

## چکیده

یکی از مشکلات اساسی ذخیره و بهره‌برداری از آبهای سطحی برای مصارف شرب، کنترل سیل، برقابی و کشاورزی، مسئله رسوبرگندازی در مخازن سدها و سرآمدن عمر مفید آنهاست. عمر مفید یک سد معادل مدت زمانی است که حدود ۸۰ درصد حجم اولیه مخزن آن از رسوبر پر شود. عمر مفید تابعی از مقدار رسوبات وارد، وزن مخصوص مواد رسوبر و بازده(راندمان) تله‌اندازی مخزن سد می‌باشد. بازده تله‌اندازی رسوبر به خصوصیات ذرات رسوبر، عمر مفید مخزن، شکل مخزن، روش بهره‌برداری از مخزن و نسبت ظرفیت ذخیره به میزان جریان وروودی بستگی دارد. هدف از این تحقیق، محاسبه بازده تله‌اندازی رسوبر در تعدادی از سدهای خاکی کوچک و تعیین روابط حاکم بر عناصر مؤثر در آن در منطقه استان چهارمحال و بختیاری بوده است. بدین منظور، تعداد ۱۴ سد خاکی کوچک در اطراف شهرکرد و بروجن، باارتفاع کمتر از ۱۵ متر و ظرفیت کمتر از یک میلیون متر مکعب انتخاب شدند و مورد مطالعه قرار گرفتند. چون هیچگونه اندازه‌گیری میزان رسوبر وارد به این مخازن وجود نداشت، برای برآورد مقدار رسوبر وارد به سدها از مدل تجربی MPSIAC استفاده شد. این مدل، ۹ عامل موثر در فرسایش و رسوبر دهنی حوزه‌ها شامل زمین‌شناسی سطحی، خاک، آب و هوای، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، کاربری زمین، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای را در نظر می‌گیرد. عوامل نه گانه در حوزه بالا دست سدها بررسی شده و میزان رسوبر وارد به مخازن در طی یک سال تخمین زده است. با نقشه‌برداری از مخازن سدها و مقایسه نقشه‌های حجم-ارتفاع اولیه و ثانویه، مقدار رسوبر تهشیش شده در طی کل دوران بهره‌برداری از سدها به دست آمد. بازده تله‌اندازی رسوبر در هر مخزن محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد بازده تله‌اندازی رسوبر در سدهای مورد مطالعه از  $10/4$  تا  $68/9$  متغیر است. منحنی‌های جدیدی برای پیش‌بینی تله‌اندازی رسوبر در سدهای کوچک رسم شده است.

واژه‌های کلیدی - رسوبرگندازی در مخازن، بازده(راندمان) تله‌اندازی، فرسایش، زمان ماند رسوبر، مدل پسیاک، منحنی برون.

## مقدمه

سرنوشت نهایی تمام مخازن آبی که برای ذخیره و کنترل سیل، برقابی و تأمین آب کشاورزی ساخته می‌شود، پرشدن از آبهای سطحی، به منظور تأمین مصارف شرب، بهره‌برداری از آبهای سطحی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\* به ترتیب دانشیار گروه آبیاری و خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\*\* کارشناس ارشد سازمان آب و برق خوزستان

\*\*\* مریم گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

بوده است. رنارد (۲۹) مدل پسیاک را همراه با سه مدل دیگر به اسمی دندی-بولتن<sup>۵</sup>، فلاکسمن<sup>۶</sup> و رنارد<sup>۷</sup> مورد ارزیابی قراردادو نتیجه گرفت که ارزیابی مقدار رسوب‌دهی در حوزه آبریز با روش پسیاک، بیشترین همبستگی را با مقدار رسوب اندازه‌گیری شده داشته است. این روش تاکنون در ایران در حوزه سدهای دز، زاینده‌رود، میناب، کارون، مارون، قیر، هلیل رود و حوزه آبریز جاجرود مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج رضایت‌بخشی را به همراه داشته است (۲، ۳، ۴ و ۷). علاوه بر اقلیم، عوامل زمین‌شناسی، خصوصیات خاک و فعالیتهای بشر برای تغییر تاگهانی در فرسایش، مهمترین عامل برای رسوب‌دهی یک حوزه خصوصیات ژئومورفوژئیک نظیر سطح حوزه و مقدار آب جریان یافته در حوزه است (۲۳ و ۳۰). بازده تله‌اندازی رسوبات در مخزن به عناصری نظری نسبت ظرفیت مخزن به حجم جریان ورودی از طریق رودخانه، عمر مخزن، نوع و محل خروجی‌ها، روش کار مخزن و مشخصات رسوبات ورودی به مخزن بستگی دارد (۱۹، ۲۱ و ۲۷). بروون و آلن (۱۵) براساس درصد خاک فرسایش یافته تهنشین شده در مخزن و نسبت ظرفیت اولیه مخزن (C) به سطح حوزه آبریز (W) منحنی‌ای را به دست آوردند. براون (۱۴) براساس نسبت C/W و بازده واقعی تله‌اندازی در مخزن (یعنی ملحوظ داشتن رسوب واردہ به مخزن) رابطه زیر را به دست آورد:

$$C_T = 100 \cdot [1 + 0/(1 - 1/(C/W))] \quad [1]$$

که در آن:

$C_T$  = بازده تله‌اندازی مخزن (برحسب درصد)

$C/W$  = نسبت ظرفیت اولیه مخزن (ایکرفوت) به سطح حوزه

آبخیز (مايل مربع)

در مقایسه با حجم آن زیاد باشد، عمر مفید آن بسیار کوتاه خواهد بود. سدها و ابنيه آبی زیادی در ایران و جهان از رسوبات انباشته شده و عمر مفید آنها از دست رفته است (۸، ۱۵ و ۲۲). با تبدیل مراتع و جنگلها به اراضی کشاورزی، چرای مفرط و بیش از ظرفیت مراتع، و استفاده غیر اصولی از زمین برای فعالیتهای زراعی، پوشش گیاهی که بزرگترین مانع در مقابل فرسایش باران و رواناب می‌باشد از بین رفته و سالانه مقادیر قابل توجهی رسوب از حوزه‌های آبریز، از طریق مسیلهای و رودخانه‌ها وارد منابع ذخیره آب می‌شود. کاهش سطح زیر کشت زمینهای کشاورزی و افزایش شهرنشینی سبب کاهش تولید رسوب می‌شود (۱۲ و ۲۴). عمر مفید یک سد مدت زمانی است که حدود ۸۰ درصد حجم اولیه مخزن آن پر از رسوب شود و یا زمانی که رسوب‌گذاری در آن مانع دستیابی به اهداف اولیه سد گردد (۲۷). این مدت زمان تابعی از حجم رسوبات واردہ، وزن مخصوص مواد رسوبی و بازده (راندمان) تله‌اندازی مخزن می‌باشد.

برای تخمین رسوب حاصل از فرسایش حوزه‌ها، چندین مدل تجربی وجود دارد مانند مدل‌های ماسگریو<sup>۸</sup>، فائو<sup>۹</sup>، معادله عمومی تلفات خاک<sup>۱۰</sup> (اصلاح شده) و پسیاک<sup>۱۱</sup> (۱، ۵، ۷، ۲۶، ۲۸ و ۲۹). در مقایسه با سایر مدل‌های تجربی، مدل پسیاک بیشترین عوامل موثر در فرسایش و تولید رسوب را در نظر می‌گیرد که هر یک بر اساس معادلات مربوطه به صورت کمی برآورد می‌شوند. این عوامل عبارتند از زمین‌شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، کاربری زمین، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای. مدل پسیاک در ۱۷ حوزه آبریز با مساحت‌های ۱۷۴ الی ۳۸۷۲۰ هکتار در غرب آمریکا مورد ارزیابی قرار گرفته و تفاوت برآوردها با رسوب اندازه‌گیری شده بین ۱/۳ تا ۴۸/۱ درصد

1- Musgrave

5- Dendy-Bolton

2- FAO

6- Flaxman

3- MUSLE

7-Renard

4- PSIAC

تله اندازی سدها، در این تحقیق نتایج به دست آمده با ترتیب تحقیقات برون مقایسه گشته است.

هدف از تحقیق حاضر عبارت است از محاسبه بازده تله اندازی رسوب در تعدادی از مخازن سدهای کوچک استان چهارمحال و بختیاری. این مطالعه به دلایل زیر صورت گرفته است:

۱- منحنی برون عمدها برای مخازن سدهای بزرگ با حجم زیاد مخزن استفاده می شود.

۲- در مورد رسوبگذاری و بازده تله اندازی رسوب در سدهای کوتاه و با حجم کم مخزن، مطالعات گسترشده‌ای انجام نشده است.

۳- ذخیره آب و کنترل سیلاب در منطقه چهارمحال و بختیاری، نظریه سایر مناطق خشک و نیمه خشک ایران مهم است.

۴- هیچ گونه ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنگی در رودخانه سدهای انتخابی در این منطقه وجود ندارد و تخمین منطقی رواناب و رسوب از این لحاظ بسیار حیاتی است.

۵- چنین مطالعاتی می‌تواند الگویی برای سایر سدهای کوتاه و با مخزن کم حجم در مناطق مختلف ایران باشد.

## مواد و روشها

به منظور ارزیابی بازده (راندمان) تله اندازی رسوب در مخازن سدهای کوچک، تعداد ۱۴ سد خاکی کوتاه (با ارتفاع کمتر از ۱۵ متر و حجم کمتر از حدود یک میلیون مترمکعب) به نامهای تomanک، چهاربازار، درازنو، درختی، زانیونی، سرتشنیز، سیاسرد، قطارفاش، گهریاران، مرغملک، مصطفی آباد، واتان، هارونی و هرچگان در شمال و شمال شرق استان چهارمحال و بختیاری، در یکی از زیرحوزه‌های رودخانه کارون به نام حوزه بهشت آباد، انتخاب شد (شکل ۱). این سدها عمدها برای مهار سیلاب و تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی احداث شده و فاقد ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنگی می‌باشند. اقلیم عمومی منطقه نیمه مرطوب معتدل با زمستانهای سرد است

مور و همکاران (۲۵) اطلاعات حاصل از تحقیق گوچاک و برون را در یک نمودار گردآورده و بهترین منحنی را بین نقاط آن برآش دادند. بورلند (۱۳) نشان داد که منحنی‌ها می‌توانند به صورت رابطه بازده تله اندازی با زمان ماند<sup>۱</sup> (برحسب روز) رسم شوند. چرچیل (۱۸) بازده تله اندازی مخزن را براساس شاخص رسوبگذاری، که عبارت است از نسبت زمان نگهداشت به سرعت متوسط جریان در مخزن، تعریف نمود و یک منحنی ارائه کرد.

برون (۱۶) اطلاعات ثبت شده ۴۴ مخزن مختلف در ایالات متحده را تجزیه و تحلیل نموده و دریافت که نسبت ظرفیت مخزن به حجم جریان ورودی، همبستگی بهتری با بازده تله اندازی رسوب (در مقایسه با نسبت ظرفیت مخزن به سطح حوزه) نشان می‌دهد. در مورد میزان رسوب انتقال یافته از سطح حوزه‌های آبریز به رودخانه‌ها و مخازن سدها و همچنین بازده تله اندازی رسوب مطالعات دیگری نیز انجام گرفته است (۱۲، ۱۷، ۱۹، ۲۱ و ۳۱). دندی و کوپر (۱۹) بازده تله اندازی در یک مخزن ۷/۲ ایکری را در یک دوره دو ساله اندازه‌گیری کردند و بازده کلی را ۷۷ درصد و تغییرات ماهانه آن را ۹ تا ۱۰۰ درصد به دست آوردند. قمشی (۸) بازده تله اندازی رسوب در سد دز را محاسبه کرد و نتیجه گرفت که کاربرد منحنی برون نسبت به منحنی چرچیل به واقعیت نزدیکتر است.

به طور کلی، می‌توان عوامل موثر بر بازده تله اندازی رسوب را به سه دسته تقسیم نمود: ۱) پارامترهای حوزه آبریز، ۲) پارامترهای مخزن و ۳) اثر متقابل پارامترهای حوزه و مخزن (۱۰). عوامل مربوط به حوزه آبریز را می‌توان در حجم رواناب سالانه (I) خلاصه نمود. حجم رواناب سالانه بستگی به عواملی چون مساحت حوزه، بارندگی، شب حوزه، شب آبراهه اصلی، پوشش گیاهی و خاک دارد. از عوامل مربوط به مخزن می‌توان شکل مخزن، حجم مخزن، اندازه دریچه‌ها و محل قرار گرفتن آنها و نیز مدیریت مخزن را نام برد. به دلیل کاربرد گسترشده منحنی برون در محاسبه بازده

1- Retention time

آبخیز مورد مطالعه را به واحدهای هیدرولوژیک مناسب و یا هر واحد ارضی دیگر (بسته به نظر و قضاوت کارشناسی) تقسیم نمود و سپس عوامل نه گانه را در هریک از واحدهای منظور شده نمره گذاری کرد. حاصل جمع نمرات ۹ عامل (که به آن درجه رسوب‌دهی گویند) بیانگر شدت فرسایش خاک و تولید رسوب آن واحد می‌باشد. میزان تولید رسوب سالانه از جدول ۲ و یا فرمول [۲] قابل محاسبه است.

$$Q_S = 38 / 77e^{0.358R} \quad [2]$$

که در آن:

$Q_S$  = میزان تولید رسوب سالانه ( $m^3/km^2\text{-year}$ )

$R$  = درجه رسوب‌دهی

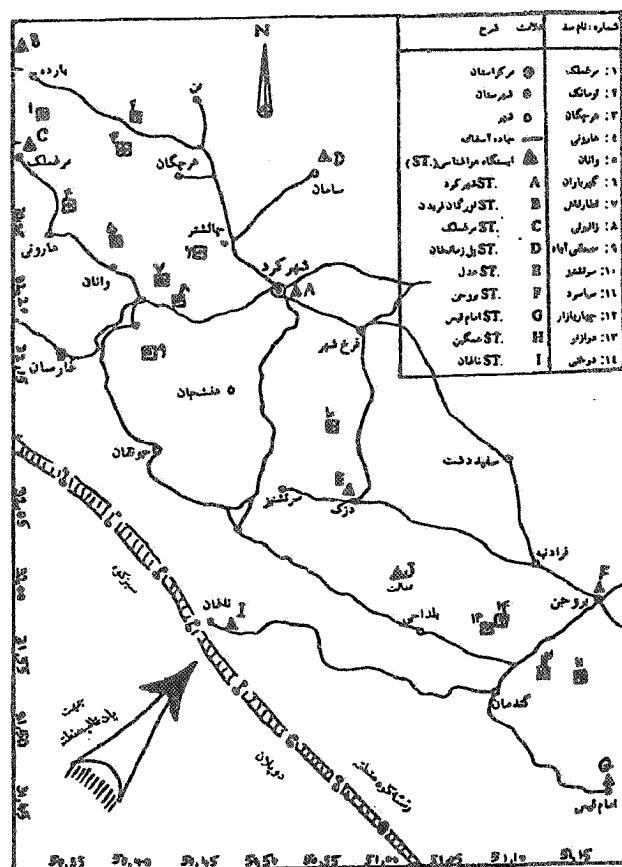
از آنجاکه مخزن سدهای مورد مطالعه در فصل تابستان اکثرً خشک است، در تابستان سال ۱۳۷۳ اقدام به نقشه‌برداری از مخازن گردید و نقشه‌های توپوگرافی ثانویه (چندین سال بعد از شروع بهره‌برداری از سدها) رسم شد. نقشه اولیه بعضی از سدها موجود نبود. در نتیجه، در نقاط مختلف هر یک از مخازن با حفر چاهک (به فاصله ۱۰ متر از یکدیگر) توسط اگر<sup>۱</sup>، عمق رسوبات اندازه‌گیری شده و با توجه به رقوم نقشه ثانویه، رقوم نقشه اولیه به دست آمد. رقوم سایر نقاط مخازن با میان‌یابی تعیین گردید و درنهایت نقشه اولیه تمام مخازن رسم شد. پس از تهیه نقشه‌های اولیه و ثانویه مخازن، مساحتی که هر خط تراز در برگرفته است توسط پلانیمتر اندازه‌گیری گردید و درنهایت حجم اولیه و ثانویه مخازن با استفاده از رابطه [۳] محاسبه شد:

$$V = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{A_i - A_{i+1}}{2} \right) \Delta H_i \quad [3]$$

که در آن:

$V$  = حجم مخزن (مترمکعب)

$A_i$  = سطح مریوط به خط تراز  $i$  (مترمربع)



شکل ۱- محل سدهای مورد مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری.

(۱۰). میانگین دراز مدت درجه حرارت سالانه منطقه سدها بین ۸/۲ تا ۱۱/۲ درجه سانتیگراد و میانگین بارش سالانه بین ۷۲۸ تا ۱۴۳۴ میلیمتر متغیر است.

جهت محاسبه فرسایش و تولید رسوب حوزه‌های مورد مطالعه از مدل تجدیدنظر شده پسیاک (۵) استفاده شد. در روش پسیاک، پس از بررسی دقیق صحراوی و انجام مطالعات ضروری برای شناخت عوامل نه گانه فوق، به منظور تعیین تأثیر و نقش آنها در فرسایش خاک و تولید رسوب، نتیجه بررسی به صورت ارقام و یا نمراتی که دال بر اهمیت و شدت تأثیر آنها در تولید رسوب حوزه آبخیز مورد مطالعه می‌باشد نشان داده می‌شود (جدول ۱). برای کاربرد روش پسیاک ابتدا باید حوزه

**جداول ۱-۴: عوامل موثر در فرایش خاک و تولید رسوب و نمرات مربوطه در روش MPSIAC (۱، ۹ و ۱۰)**

نام عوامل موثر	حدود نمرات	عوامل موثر	شماره ردیف
معادله و توضیحات مربوط به عوامل موثر	۱۰-۰	نوع سینگ، سختی، خردشدنگی، هوادیدگی، سستی	۱ زمین‌شناسی سطحی
$X_1: \text{شاخص فرایش زمین‌شناسی}$	$Y_1 = X_1$		۲ خاک
$X_2: \text{حساستیت خاک به فرایش}$	$Y_2 = ۱۶/۷X_2$	بافت، خاصیت انقباض و انبساط، شوری و فلیزی، مواد آلی، ساختمان، سنجکلاخی	۳ آب و هوای
$X_3: \text{میزان بازندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دو ساله}$	$Y_3 = ۰/۲X_3$	تواریخ گارها، شدت و مدت بازندگی، برف، ذوب و اتحمام	۴ رواناب
$X_4: \text{مجموع ارتفاع رواناب سالانه}$	$Y_4 = ۰/۲X_4$	حجم آبداری در واحد سطح، شدت طفیان در واحد سطح، گروه هیدرولوژیکی خاکها	۵ پستی و بلندی
$X_5: \text{شیب متوسط حوزه بر حسب درصد}$	$Y_5 = ۰/۳۳X_5$	شیب مناطق بالا دست، پستی و بلندی، توسعه آبرفتها و دشتها سیلانی	۶ پوشش زمین
$X_6: \text{درصد زمین لخت}$	$Y_6 = ۰/۰۰۲X_6$	پوشش گیاهی، لاشبرگ، پوشش سینگی، وضعیت اشکوب زیر درختها و درختچهها	۷ کاربری زمین
$X_7: \text{درصد تأثیر پوشش گیاهی}$	$Y_7 = ۰/۰۰۰-۰/۲X_7$	درصد اراضی زراعی، تحره استفاده از اراضی، شدت چرای دام، وضعیت جاده‌ها، شدت بهمنبرداری از محصولات جنگلی	۸ فرسایش سطحی
$X_8: \text{فرایش سطحی خاک}$	$Y_8 = ۰/۰۲۵X_8$	شدت فرسایش شیاری و خندقی، فرسایش لغزشی، حرکت توده‌ای	۹ فرسایش رودخانه‌ای
$X_9: \text{فرایش رودخانه‌ای}$	$Y_9 = ۱/۹۷X_9$	عمق جریان، شیب هیدرولیکی	

جدول ۲- تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در مدل اصلاح شده پسیاک (۳۲، ۱)

درجه رسويده	توليد رسوب سالانه	کلاس فرسایش (m³/km²)	
۱۰۰	> ۱۴۲۹	خیلی زیاد	
۷۵-۱۰۰	۴۷۶-۱۴۲۹	زیاد	
۵۰-۷۵	۲۳۸-۴۷۶	متوسط	
۲۵-۵۰	۹۵-۲۳۸	کم	
۰-۲۵	< ۹۵	خیلی کم	

تعداد سالهای بهره‌برداری در نظر گرفته شد.

جدول ۳ مشخصات کلی سدهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که سد درختی به دلیل واقع شدن در فاصله کمی از سد درازنو، پس از مطالعات اولیه حذف شد.

#### نتایج و بحث

با استفاده از مدل پسیاک، مقدار رسوب ویژه سالانه و کلاس فرسایش از رابطه (۲) و جدول ۲ برای هر یک از مخازن محاسبه شد (جدول ۴). چنانچه این اعداد در مساحت حوزه آبریز مربوطه ضرب شود حجم تخمینی رسوبات ورودی سالانه به مخازن را به دست می‌دهد.

مثالاً برای حوزه هرچگان:

$$Q_S = ۳۸ / ۷۷۵e^{۰/۰۳۵۸(۶۴/۶۹)} = ۳۹۲ / ۹۰ \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{y}$$

نتایج اندازه‌گیری (از طریق نقشه‌برداری) حجم رسوبات تهشین شده در مخازن مورد مطالعه در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به جدول ۵، اگر حجم رسوبات برجای مانده در مخزن (روش عمق متوسط رسوب) در دوره بهره‌برداری، بزر تعداد سال بهره‌برداری و مساحت حوزه آبریز تقسیم شود، حجم رسوبات سالانه بر جای مانده در مخزن به دست می‌آید (جدول ۶). از تقسیم حجم رسوبات برجای مانده سالانه بر حجم رسوبات ورودی سالانه (رسوب ویژه)، بازده تله‌اندازی رسوب برای هر مخزن از رابطه (۴) محاسبه می‌شود (جدول ۶).

$$A_{i+1} = \text{مسطح مربوط به خط تراز } i+1 \text{ (متر مربع)}$$

$\Delta H_i = \text{تفاوت رقوم ارتفاعی دو خط تراز متوالی } i \text{ و } i+1 \text{ (متر)}$   
اختلاف حجم اولیه و ثانویه، حجم رسوبات برجای مانده در مخزن سد در طول دوره بهره‌برداری است. از مزایای این روش این است که می‌توان برای هر یک از مخازن، منحنی‌های سطح - ارتفاع و حجم - ارتفاع را رسم نموده و با توجه به این منحنی‌ها، حجم و سطح مخزن را در هر تراز دلخواه به دست آورده. دقت این روش محاسبه حجم، بستگی به دقت عملیات نقشه‌برداری، محاسبه مساحت‌ها و مقیاس نقشه دارد.

با توجه به این نکته که عمق رسوبات در ترازهای بالای مخازن کمتر از ۵ سانتیمتر بود و مقیاس نقشه‌ها نیز آنقدر بزرگ نبود (۱:۱۰۰۰) که تفاوت‌های چند سانتیمتری را نشان دهد، لذا از روش دیگری نیز برای محاسبه حجم رسوبات برجای مانده در مخازن سدهای مورد مطالعه استفاده گردید. در این روش، ابتدا بین دو خط تراز متوالی، عمق متوسط رسوب به دست آمد (این عمق با توجه به اختلاف رقوم مخزن در نقشه‌های اولیه و ثانویه حاصل شد). سپس سطح محصور بین دو خط تراز متوالی در عمق متوسط رسوب ضرب گردید (نظیر رابطه ۳ ولی بجای تفاوت رقوم ارتفاعی از عمق متوسط رسوب استفاده شد). نتیجه این کار، حجم رسوبات بین دو خط تراز متوالی است و لذا حجم رسوبات مخزن برابر مجموع رسوبات محاسبه شده خواهد بود.

چون هیچگونه ایستگاه اندازه‌گیری رسوب در ورودی مخازن وجود ندارد، میزان رسوب بر جای مانده سالانه، برابر کل حجم رسوبات اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۷۳، تقسیم بر

جدول ۳ - مشخصات کلی سدهای مورد مطالعه (۶ و ۱۱)

نام سد	سال شروع	بهره برداری	سد (m)	ارتفاع	عمق	تاج (m)	سطح دریاچه (ha)	حداکثر	حداکثر	ظرفیت اولیه (۲) (m³)
هرچگان	۱۳۶۶			۱۴/۵۰	۱/۵	۳۰۷	۱۲/۲۳۲	۰۷۰۵۸۴	۰۷۰۵۸۴	۴۱۱۱۳۲
چهار بازار	۱۳۶۸			۶/۵۰	۱/۳۷	۳۴۵	۶/۳۷۶	۱۶۱۹۱۵	۱۶۱۹۱۵	۱۱۰۶۹۵
تومانک	۱۳۶۸			۱۷/۷۰	۰/۸۰	۳۸۳	۱۷/۰۵	۱۰۲۹۹۷۰	۱۰۲۹۹۷۰	۹۰۴۶۱۰
سرشنیز	۱۳۶۸			۱۱/۴۰	۱/۶۶	۱۶۵	۷/۳۵۳	۳۶۹۷۱۳	۳۶۹۷۱۳	۲۶۰۰۷۶
مصطفی آباد	۱۳۶۵			۹/۲۰	۱/۳۶	۱۶۲	۴/۰۳۵	۱۶۷۶۰۱	۱۶۷۶۰۱	۱۱۸۵۲۴
سیاسرد	۱۳۶۶			۸/۸۰	۱/۰۰	۱۳۸	۱/۰۳۹	۳۱۰۵۶۱	۳۱۰۵۶۱	۲۲۳۸۷
مرغملک	۱۳۶۷			۸/۸۰	۱/۴۰	۳۹۸	۳/۲۴۶	۱۳۰۱۹۳	۱۳۰۱۹۳	۹۱۰۱۸
هارونی	۱۳۶۸			۱۰/۶۵	۱/۰۲	۱۶۰	۴/۰۵۹	۲۱۰۹۷۳	۲۱۰۹۷۳	۱۴۹۳۴۱
درازنو	۱۳۶۷			۷/۸۵	۱/۲۰	۲۳۰	۷/۵۵۹	۲۵۴۸۶۶	۲۵۴۸۶۶	۱۷۴۲۳۳
زانیونی	۱۳۶۶			۹/۳۵	۱/۳۱	۱۲۸	۳/۴۰۲	۱۳۱۵۲۴	۱۳۱۵۲۴	۹۲۴۰۷
وانان	۱۳۶۸			۱۰/۲۲	۱/۷۲	۱۹۶	۴/۳۳۴	۱۷۹۸۸۰	۱۷۹۸۸۰	۱۱۸۰۳۷
گهر باران	۱۳۶۷			۷/۷۵	۰/۵۷	۴۳۴	۷/۷۶۰	۲۱۳۲۶۳	۲۱۳۲۶۳	۱۷۶۰۲۸
قطارقاش	۱۳۶۶			۷/۱۵	۱/۱۲	۱۱۶	۱/۸۵	۵۶۴۵۰	۵۶۴۵۰	۳۸۱۰۸

\* کلیه سدها دارای سریز اضطراری و لوله آبگیر هستند.

(۱) ظرفیت مخزن تا تراز تاج سد.

(۲) ظرفیت مخزن تا تراز کف سریز.

مکعب در کیلومتر مریع در سال)  
 $Q_s$  = رسوب ویژه تخمینی که وارد مخزن سد می شود (متر

$$T_e = 100 \left( \frac{Q_{sm}}{Q_s} \right) \quad [۴]$$

که در آن :

$T_e$  = بازده تله اندازی رسوب (درصد)

مکعب در کیلومتر مریع در سال)  
 همان طور که قبلاً بیان گردید، مخازن مورد مطالعه دارای

$Q_{sm}$  = حجم رسوبات سالانه تهشین شده در مخزن سد (متر

جدول ۴ - تأثیر عوامل از ارزیابی حاصل از افزایش و معکوس پیشکار مدل  $\hat{y}_1$  بر روی مجموعه داده

ردیف	نام	دسته	جهت	مقدار	رسوب و پیش
۱	درجه حرارت	F <sub>س</sub>	+	۰/۰۷	۰/۰۷
۲	آب و روان	R	-	-۰/۰۶	-۰/۰۶
۳	زمان	R <sub>s</sub>	-	-۰/۰۶	-۰/۰۶
۴	پیشگویی	D <sub>s</sub>	-	-۰/۰۵	-۰/۰۵
۵	متوجه	R <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۶	متوجه	D <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۷	نسبت زیاد	D <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۸	نسبت کم	D <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۹	زیاد	M <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۰	متوجه	M <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۱	نسبت زیاد	M <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۲	نسبت کم	M <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۳	سبک	K <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۴	لخت	K <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۵	متوجه	P <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۶	متوجه	P <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۷	زیاد	C <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۸	کم	C <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۱۹	سبک	C <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۰	لخت	C <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۱	متوسط	M <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۲	متوسط	M <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۳	متوجه	K <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۴	متوجه	K <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۵	سبک	P <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۶	لخت	P <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۷	سبک	C <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۸	لخت	C <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۲۹	متوجه	R <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۳۰	متوجه	R <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۳۱	سبک	D <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۳۲	لخت	D <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۳۳	متوجه	F <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۳۴	متوجه	F <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۳۵	سبک	O <sub>s</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴
۳۶	لخت	O <sub>t</sub>	-	-۰/۰۴	-۰/۰۴

جدول ۵ - برآورد رسوبات برجای مانده در مخازن مورد مطالعه بر اساس عملیات نقشه برداری

نام مخزن	سال شروع بهره برداری	دورة بهره برداری (سال)	حداکثر عمق رسوب (متر)	رسوبات در مخزن * رسوبات در مخزن **	حجم (m³)	حجم (m³)
هرچگان	۱۳۶۶	۷	۰/۹۵۵	۲۳۳۴۶	۲۳۳۴۶	۲۳۳۴۶
چهار بازار	۱۳۶۸	۵	۰/۹۳	۱۳۴۸۳	۱۰۲۲۳	۱۰۵۷۶
تومانک	۱۳۶۸	۵	۱/۰۵	۸۹۱۰	۸۹۰۹	۸۹۰۹
سرشنیز	۱۳۶۸	۵	۱/۰۳	۸۹۰۹	۱۰۳۴۲	۹۳۰۲
مصطفی آباد	۱۳۶۵	۸	۱/۵۱	۲۶۴۰	۲۵۴۸	۴۲۶۲
سیاسرد	۱۳۶۶	۷	۲/۱۰	۶۹۱	۱۵۰۴	۴۲۶۲
مرغملک	۱۳۶۷	۶	۰/۲۸	۵۳۵۳	۱۹۰۳	۳۶۵۶
هارونی	۱۳۶۸	۵	۰/۸۴	۵۶۲۹	۴۸۸۳	۴۸۸۳
درازتو	۱۳۶۷	۶	۰/۲۹	۳۰۹۰	۳۰۹۰	۳۰۹۰
زانیونی	۱۳۶۶	۷	۱/۰۶	۱۰۰۷۵	۱۰۰۷۵	۱۰۰۷۵
وانان	۱۳۶۸	۵	۰/۶۴	۴۵۷۵	۴۵۷۵	۲۸۵۸
گهرباران	۱۳۶۷	۶	۱/۷۰			
قطارقاش	۱۳۶۶	۷	۱/۱۶			

+ از سال شروع بهره برداری تا تابستان ۱۳۷۳.

+ تفاوت رقوم ارتفاعی مخزن در گودترين قسمت (به دست آمده از نقشه های اوليه و ثانويه)

\* حجم رسوبات در دوره بهره برداری با توجه به روش حجم - ارتفاع

\*\* حجم رسوبات در دوره بهره برداری با توجه به روش عمق متوسط رسوب.

جدول ۶ - محاسبه راندمان تله اندازی مخازن براساس نتایج مدل پسیاک و نقشه برداری مخازن

نام مخزن	مساحت حوزه (Km <sup>۲</sup> )	حجم رسوبات سالانه (m <sup>۳</sup> /Km <sup>۲</sup> /y)	رسوب ویژه $Q_s$ (m <sup>۳</sup> /Km <sup>۲</sup> /y)	بازده تله اندازی* $Te$ (درصد)
هرچگان	۳۸/۹۸	۸۵/۵۶	۳۹۲/۹۰	۲۱/۸
چهار بازار	۱۹/۰۸	۱۴۱/۳۳	۳۰۴/۶۰	۴۶/۴
تومانک	۱۷/۴۲	۱۲۱/۴۲	۴۸۲/۰۱	۲۵/۲
سرتشنیز	۱۰/۶۰۸	۱۶۷/۹۷	۴۸۷/۰۴	۳۴/۵
مصطفی آباد	۹/۳۱۴	۱۲۴/۸۴	۱۰۰/۰۵۳	۱۲/۵
سیاسرد	۶/۰۵۲	۶۰/۱۵	۵۷۸/۷۷	۱۰/۴
مرغملک	۳/۸۵۲	۶۵/۰۷	۲۴۹/۶۳	۲۶/۱
هارونی	۳/۱۶۵	۲۷۰/۰۹	۴۱۳/۶۸	۶۵/۲
درازنو	۲/۷۶	۲۲۰/۷۷	۴۲۵/۴۰	۵۱/۹
زانیونی	۲/۴۴	۲۸۵/۸۹	۶۹۷/۴۴	۴۱
وانان	۲/۲۰۲	۲۸۰/۶۵	۴۴۳/۲۸	۶۳/۲
گهریاران	۲/۱۶۶	۷۷۵/۲۴	۱۱۲۴/۳۹	۶۸/۹
قطارقاش	۲/۰۳۶	۲۰۰/۵۳	۴۸۵/۶۵	۴۱/۲

\*  $\times 100 \times (\text{رسوب ویژه}) / (\text{حجم رسوبات سالانه}) = \text{بازده تله اندازی}$

بیشتر از یک شوند بازده تلهاندازی بیشتر از ۱۰۰ درصد خواهد شد.

معادله [۷] در سطح یک درصد معنی دار بوده و دارای ضریب تبیین ۸۲۴/۰ است. این مدل از لحاظ فیزیکی نیز معنی دار بوده و به خوبی روابط بین عناصر موثر در بازده تلهاندازی رسوب در سدهای مطالعه را تفسیر می کند. شکل ۲ رابطه حاکم بر عناصر این معادله را به صورت ترسیمی و در مقایسه با منحنی برون نشان می دهد. همان طور که از این شکل پیداست، منحنی های به دست آمده از این معادله، در زیر منحنی برون واقع شده اند، یعنی در یک  $\frac{L}{B}$  و  $\frac{C}{I}$  یکسان، بازده تلهاندازی رسوب در مخزن سدهای کوچک کمتر از سدهای بزرگ است. دلیل این امر اثر مهم پارامتر  $L/B$  است، چرا که سدهای بزرگ دارای  $L/B$  بسیار بزرگتری از سدهای کوچک بوده و به دلیل طویل بودن دریاچه آنها، رسوبات فرصت بیشتری برای تنهشین شدن خواهند داشت. همچنین در شکل ۲ دیده می شود که در یک  $C/I$  ثابت، با افزایش  $L/B$  اختلاف بازده تلهاندازی به تدریج کمتر خواهد شد. یعنی سدهایی که طول مخزن آنها بسیار زیاد است، بازده تلهاندازی مخازن آنها تفاوت چندانی با هم نخواهد داشت.

معادله [۸] نیز از لحاظ آماری معنی دار بوده و تفاوت آن با دو معادله دیگر در این است که پارامتر  $L/B$  در آن وجود ندارد. این معادله و معادله برون از ساختار مشابهی برخوردار بوده و تنها تفاوت آنها در نمای معادله است. منحنی معادله [۸] نیز در زیر منحنی برون قرار می گیرد (شکل ۳) و بیانگر بازده تلهاندازی کمتر سدهای کوچک در مقایسه با سدهای مخزنی بزرگ است.

با توجه به اهمیت پارامتر  $L/B$  در بازده تلهاندازی رسوب در مخازن سدهای کوچک، معادله [۷] به عنوان بهترین معادله، که روابط حاکم بر عناصر موثر در بازده تلهاندازی رسوب را در منطقه چهارمحال و بختیاری تبیین می کند، انتخاب شده و

دریچه های عمقی و تخلیه رسوب نبوده و نیز سیلان خروجی از آنها توسط سرریزهای اخطراری غیرقابل تنظیم است و بدون هیچ کنترلی خارج می شود. در نتیجه، عناصر مربوط به مخزن که بر بازده تلهاندازی رسوب مخازن مورد مطالعه اثر می گذارند، حجم و شکل مخزن است. برای بیان اثر عوامل مربوط به حوزه و مخزن بر بازده تلهاندازی رسوب در مخزن، می توان معادله کلی زیر را بسط داد:

$$T_e = f \left( \frac{C}{I}, \frac{L}{B} \right) \quad [5]$$

که در آن :

$T_e$  = بازده تلهاندازی

$C$  = ظرفیت مخزن سد

$I$  = رواناب ورودی سالانه

$L$  = طول مخزن

$B$  = متوسط عرض مخزن.

مراحل محاسبه نسبت  $L/B$  برای هر یک از مخازن مورد مطالعه در جدول ۷ نشان داده شده است. برای تجزیه و تحلیل معادله [۵] از نرم افزار آماری استاتس گراف<sup>۱</sup> استفاده شد و معادله های زیر به دست آمد:

$$T_e = 100 \left( \frac{C}{I} \right)^{0.6862} \left( \frac{L}{B} \right)^{0.214} \quad [6]$$

$$T_e = 100 \left[ 1 - \frac{1}{1 + 100(C/I)(L/B)} \right]^{35/3827} \quad [7]$$

$$T_e = 100 \left[ 1 - \frac{1}{1 + 100(C/I)} \right]^{7/163} \quad [8]$$

معادله [۶] دارای ضریب تبیین<sup>۲</sup> بسیار خوبی بوده ( $R^2_{adj} = 0.9482$ ) و از لحاظ آماری رضایت‌بخش است اما از لحاظ فیزیکی معنی دار نیست زیرا اگر نسبتهای  $C/I$  و  $L/B$

1- Statgraphics

2- Adjusted coefficient of determination

جدول ۷ - محاسبه ضریب شکل مخازن سدهای مورد مطالعه

نام مخزن	ظرفیت <sup>(۱)</sup> C (m³)	طول L (m)	عمق متوسط <sup>(۲)</sup> H (m)	$(۳)B = \frac{C}{LH}$	(۴)S <sub>f</sub> (m)	رواناب ورودی سالانه I <sup>(۵)</sup> (Mm³)
هرچگان	۴۱۱۱۳۲	۶۶۸	۱۰/۳۵	۰/۹۶	۱۱/۲۳	۹/۱۵۲۸
چهار بازار	۱۱۰۶۹۵	۲۰۵	۳/۷۶	۰/۹۱	۱/۴۳	۳/۴۳۹۴
تومانک	۹۰۴۶۱۰	۴۲۰	۱۳/۳۲	۰/۹۰	۲/۶۰	۳/۷۷۷۴
سر تشنیز	۲۶۰۰۷۶	۳۴۰	۷/۰۹	۰/۹۷	۳/۱۵	۱/۷۰۲۸
مصطفی آباد	۱۱۸۵۲۴	۲۱۴	۰/۶۴	۰/۹۸	۲/۱۸	۲/۰۵۱۴
سیاسرد	۲۲۳۸۷	۲۳۰	۰/۹۴	۰/۹۶	۱۴/۰۴	۱/۲۴۴۱
مرغملک	۹۱۰۱۸	۲۲۰	۰/۱۷	۰/۹۰	۲/۷۵	۰/۸۸۵۸
هارونی	۱۴۹۳۴۱	۳۵۰	۶/۶۷	۰/۹۷	۰/۴۷	۰/۶۰۵۷
درازنو	۱۷۴۲۳۳	۲۶۳	۴/۹۲	۰/۹۵	۱/۹۵	۰/۵۹۶۵
زانیونی	۹۲۴۰۷	۲۵۰	۰/۹۶	۰/۰۳	۴/۰۳	۰/۴۶۹۶
وانان	۱۱۸۰۳۷	۱۶۰	۶/۴۶	۱/۴۰	۱۱۴/۲۰	۰/۴۴۰۲
گهر باران	۱۷۶۰۲۸	۲۳۰	۰/۶۷	۱/۷۰	۱۳۴/۹۸	۰/۳۸۱۲
قطار قاش	۳۸۱۰۸	۱۳۶	۴/۴۹	۲/۱۸	۶۲/۴۱	۰/۳۵۲۳

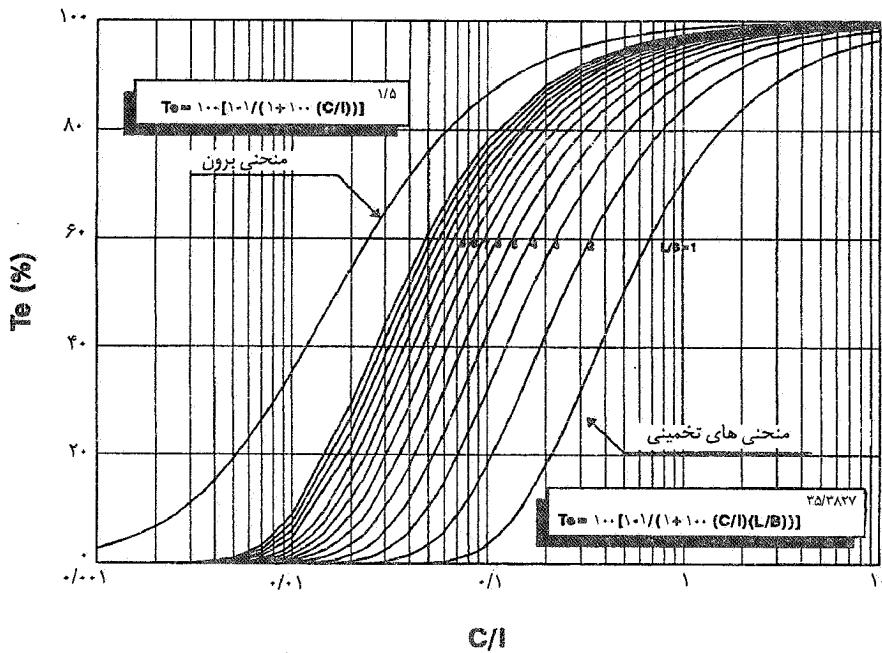
۱ - ظرفیت اولیه مخزن تا رقوم کف سر زیر.

۲ - عمقی که نصف حجم مخزن در زیر آن واقع است (از طریق منحنی حجم - ارتفاع ، عمقی از مخزن که نصف حجم مخزن در زیر آن واقع می شود ، به دست آمده و این عمق به عنوان عمق متوسط مخزن درنظر گرفته می شود).

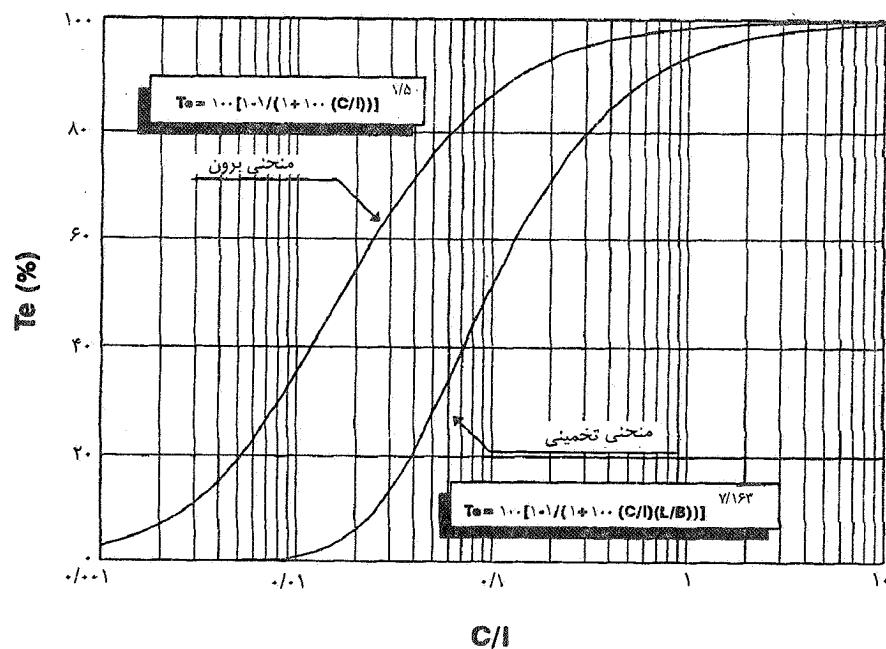
۳ - سطح مقطع متوسط جریان در مخزن .

۴ - عرض متوسط جریان در مخزن .

۵ - حجم رواناب ورودی سالانه که براساس مقدار بارندگی در دوره بهره برداری از سدها و ضریب رواناب محاسبه شده است (میلیون مترمکعب) (۶).



شکل ۲- مقایسه منحنی های به دست آمده از معادله (۷) و منحنی برون



شکل ۳- مقایسه منحنی های به دست آمده از معادله (۸) و منحنی برون

## پیشنهاد می‌گردد.

بخشی از هزینه‌های اجرای این تحقیق از طریق شورای تحقیقات آب کشور و سازمان تحقیقات کشاورزی تأمین گردیده است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

توصیه می‌شود که تحقیقات مشابهی در سایر سدهای کوچک در مناطقی با آب و هوا، خاک و پوشش گیاهی متفاوت در ایران انجام گیرد تا معادله جامع‌تری به دست آید.

## منابع مورد استفاده

- ۱- اردشیری، م.ع. ۱۳۶۸. برآورد میزان تولید رسوب حوزه آبخیز از طریق ارزیابی عوامل موثر در فرسایش خاک و رسوب‌زایی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، ۲۰-۲۳ خرداد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ص ۶۹۱ تا ۷۰۶.
- ۲- باقرزاده کریمی، م. ۱۳۷۲. بررسی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و GIS در مطالعات فرسایش خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۳- جلالیان، ا. ۱۳۶۸. مطالعات کیفی و کمی فرسایش خاک در حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۳، ص ۲۷ تا ۴۴.
- ۴- جلالیان، ا.، ا. محمدی قهصاره و ح. ر. کریم‌زاده. ۱۳۷۳. فرسایش خاک و علل آن در حوزه‌های آبخیز و ارائه نتایج موردی در بعضی حوزه‌های آبخیز ایران، چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۹ تا ۱۰.
- ۵- حاجی بیگلو، م. ۱۳۷۰. برآورد رسوب از طریق فرمول‌های تجربی در حوزه سفید رود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۶- صمدی بروجنی، ح. ۱۳۷۴. ارزیابی رسوب‌گذاری در مخازن سدهای کوچک منطقه چهارمحال و بختیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۱ صفحه.
- ۷- طهماسبی پور، ن.، م. نجفی دیسفانی و م. مهدوی. ۱۳۷۴. کاربرد و ارزیابی مدل جدید پسیاک برای تهیه نقشه حوزه آبخیز جاجرود (لوارک) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۱۶۱ تا ۱۷۳.
- ۸- قمشی، م. ۱۳۶۷. بررسی رسوب‌گذاری در مخزن سد ذر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۹- کیا، ع. و ن. بجازیه. ۱۳۶۹. طراحی سازه‌های آبی، انتشارات نویسنده‌گان، تبریز، ۵۳۲ صفحه.
- ۱۰- محمدزاده، ا. ۱۳۷۴. ارزیابی بازده تله‌اندازی رسوب در سدهای کوچک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۱۳ صفحه.
- ۱۱- موسوی، س.ف. و ح. صمدی بروجنی. ۱۳۷۵. ارزیابی توزیع رسوب در مخازن سدهای کوچک منطقه چهارمحال و بختیاری. مجله آب و فاضلاب، شماره ۱۸، ص ۳ تا ۱۳.
- 12- Arnold, J.G., M.D. Bircket, J.R. Williams, W.F. Smith, and H.N. McGill. 1987. Modelling the effects of urbanization on basin water yield and reservoir sedimentation. Water Resour. Bull. 23(6) : 1101-1107.

13. Borland, W.L. 1951. Unpublished data in files of Bureau of Reclamation, Denver, Co., U.S.A.
- 14- Brown, C.B. 1943. Discussion of "Sedimentation in Reservoirs", by B.J. Witzig, Proc. ASCE, 69(6): 793-815, 1493-1499.
- 15- Brune, G.M. and R.E. Allen. 1941. A consideration of factors influencing reservoir sedimentation in the Ohio Valley region. Trans. Am. Geophys. Union, 22: 649-655.
- 16- Brune, G.M. 1953. Trap efficiency of reservoirs. Trans. Am. Geophys. Union, 34(3): 407-418.
- 17- Butler, D.L., R.O. Hawkinson and R.W. Boulger. 1990. Sediment Discharge in Fortification Creek and the Effect of Sedimentation Rate on the Proposed Rampart Reservoir, Northwestern Colorado. USGS, 22 p.
- 18- Churchill, M.A. 1948. Discussion of "Analysis and use of reservoir sedimentation data", by L.C. Gottschak, pp. 139-140, Proc. Fed. Inter-Agency Sedim. Conf., Washington, D.C.
- 19- Dendy, F.E. and C.M. Cooper. 1984. Sediment trap efficiency of a small reservoir. J. Soil and Water Conservation, 39(4) : 278-280.
- 20- FAO. 1983. Guidelines for Watershed Management. FAO, Rome, pp. 62-63, 90-92.
- 21- Heinemann, H.G. 1984. Reservoir Trap Efficiency. In : Hadley, R.F. and D.E. Walling (eds.), Erosion and Sediment Yield : Some methods of measurement and modelling. Norwich, England, pp. 201-218.
- 22- Holy, M. 1984. Erosion and Environment. Pergamon Press, 226 p.
- 23- Lal, V.B., S. Banerji, and J. Narayanan. 1977. Sediment yield in relation to drainage basin characteristics in some Indian river valley projects. Proc. Paris Symposium, IAHS, AISH, Pub. No. 122, pp. 93-97.
- 24- McIntyre, S.C. 1993. Reservoir sedimentation rates linked to long-term changes in agricultural land use. Water Resour. Bull., 29(3) : 487 - 495.
- 25- Moore, C.M., W.J. Wood and G.W. Renfro. 1960. Trap efficiency of reservoir and debris dams ASCE, J. Hyd. Div. 86(2): 69-87.
- 26- Morgan, R.P.C. 1988. Soil Erosion and Conservation. Longman Scientific & Technical, UK, pp. 111 - 139.
- 27- Mutreja, K.N. 1986. Applied Hydrology. Tata McGraw-Hill Co., New Delhi, pp. 831-876.
- 28- Pacific Southwest Inter-Agency Committee. 1968. Factors Affecting Sediment Yield in the Pacific Southwest Area, and Selection and Evaluation of Measures for Reduction of Erosion and Sediment Yield. 13 p.
- 29- Renard, K.G. 1980. Estimating erosion and sediment yield from rangeland. Symposium on Watershed Management, Vol.1, pp. 164-175.
- 30- Roehl, J.W. 1962. Sediment source areas, delivery ratios and influencing morphological factors. IAHS,

Pub. No. 59, pp. 202 - 213.

- 31- Stall, J.B. and M.T. Lee. 1980. Reservoir sedimentation and its causes in Illinois. Water Resour. Bull. 16(5) : 874 - 880.
- 32- Simons, D.B. and F. Senturk. 1992. Sediment Transport Technology. Water Resources Publication, pp. 465-533.