

## بهبود روش تعیین ضریب شکل مخازن سدها و بررسی تغییرات آن در اثر رسوب گذاری

جهانشیر محمدزاده هایلی - فرهاد موسوی<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۴

### چکیده

ضریب شکل یکی از مهمترین خصوصیات فیزیکی مخازن سدها می باشد که عبارت است از عکس شیب منحنی ارتفاع - حجم مخزن در دستگاه مختصات لگاریتمی. از ضریب شکل برای طبقه بندی مخازن و پیش بینی توزیع رسوب در آن ها استفاده می شود. در این تحقیق یک روش جدید جهت تعیین ضریب شکل مخازن ارائه شده است. در روش پیشنهادی، به جای منحنی ارتفاع - حجم، منحنی بدون بعد ارتفاع - حجم مخزن در مختصات تمام لگاریتمی ترسیم می شود و سپس مقدار ضریب شکل تعیین می گردد. داده های ارتفاع - حجم اولیه و داده های حاصل از رسوب سنجی های انجام شده در مخازن ۴ سد در ایران (دز، شهید عباسپور، کارده و لتیان) و ۴ سد در آمریکا (روزولت، سدار بلاف، کروین و نامبی فالز) استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که ضرایب شکل همه مخازن مورد مطالعه، در اولین یا دومین عملیات رسوب سنجی کم شده، به گونه ای که مقدار عددی آن ها به ۲ تا ۲/۵ کاهش یافته است. همچنین تیپ همه مخازن پس از رسوب گذاری به تیپ III تغییر پیدا کرده است. لذا بهتر است برای کاربرد روش کاهش سطح در توزیع رسوبات، تیپ مخازن از نوع III انتخاب شود. از مهمترین مزایای روش جدید این است که به طور هم زمان می توان منحنی های بدون بعد ارتفاع - حجم چندین مخزن (و یا یک مخزن در رسوب سنجی های متعدد) را در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نموده و ضریب شکل آن ها را با هم مقایسه کرد. در حالی که در روش قدیمی بایستی منحنی ارتفاع - حجم مخزن هر سد را به طور جداگانه در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نمود.

**واژه های کلیدی:** توزیع رسوب، روش افزایش سطح، روش کاهش سطح، منحنی ارتفاع - حجم

### مقدمه

انرژی برقایی، حمل و نقل آبی و تفریحات سالم ساخته می شوند فراری و کولینز، (۱۵). اندازه، شکل و طریقه بهره برداری از مخزن بر محل و نوع رسوب گذاری مؤثر است. در اثر رسوب گذاری، ظرفیت ذخیره مخزن سد کاهش می یابد شفاعی بجستان، (۶) و نجفی، (۱۷). علاوه بر این، رسوب گذاری در مخزن باعث افزایش میزان تبخیر برای یک ظرفیت ذخیره مشخص، آب گرفتگی و تشکیل باتلاق

مخازن سدها به شکل های مختلف و اندازه های متفاوت ساخته می شوند و برای اهدافی چون تنظیم و ذخیره آب، کنترل سیلاب، تأمین آب آبیاری و شرب شهری، تولید

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه آب دانشکده کشاورزی دانشگاه

صنعتی اصفهان

Email: Mousavi@cc.iut.ac.ir

\*- نویسنده مسئول

برای تعیین توزیع رسوبات مخزن سد کرج به کار برد و نتایج را با اندازه گیری های سال ۱۳۷۰ مقایسه کرد. در رقوم بالای مخزن، حجم های رسوب حاصل از دو روش تجربی تفاوت معنی داری با رسوب سنجی نداشتند ولی در رقوم های پایین، روش کاهش سطح جواب بهتری داده است.

موسوی و صمدی بروجنی (۱۰) نحوه رسوب گذاری در مخازن ۱۴ سد کوچک منطقه چهار محال و بختیاری را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دو روش افزایش و کاهش سطح در مورد توزیع رسوب سدهای کوچک نیز کاربرد دارند. این دو روش در رقوم پایین مخزن دارای دقت کم و در رقوم بالا دارای دقت خوبی هستند.

شعبانلو و همکاران (۵) بر اساس میزان رسوبات ورودی به مخزن سد دز که از رسوب سنجی مخزن در سال های ۱۳۶۲ و ۱۳۷۶ به دست آمده، میزان رسوباتی که تا سال ۱۴۰۰ به مخزن وارد خواهند شد را برآورد کرده اند. این برآوردها به سه روش به ترتیب ۱۳۸۱/۱۲، ۱۹۲۷/۸۱ و ۲۱۲۴ میلیون متر مکعب بوده است.

موسوی و همکاران (۱۱) توزیع رسوب در مخزن سد زاینده رود را با استفاده از مدل های تجربی افزایش و کاهش سطح بررسی کردند. عملیات رسوب سنجی در مخزن این سد در سال های ۱۳۶۷ و ۱۳۷۸ صورت گرفته است. مقایسه توزیع رسوبات ته نشین شده در سد با مدل های توزیع رسوب نشان داد که مدل کاهش سطح بولرند و میلر با کمترین خطا نسبت به سایر روش ها، بیشترین همخوانی را با نحوه توزیع رسوب دارد.

در تمام مخازن سدهایی که این محققین مورد مطالعه قرار داده اند، ضریب شکل مخزن در اثر رسوب گذاری تغییر یافته است. این تغییر، گاه پس از یک بار رسوب سنجی مشاهده می گردد (مثلاً پس از ۱۰ سال) و گاه پس از دو یا چند رسوب سنجی. تغییر ضریب شکل مخزن باعث می شود

در اراضی بالادست سد، افزایش قدرت فرسایش رودخانه در پایین دست سد، کاهش حجم کنترل سیلاب و در برخی موارد حاد باعث ایجاد پدیده روگذری در خلال سیل می شود یانگ، (۲۴). افزایش عمق رسوب در پشت بدنه سد، پایداری آن را کاهش داده و بر عملکرد تأسیسات خروجی، دریچه ها و شیرهای تراز پایین دست اثرات نامطلوب می گذارد موسوی و همکاران، (۱۱). گرچه پیشرفت های زیادی در درک مکانیزم رسوب گذاری در مخازن سدها شده، اما پیش بینی تجمع رسوب در مخزن هنوز مسئله پیچیده ای است سالاس و شین، (۱۸۰).

قمشی (۹۰) با مطالعه نحوه رسوب گذاری در سد دز نتیجه گرفت که بعد از ۱۱۴ سال، نیمی از ظرفیت اولیه مخزن سد را رسوب پر خواهد کرد. طبق نتایج روش کاهش سطح، مشخص گردید که ۸۲ سال بعد از بهره برداری از سد، رسوبات در پشت سد تا رقوم لبه دریچه توربین ها خواهند رسید و ممکن است مسائلی را ایجاد کنند.

عابدینی و طالب بیدختی (۸) نحوه توزیع رسوب در مخزن سد درودزن را با استفاده از روش پیشنهادی مودی (USBR و ۱۹۶۲) بررسی کردند. نتایج نشان داد که این روش در مقایسه با روش های قبلی باعث حذف آزمون و خطا گردیده و کاربرد آن منجر به محاسبه مستقیم عمق رسوبات و توزیع آن ها در مخازن سدها می گردد. تراز بستر رودخانه در محل احداث سد درودزن بعد از گذشت ۵۰ سال به اندازه ۱۲/۲ متر بالا می آید.

طالب بیدختی و معین تقوی (۷) با بررسی توزیع رسوب در مخازن چند سد ایران، متوسط خطا به روش کاهش سطح برای سدهای درودزن، دز، لنیان و کرج را به ترتیب ۲۴، ۳/۸۹، ۱۴/۴۹ و ۴۲/۱۵ درصد و به روش افزایش سطح به ترتیب ۳۳/۱۵، ۳/۲۶، ۲۳/۷۲ و ۵/۴۷ درصد محاسبه کردند. رهنمایی (۱) روش های افزایش سطح و کاهش سطح را

نشین شده در آن بستگی دارد.

معادله اساسی در روش کاهش سطح به صورت زیر می‌باشد بورلند و میلر، (۱۳) و موترجا، (۱۶):

(جدول ۱) - تیپ استاندارد مخازن (بورلند و میلر، ۱۹۵۸ و بورلند و میلر، ۱۹۷۱)

تیپ استاندارد	نوع مخزن	مقدار m
I	دریاچه معمولی (Lake)	۳/۵ - ۴/۵
II	سیلابدشت (Flood plain)	۲/۵ - ۳/۵
III	کوهپایه‌ای (Hill)	۱/۵ - ۲/۵
IV	کوهستانی (Gorge)	۱ - ۱/۵

$$S = \int_0^{Y_0} A dy + \int_{Y_0}^H K a dy \quad (1)$$

در این رابطه:

$S$  = حجم کل رسوبات ته نشین شده،  $H$  = عمق اولیه مخزن از کف رودخانه،  $Y_0$  = عمق رسوب در پشت سد،  $A$  = سطح مخزن در ترازهای مختلف،  $dy$  = جزء ارتفاع،  $a$  = سطح نسبی رسوب که به ازای مقادیر مختلف عمق نسبی  $p$  قابل محاسبه است و  $K$  = ضریب تناسب برای تبدیل سطح نسبی رسوب به سطح واقعی. مقدار  $K$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K = \frac{A_0}{a} \quad (2)$$

که در آن:

$A_0$  = سطح اولیه مخزن در تراز  $Y_0$  و  $a$  = سطح نسبی رسوب در تراز  $Y_0$  می‌باشد. برای تعیین سطح نسبی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$a = CP^m (1 - p)^n \quad (3)$$

در رابطه فوق، ضرایب ثابت  $m$ ،  $n$  و  $C$  با توجه به تیپ مخزن تعیین می‌گردند. در جدول ۳ مقادیر  $m$ ،  $n$  و  $C$  برای

تیپ مخزن نیز عوض شود و تخمین توزیع رسوبات در آن تغییر یابد. در این مورد تحقیق خاصی در ایران صورت نگرفته است. لذا، هدف از این پژوهش ارائه یک روش بهتر برای تعیین ضریب شکل مخازن و بررسی تغییرات این پارامتر در اثر رسوب گذاری می‌باشد که دارای اهمیت زیادی است.

## مواد و روش‌ها

### الف) ضریب شکل مخزن

در صورتی که اطلاعات ارتفاع - حجم مخزن در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم شود، می‌توان خط راستی بر آن‌ها برزش داد که عکس شیب آن ضریب شکل مخزن<sup>۲</sup> ( $m$ ) نام دارد بورلند و میلر، (۱۳). روی همین اصل، بورلند و میلر (۱۳) مخازن را به چهار دسته کلی تقسیم نمودند. خلاصه این طبقه‌بندی در (جدول ۱) ارائه شده است.

### ب) سدهای مورد مطالعه

در این تحقیق به منظور ارزیابی روش پیشنهادی و بررسی تغییرات ضریب شکل مخازن در اثر رسوب گذاری، از داده‌های ارتفاع - حجم مخزن ۸ سد استفاده شده است. در این مخازن، عملیات رسوب‌سنجی برای حداقل یک بار پس از بهره‌برداری از سدها انجام شده است. از میان این سدها، ۴ سد در ایران و ۴ سد در آمریکا می‌باشند. مشخصات سدهای مورد مطالعه در (جدول ۲) آورده شده است.

### ج) روش کاهش سطح

روش تجربی کاهش سطح برای توزیع رسوب در مخازن، اولین بار توسط بورلند و میلر (۱۳) ارائه شد و سپس توسط مودی اصلاح گردید (۱۹). در این روش، توزیع رسوب در مخزن به ضریب شکل مخزن و حجم رسوبات ته

تیپ‌های مختلف مخازن آورده شده است. ملاحظه می‌شود که در روش کاهش سطح، مهمترین عامل در تعیین توزیع رسوبات مخازن، تیپ مخزن و در نتیجه ضریب شکل است. لذا، ارایه یک روش بهتر برای تعیین ضریب شکل مخازن و

بررسی تغییرات این پارامتر در اثر رسوب‌گذاری دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

(جدول ۲) - مشخصات سدهای مورد مطالعه

ردیف	اسم سد	بالاترین تراز	پایین‌ترین تراز	حجم مخزن در بالاترین تراز	سال بهره برداری	سال‌های رسوب‌سنجی	محل سد
۱	کارده	۱۲۹۶ m	۱۲۵۰ m	۳۰ MCM	۱۳۶۸	۱۳۷۵ (۴)*	کارده، ایران
۲	دز	۳۵۲ m	۱۶۵ m	۳۴۶۵ MCM	۱۳۴۱	۱۳۷۶، ۱۳۶۲ و ۱۳۸۲ (۴ و ۲)	دزفول، ایران
۳	لتیان	۱۶۰۵ m	۱۵۳۰ m	۸۱/۲ MCM	۱۳۴۸	۱۳۵۳، ۱۳۵۸ و ۱۳۶۱ (۴)	تهران، ایران
۴	شهید عباسپور	۵۴۳ m	۳۶۰ m	۳۷۶۴ MCM	۱۳۵۵	۱۳۸۴ (۳)	مسجد سلیمان، ایران
۵	سدار بلاف	۲۱۹۲ ft	۲۰۶۴ ft	۷۳۰۶۳۶ Acre-ft (۹۰/۱/۲۴) MCM	۱۹۵۱	۲۰۰۰ (۲۲)	کانزاس، آمریکا
۶	کروین	۱۷۷۳ ft	۱۶۶۰ ft	۵۱۳۰۳۵ Acre-ft (۹۰/۱/۲۴) MCM	۱۹۵۵	۱۹۹۶ (۲۱)	کانزاس، آمریکا
۷	نامبی فالز	۶۸۴۰ ft	۶۶۹۷ ft	۲۹۱۳ Acre-ft (۳/۵۹) MCM	۱۹۷۶	۲۰۰۴ (۲۳)	نیومکزیکو، آمریکا
۸	تئودور روزولت	۲۱۳۶ ft	۱۹۰۲ ft	۱۵۳۰۴۹۹ Acre-ft (۱۸۸۷/۸۷) MCM	۱۹۱۱	۱۹۸۲ (۲۰)	آریزونا، آمریکا

\* اعداد داخل پرانتز شماره مرجع اطلاعات سد است؛ MCM : میلیون متر مکعب.

پس از نمایش دادن داده‌های ارتفاع-حجم در این مختصات و عبور یک خط مستقیم از بین آن‌ها مقدار ضریب شکل مخزن را به دست آورد. در این روش به طور همزمان نمی‌توان منحنی‌های ارتفاع-حجم چندین مخزن را در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نموده و ضریب شکل آن‌ها را با هم مقایسه کرد.

اگر منحنی بدون بعد ارتفاع - حجم مخزن را روی کاغذ تمام لگاریتمی نمایش دهیم، منحنی حاصله نیز یک خط راست بوده و عکس شیب آن برابر با ضریب شکل مخزن می‌شود. در روش پیشنهادی این تحقیق، ابتدا منحنی ارتفاع-حجم مخزن را به صورت بی‌بعد درآورده و سپس

(جدول ۳) - مقادیر  $C$  و  $n$  برای تیپ‌های مختلف مخازن (بورلند و میلر، ۱۹۵۸)

تیپ مخزن	C	m	n
I	۳/۴۱۷۰	۱/۵	۰/۲
II	۲/۳۲۴۰	۰/۵	۰/۴
III	۱۵/۸۸۲۰	۱/۱	۲/۳
IV	۴/۲۳۲۴	۰/۱	۲/۵

#### د) روش پیشنهادی برای تعیین $m$

یکی از مهمترین معایب روش بورلند و میلر برای تعیین ضریب شکل مخزن این است که برای مخزن هر سد بایستی یک دستگاه مختصات لگاریتمی جداگانه در نظر گرفت و

### ب) بررسی تغییرات ضریب شکل مخازن در اثر رسوب گذاری

در اثر رسوب گذاری در مخازن سدها، توپوگرافی مخزن و به تبع آن ضریب شکل تغییر می کند. در صورتی که در روش کاهش سطح، که برای پیش بینی توزیع رسوب در مخازن به کار می رود، مقدار ضریب شکل مخزن ثابت در نظر گرفته می شود. در این تحقیق، به منظور بررسی تغییرات ضریب شکل مخازن در اثر رسوب گذاری، از داده های ارتفاع-حجم اولیه و داده های حاصل از رسوب سنجی های انجام شده در مخازن ۴ سد در ایران و ۴ سد در آمریکا استفاده شده است. در بین این سدها، درصد حجم رسوب ته نشین شده (نسبت حجم رسوب به حجم اولیه مخزن) در مخازن سدهای دز، لتیان و شهید عباسپور از همه بیشتر است و بقیه سدها تقریباً در مراحل اولیه رسوب گذاری می باشند. در (شکل ۳) روند تغییر ضریب شکل مخازن سدهای کارده، دز، لتیان و شهید عباسپور و در (شکل ۴) روند تغییر ضریب شکل مخازن سدهای سدار بلاف، کروین، نامبی فالز و تودر روزولت نشان داده شده است.

عمق نسبی ( $p$ ) بر حسب حجم نسبی مخزن ( $v$ ) در دستگاه مختصات لگاریتمی نمایش داده می شود. پس از نمایش دادن داده های بدون بعد یک خط مستقیم با بیشترین همبستگی به آن ها برازش داده می شود. عکس شیب خط حاصله برابر با ضریب شکل مخزن می باشد. مقادیر  $p$  و  $v$  به صورت زیر تعریف می گردند:

$$p = \frac{y}{H_m} \quad (4)$$

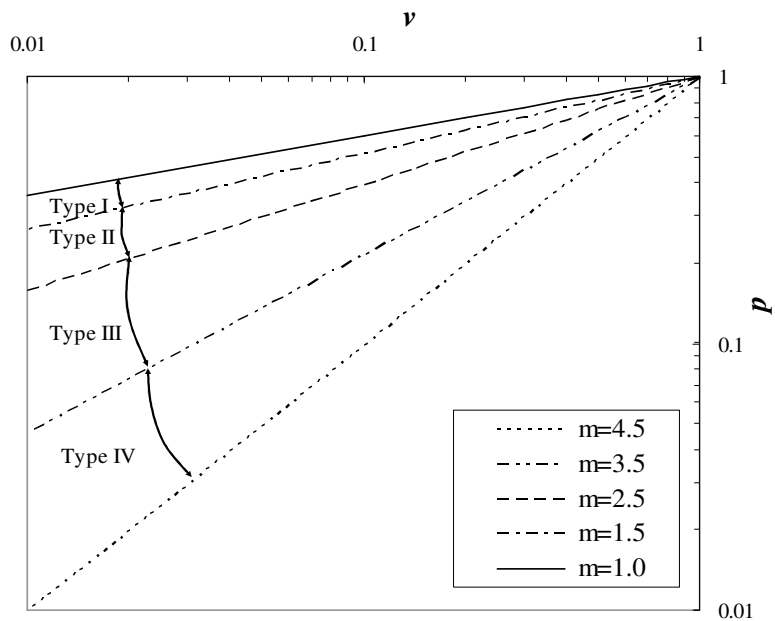
$$v = \frac{V_h}{V_m} \quad (5)$$

که  $y$  = فاصله عمودی از بستر رودخانه در محل سد،  $H_m$  = فاصله از بستر رودخانه در محل سد تا بالاترین تراز مخزن،  $V_v$  = ظرفیت مخزن در تراز  $y$  و  $V_m$  = حجم مخزن سد در بالاترین تراز می باشد.

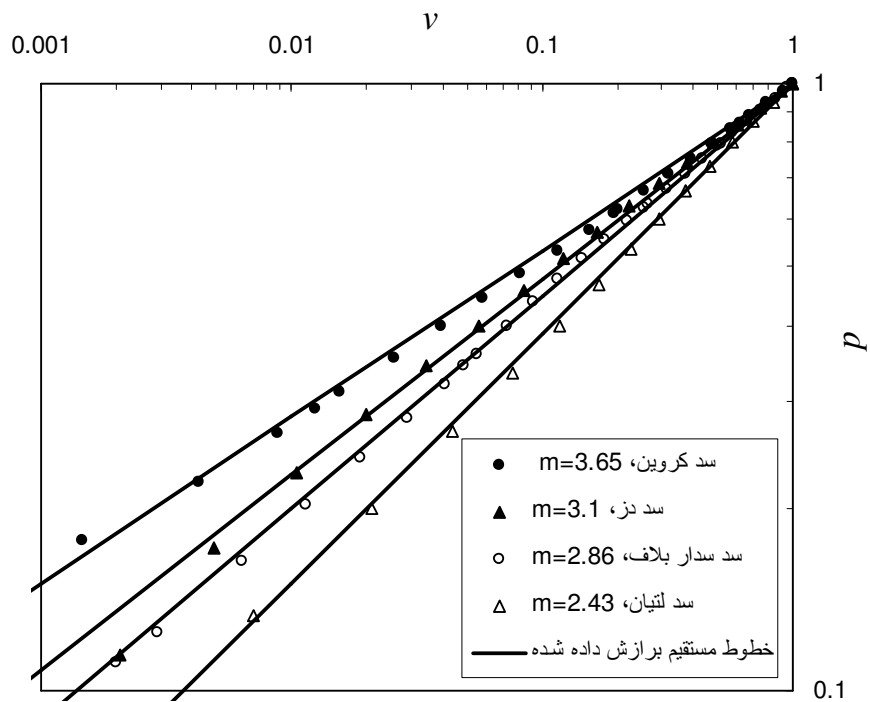
### نتایج و بحث

#### الف) منحنی های جدید تیپ مخازن

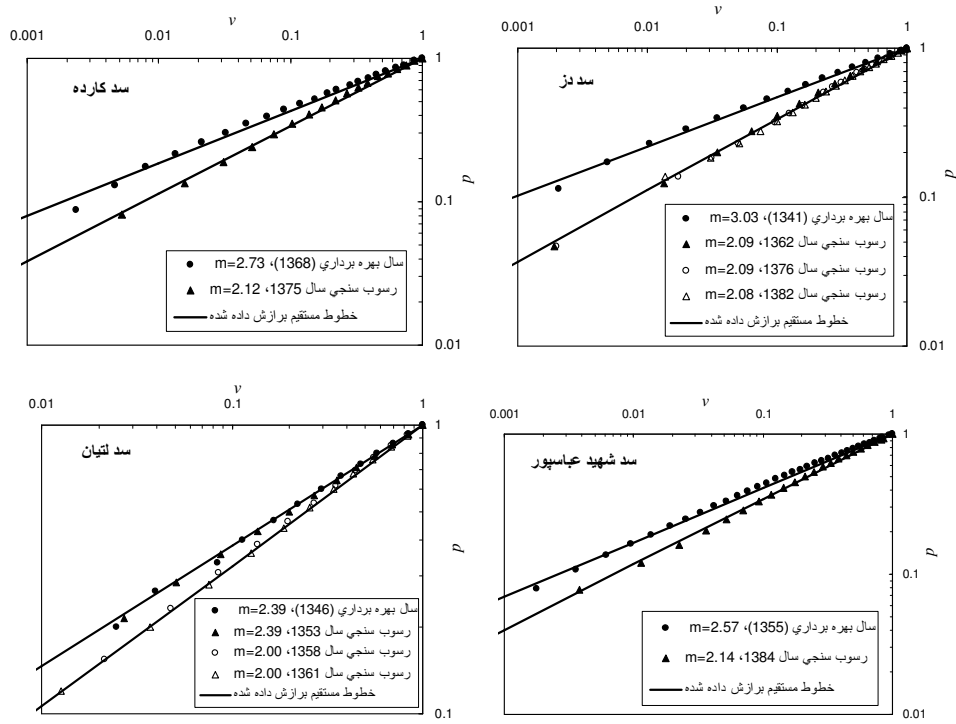
در (شکل ۱) نمایش طبقه بندی مخازن با استفاده از روش پیشنهادی جدید ارائه شده است. همان طور که در این شکل ملاحظه می گردد، منحنی های بدون بعد ارتفاع - حجم در مختصات لگاریتمی و به ازای هر مقدار  $m$  در نقطه  $p=1$  و  $v=1$  مشترک می باشند. این ویژگی نشان می دهد که در روش پیشنهادی می توان منحنی های بدون بعد ارتفاع - حجم چندین مخزن را در یک دستگاه مختصات نمایش داده و آن ها را با هم مقایسه کرد. به عنوان مثال، داده های ارتفاع - حجم اولیه مخازن سدهای دز، لتیان، کروین و سدار بلاف در (شکل ۲) رسم شده و بهترین خط بر آن ها برازش داده شده تا ضریب شکل مخزن آن ها به دست آید.



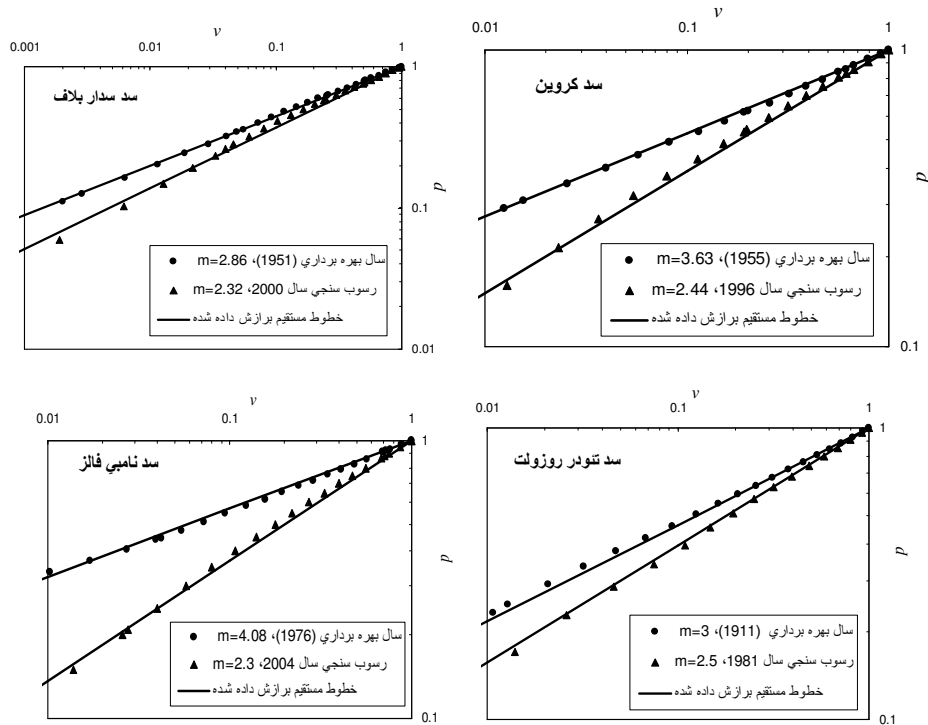
شکل ۱) - نمایش طبقه‌بندی مخازن با استفاده از روش پیشنهادی جدید



شکل ۲) - تعیین ضریب شکل مخازن سد‌های کروین، دز، سدار بلاف و لتیان با استفاده از روش پیشنهادی.



شکل ۳ - تغییرات ضریب شکل مخازن سدهای کارده، دز، لتیان و شهید عباسپور در اثر رسوبگذاری.



شکل ۴ - تغییرات ضریب شکل مخازن سدهای سدار بلاف، کروین، نامبی فالز و تئودر روزولت در اثر رسوبگذاری.

گرفت. در این روش به طور هم‌زمان نمی‌توان منحنی‌های ارتفاع - حجم چندین مخزن را در یک دستگاه مختصات لگاریتمی ترسیم نموده و ضریب شکل آن‌ها را با هم مقایسه کرد. در روش پیشنهادی این تحقیق برای تعیین ضریب شکل، این نقیصه برطرف شده است. در این روش ابتدا منحنی ارتفاع - حجم مخزن را به صورت بی‌بعد در آورده و سپس عمق نسبی مخزن بر حسب حجم نسبی در دستگاه مختصات لگاریتمی نمایش داده می‌شود. سپس، یک خط مستقیم با بیشترین ضریب همبستگی به آن‌ها برآزش داده شده و مقدار ضریب شکل که برابر با عکس شیب خط حاصله می‌باشد تعیین می‌گردد. در روش پیشنهادی، به راحتی می‌توان در یک دستگاه مختصات لگاریتمی، روند تغییرات ضریب شکل مخزن هر سدی را در اثر رسوب گذاری بررسی کرد. روند تغییرات ضریب (شکل ۸) مخزن مورد مطالعه در اثر رسوب گذاری نشان می‌دهد که مقدار ضریب شکل همه مخازن در اولین یا دومین عملیات رسوب سنجی نسبت به زمان بهره‌برداری کم شده است به گونه‌ای که به ۲ تا ۲/۵ کاهش یافته است. همچنین در سدهای دز و لتیان که چندین بار عملیات رسوب‌سنجی در آن‌ها انجام شده است. همچنین، تیپ همه مخازن پس از رسوب گذاری به تیپ III تغییر پیدا کرده است. لذا بهتر است برای کاربرد روش کاهش سطح در توزیع رسوبات، تیپ مخازن از نوع III انتخاب شود.

همان‌طور که از (شکل‌های ۳ و ۴) ملاحظه می‌گردد، مقدار ضریب شکل اولیه شش سد از هشت مورد مطالعه در محدوده ۲/۵ تا ۳/۵ (تیپ مخزن III) و دو مورد در محدوده ۳/۵ تا ۴/۵ (تیپ مخزن III) قرار گرفته است. ضریب شکل همه مخازن مورد مطالعه در اولین یا دومین عملیات رسوب سنجی کم شده به گونه‌ای که مقدار این ضریب به ۲-۲/۵ کاهش یافته است. با توجه به مقدار ضریب شکل در (جدول ۱) برای تیپ‌های مختلف مخزن، و همچنین مقدار m در مخازن سدهای مورد مطالعه پس از رسوب گذاری، تیپ کلیه این مخازن پس از رسوب گذاری به III تغییر پیدا کرده است. تفاوتی که در این مورد بین سدهای مورد مطالعه وجود دارد این است که زمان رسیدن به تیپ III مختلف است. نتیجه‌ای که می‌توان از روند تغییرات ضریب شکل مخازن گرفت این است که تیپ III یک تیپ متعادل می‌باشد و همه مخازن پس از رسوب گذاری به این تیپ تغییر پیدا می‌کنند. لذا بهتر است که عملیات توزیع رسوب مخازن در روش کاهش سطح با تیپ III انجام شود. این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد و در مورد سایر سدها نیز باید انجام شود.

#### نتیجه

یکی از مهمترین معایب روش بورلند و میلر برای تعیین ضریب شکل مخزن سدها این است که برای مخزن هر سد بایستی یک دستگاه مختصات لگاریتمی جداگانه در نظر

#### منابع

- ۱- رهنمایی، د. ۱۳۷۴. رسوب گذاری در مخازن سدها. آب و توسعه، ۳(۱): ۵۰-۵۸.
- ۲- شرکت مهندسين مشاور دریا ترسیم. ۱۳۸۲. گزارش رسوب‌سنجی سد دز.
- ۳- شرکت مهندسين مشاور دریا ترسیم. ۱۳۸۴. گزارش رسوب‌سنجی سد شهید عباسپور.



- ۴- شعبانلو، س. ۱۳۷۹. بررسی نحوه رسوب گذاری در تعدادی از سدهای مخزنی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۴۶ صفحه.
- ۵- شعبانلو، س.، ف. موسوی و م. حیدرپور. ۱۳۸۱. بررسی میزان رسوب ورودی به مخزن دز و نحوه توزیع آن تاکنون و برآورد وضعیت مخزن در آینده. ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، بهمن ۱۳۸۱، دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۶۵-۵۵.
- ۶- شفاعی بجستان، م. ۱۳۷۳. هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۳۲۷ صفحه.
- ۷- طالب بیدختی، ن. و م. معین تقوی. ۱۳۶۸. بررسی و کاربرد روش های معمول و متداول رسوب گذاری مخازن سدهای درودزن، دز، لتیان، کرج و سفیدرود. مجله دانشکده فنی دانشگاه تبریز، ۱۳۶: ۴۷-۵۹.
- ۸- عابدینی، م. و ن. طالب بیدختی. ۱۳۶۸. چگونگی توزیع و کنترل رسوب در مخازن سدها. مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، تهران، مهتاب قدس، ص ص ۷۹۱-۸۲۰.
- ۹- قمشی، م. ۱۳۶۷. نحوه توزیع رسوب در مخزن و ارزیابی عمر مفید سد دز. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۱۰ صفحه.
- ۱۰- موسوی، س. ف. و ح. صمدی بروجنی. ۱۳۷۵. ارزیابی توزیع رسوب در مخازن سدهای کوچک منطقه چهارمحال و بختیاری. آب و فاضلاب ۱۸: ۴-۱۳.
- ۱۱- موسوی، س. ف.، م. حیدرپور و س. شعبانلو. ۱۳۸۵. بررسی رسوب در مخزن سد زاینده رود با استفاده از مدل های افزایش و کاهش سطح. آب و فاضلاب ۵۷: ۷۶-۸۲.
- 12-Annandale, G. W. 1987. Reservoir Sedimentation. Development in Water Science, No. 29, Elsevier, Amsterdam, 221 p.
- 13-Borland, W. M., and C. R. Miller. 1958. Distribution of sediment in large reservoirs. ASCE, J. of Hydraulic Div. 84(2): 1587.1-1587.9.
- 14-Borland, W. M. and C. R. Miller. 1971. Reservoir Sedimentation. Ch. 29, River Mechanics, H.W. Shen (Ed.), Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, U.S.A.
- 15-Ferrari, R. and K. Collins. 2006. Reconnaissance techniques for reservoir surveys. Proc. of the Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference, April 2-6, 2006, Reno, NV, USA.
- 16-Mutreja, K. N. 1986. Applied Hydrology. Tata McGraw-Hill Pub., Inc., New Delhi, India, 959 p.
- 17-Najafi, M. R. 2002. The effects of flushing operation in Sefidrud reservoir on the downstream river. J. of Agriculture 4(2): 7-19.
- 18-Salas, J. D. and H. S. Shin. 1999. Uncertainty analysis of reservoir sedimentation. ASCE, J. of Hydraulic Eng. 125(4): 339-350.
- 19-United States Bureau of Reclamation. 1962. Revision of the procedure to compute sediment distribution in large reservoirs. Sedimentation Section, Hydrology Branch.
- 20-United States Bureau of Reclamation. 1981. Theodore Roosevelt reservoir 1981 sedimentation survey. Denver, Colorado.
- 21-United States Bureau of Reclamation. 1996. Kirwin reservoir 1996 sedimentation survey. Denver, Colorado.
- 22-United States Bureau of Reclamation. 2000. Cedar Bluff reservoir 2000 survey. Denver, Colorado.
- 23-United States Bureau of Reclamation. 2004. Nambe Falls reservoir 2004 survey. Denver, Colorado.
- 24-Yang, C. T. 1996. Sediment Transport: Theory and Practice. Mc-Graw Hill, Inc., New York, 412 P.

## Improvement of the reservoir shape factor method and evaluation of its changes due to sedimentation

J.Mohammadzadeh Habili – F.Mousavi<sup>\*1</sup>

### Abstract

The shape factor is one of the most important physical characteristics of a dam's reservoir. This factor is equal to the reciprocal of the slope of a line obtained by plotting reservoir depth against reservoir capacity on a log-log paper. The shape factor is used for reservoir classification and sediment distribution. In this study, a new method is proposed for determination of the reservoir shape factor. In this method, the normalized depth-capacity curve is plotted on log-log paper and then the value of shape factor could be derived as the reciprocal of the line slope. In this study, the original depth-capacity data and reservoir sedimentation data of 4 dams in Iran (Dez, Kardeh, Latian and Shahid Abbaspour) and 4 dams in the USA (Cedar Bluff, Kirwin, Nambe Falls, and Theodore Roosevelt) were used. The results showed that reservoir shape factor of all reservoirs decreased 2 to 2.5 for the first or second sedimentation measurements. In addition, the type of reservoirs was changed to type III. Therefore, prediction of reservoir sedimentation by area reduction method should be performed with reservoir type III. The most important advantage of the proposed method is the capability of plotting and comparing the normalized depth-capacity data of several reservoirs (or several sedimentation measurements of a single reservoir) on individual log-log paper. While in the old method, the depth-capacity data of each reservoir should be plotted on a separate log-log paper.

**Key words:** Reservoir, Sediment distribution, Area-increment method, Area-reduction method, Depth-capacity curve

---

\*- Corresponding author Email: Mousavi@cc.int.ac.ir

1 - College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan