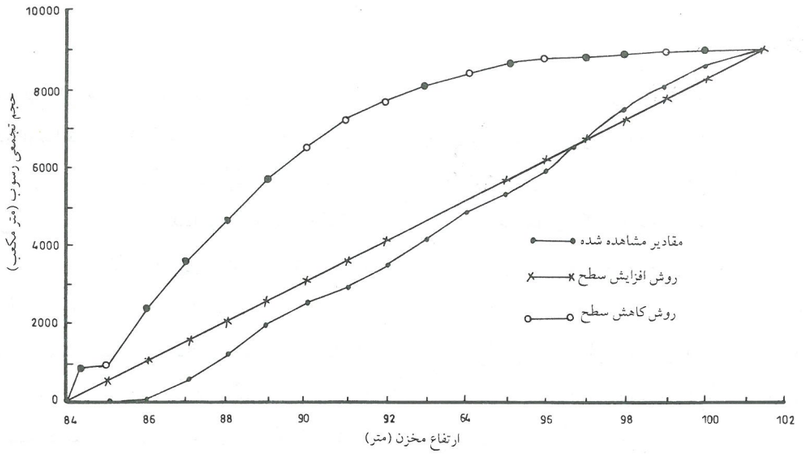
شکلهای ۴ تا ۸ نحوه پراکنش رسوب به روشهای افزایش سطح و کاهش سطح را در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. از دو شکل ۴ و ۵ دیده می‌شود که روش افزایش سطح در مخازن بزرگ هرچگان و تومانک برازش بهتری را نسبت به روش کاهش سطح داده است.



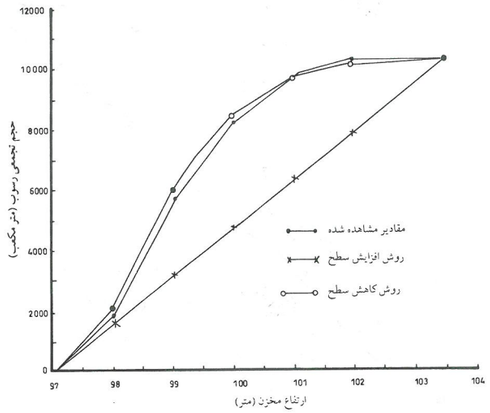

**شکل ۴ ـ ارزیابی روشهای افزایش سطح و کاهش سطح بر مبنای حجم رسوبات اندازه‌گیری شده در ترازهای مختلف مخزن هرچگان**



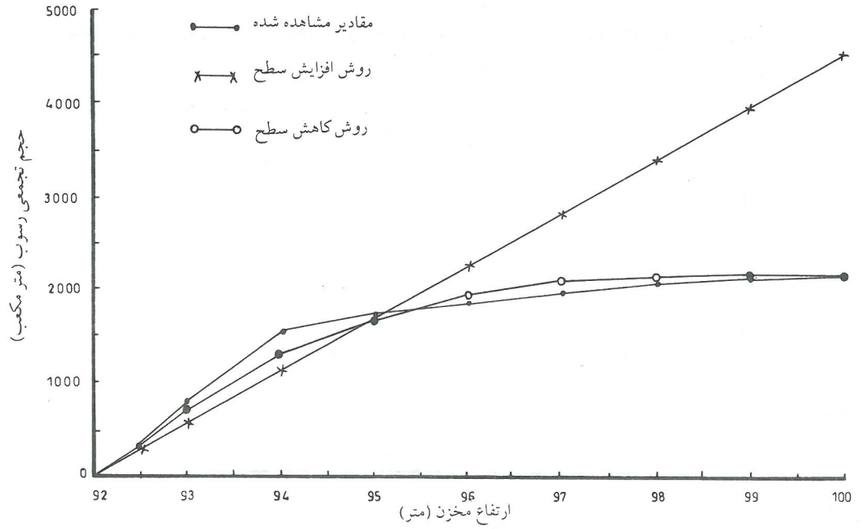

**شکل ۵ ـ ارزیابی روشهای افزایش سطح و کاهش سطح بر مبنای حجم رسوبات اندازه‌گیری شده در ترازهای مختلف مخزن سد تومانک**




شکل ۶ ـ ارزیابی روشهای افزایش سطح و کاهش سطح بر مبنای حجم رسوبات اندازه‌گیری شده در ترازهای مختلف مخزن قطارقاش




شکل ۷ ـ ارزیابی روشهای افزایش سطح و کاهش سطح بر مبنای حجم رسوبات اندازه‌گیری شده در ترازهای مختلف مخزن چهاربازار




شکل ۸ ـ ارزیابی روشهای افزایش سطح و کاهش سطح بر مبنای حجم رسوبات اندازه‌گیری شده در ترازهای مختلف مخزن سیاسرد



در رقومهای پایین مخزن سد هرچگان، درصد خطای دو روش با مقادیر اندازه‌گیری شده رسوب بیشتر است و در رقومهای بالای مخزن این تفاوتها کمتر می‌شوند. در مورد سد تومانک (شکل ۵) نیز تفاوت سه حجم رسوب بسیار زیاد است و با افزایش عمق، این تفاوتها روبه نقصان می‌گذارد.

در مخزن قطارقاش، توزیع رسوب اندازه‌گیری شده حالت بینابینی دو روش افزایش سطح و کاهش سطح را دارد. در شکلهای ۷ و ۸، روش کاهش سطح برازش بهتری نسبت به روش افزایش سطح داشته است.

آنچه که در تمام شکلهای ۴ تا ۸ دیده می‌شود این است که روش افزایش سطح ، بعد از ارتفاع صفر رسوب به حالت خط مستقیمی در آمده است. این مسئله به دلیل ثابت فرض کردن سطح رسوب بعد از ارتفاع صفر ($A_0$) می‌باشد در حالی که در روش کاهش سطح مقدار $A_p$ در ارتفاعات مختلف مخزن متغیر است.

براساس جدول ۳ بطور دقیق نمی‌توان گفت که کدام یک از روشهای افزایش سطح و کاهش سطح در مجموع بهتر است. توصیه می‌شود که تحقیقات بیشتری در این زمینه در سایر مخازن سدهای کوچک انجام گیرد تا انتخاب یکی از دو روش فوق و یا ابداع روشی جدید آسانتر گردد.

## سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از طریق شورای تحقیقات آب کشور تامین شده است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

## منابع

۱ـ پازوش، ه. (۱۳۶۱)، رسوبگذاری در مخازن سدها ـ مسئله سد سفیدرود، نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، شمارهٔ ۴۴، صفحات ۲۲ـ۱۱.

۲ـ جلالیان، ا. (۱۳۷۳)، فرسایش و رسوب و علل آن در حوزه‌های آبخیز کشور و ارائه نتایج موردی در بعضی از حوزه‌های آبخیز ایران، خلاصه مقالات چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳ـ رهنمائی، د. (۱۳۷۴)، رسوبگذاری در مخازن سدها، نشریه آب و توسعه، وزارت نیرو، سال سوم، شمارهٔ ۱.

۴ـ صمدی بروجنی، ح. (۱۳۷۴)، ارزیابی رسوبگذاری در مخازن سدهای کوچک منطقه چهارمحال و بختیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۵ـ عابدینی، م. ج و ن. طالب بیدختی (۱۳۶۸)، چگونگی توزیع و کنترل رسوب در مخازن سدها، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، تهران، مهاب قدس.

۶ـ عابدینی، م. ج و ن . طالب بیدختی (۱۳۶۸)، ویژگیهای رسوبگذاری در مخازن سدها و چگونگی برآورد آن، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، تهران، مهاب قدس.

۷ـ قمشی، م.، م . بینا و ح. صدقی (۱۳۶۸)، نحوه توزیع رسوبات در مخزن و ارزیابی عمر مفید سد دز، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، تهران، مهاب قدس.

۸ـ کمیته رسوب طرح استانداردهای صنعت آب (۱۳۶۸)، محاسبه میزان رسوبات و چگونگی تجمع آنها در مخازن سدها، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، تهران، مهاب قدس.

۹ـ موسوی، س. ف. (۱۳۷۴)، هیدرولوژی مهندسی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۰ـ میرباقری، س. ا. (۱۳۶۸)، مطالعات تکنیکی در برآورد رسوبات حوزه آبریز، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، تهران، مهاب قدس.

11- Borland,W.M.(1971)."Reservoir Sedimentation", Ch. 29, River Mechanics, by H.W. Shen (ed.) , Water Resources Publ., Fort Collins, Co., U.S.A.

12- Muterja, K.N. (1986). "Applied Hydrology", McGraw - Hill, N.Y.