ارزیابی بازده تله اندازی رسوب در سدهای خاکی کوچک منطقه چهار محال و بختیاری

سید فرهاد موسوی*، احمد محمد زاده**، احمد جلالیان* و حسین صمدی بروجنی***

چکیده

یکی از مشکلات اساسی ذخیره و بهره‌برداری از آبهای سطحی برای مصارف شرب، کنترل سیل، برقابی و کشاورزی، مسئله رسوبگذاری 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 رسوب پر شود. عمرمفید تابعی از مقدار رسوبات وارده، وزن مخصوص مواد رسوبی و بازده(راندمان) تله‌اندازی مخزن سد می‌باشد. بازده تله‌اندازی رسوب به خصوصیات ذرات رسوب، عمر مفید مخزن، شکل مخزن، روش بهره‌برداری از مخزن و نسبت ظرفیت ذخیره به میزان جریان ورودی بستگی دارد. هدف از این تحقیق، محاسبه بازده تله‌اندازی رسوب 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، با ارتفاع کمتر از ۱۵ متر و ظرفیت کمتر از یک میلیون متر مکعب انتخاب شدند و مورد مطالعه قرارگرفتند. چون هیچگونه اندازه‌گیری میزان رسوب وارده به این مخازن وجود نداشت، برای برآورد مقدار رسوب وارده به سدها از مدل تجربی MPSIAC استفاده شد. این مدل، ۹ عامل موثر در فرسایش و رسوب‌دهی حوزه‌ها شامل زمین‌شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، کاربری زمین، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای را در نظر می‌گیرد. عوامل نه‌گانه در حوزه بالا دست سدها بررسی شده و میزان رسوب وارده به مخازن در طی یک سال تخمین زده شده است. با نقشه‌برداری از مخازن سدها و مقایسه نقشه‌های حجم-ارتفاع اولیه و ثانویه، مقدار رسوب ته‌نشین شده در طی کل دوران بهره‌برداری از سدها به دست آمد. بازده تله‌اندازی رسوب در هر مخزن محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد بازده تله‌اندازی رسوب در سدهای مورد مطالعه از ۱۰/۴ تا ۶۸/۹ درصد متغیر است. منحنی‌های جدیدی برای پیش‌بینی تله‌اندازی رسوب در سدهای کوچک رسم شده است.

واژه‌های کلیدی - *رسوبگذاری در مخازن، بازده(راندمان) تله اندازی، فرسایش، زمان ماند رسوب، مدل پسیاک، منحنی برون.*

مقدمه

سرنوشت نهایی تمام مخازن آبی که برای ذخیره و بهره‌برداری از آبهای سطحی، به منظور تأمین مصارف شرب، کنترل سیل، برقابی و تأمین آب کشاورزی ساخته می‌شوند، پرشدن از رسوبات است. اگر میزان رسوبات وارده به مخزن سد

* به ترتیب دانشیار گروه آبیاری و خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
** کارشناس ارشد سازمان آب و برق خوزستان
*** مربی گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

در مقایسه با حجم آن زیاد باشد، عمرمفید آن بسیار کوتاه خواهد بود. سدها و ابنیه 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 بین‌رفته و سالانه مقادیر قابل توجهی رسوب از حوزه‌های آبریز، از طریق مسیلها 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 وارده، 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[1]، فائو[2]، معادله عمومی تلفات خاک[3] (اصلاح شده) و پسیاک[4] (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 بوده است. رنارد (۲۹) مدل پسیاک را همراه با سه مدل دیگر به‌اسامی دندی-بولتن[5]، فلاکسمن[6] و رنارد[7] 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 ناگهانی در فرسایش، مهمترین عامل برای رسوب‌دهی یک حوزه خصوصیات ژئومورفولوژیک نظیر سطح حوزه و مقدار آب جریان یافته در حوزه است (۲۳ و ۳۰).

بازده تله‌اندازی رسوبات در مخزن به عناصری نظیر 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). برون 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 وارده به مخزن) رابطه زیر را به دست آورد :

$$C_T = ۱۰۰[۱-۱/(۱+۰/۱\ (C/W))] \qquad [۱]$$

که در آن:

C_T = بازده تله‌اندازی مخزن (برحسب درصد)

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

1- Musgrave 2- FAO 3- MUSLE 4- PSIAC
5- Dendy-Bolton 6- Flaxman 7-Renard

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

مور و همکاران (۲۵) اطلاعات حاصل از تحقیق گوتچاک و برون را در یک نمودار گردآورده و بهترین منحنی را بین نقاط آن برازش دادند. بورلند (۱۳) نشان داد که منحنی‌ها می‌توانند به صورت رابطه بازده تله‌اندازی با زمان ماند[1] (برحسب‌روز) رسم شوند. چرچیل (۱۸) بازده تله‌اندازی 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 ثبت‌شده 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 تله‌اندازی 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 تله‌اندازی رسوب مطالعات دیگری نیز انجام گرفته است (۱۲، ۱۷، ۱۹، ۲۱ و ۳۱). دندی و کوپر (۱۹) بازده تله‌اندازی در یک مخزن ۲/۷ ایکری را در یک دورهٔ 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 تله‌اندازی 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 تله‌اندازی 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، شیب حوزه، شیب آبراهه اصلی، پوشش گیاهی و خاک دارد. از عوامل مربوط به مخزن می‌توان شکل مخزن، حجم مخزن، اندازه دریچه‌ها و محل قرارگرفتن آنها و نیز مدیریت مخزن را نام برد.

به دلیل کاربرد گسترده منحنی برون در محاسبه بازده تله‌اندازی سدها، در این تحقیق نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات برون مقایسه گشته است.

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

۱ـ منحنی برون عمدتاً برای مخازن سدهای بزرگ با حجم زیاد مخزن استفاده می‌شود.

۲ـ در مورد رسوبگذاری و بازده تله‌اندازی رسوب در سدهای کوتاه و با حجم کم مخزن، مطالعات گسترده‌ای انجام نشده است.

۳ـ ذخیره آب و کنترل سیلاب در منطقه چهار محال و بختیاری، نظیر سایر مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مهم است.

۴ـ هیچ‌گونه ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی در ورودی به سدهای انتخابی در این منطقه وجود ندارد و تخمین منطقی رواناب و رسوب از این لحاظ بسیار حیاتی است.

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

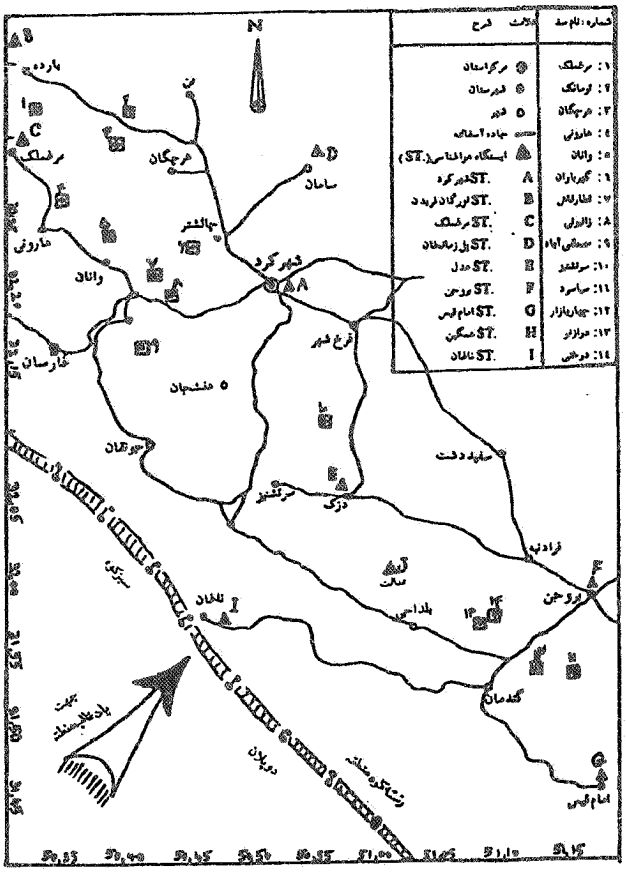
مواد و روشها

به منظور ارزیابی بازده (راندمان) تله اندازی رسوب در مخازن سدهای کوچک، تعداد ۱۴ سدخاکی کوتاه (با ارتفاع کمتر از ۱۵ متر و حجم کمتر از حدود یک میلیون مترمکعب) به نامهای تومانک، چهاربازار، درازنو، درختی، زانیونی، سرتشنیز، سیاسرد، قطارقاش، گهرباران، مرغملک، مصطفی‌آباد، وانان، هارونی و هرچگان در شمال و شمال‌شرق استان چهارمحال و بختیاری، در یکی از زیرحوزه‌های رودخانه کارون به نام حوزه بهشت‌آباد، انتخاب شد (شکل ۱). این سدها عمدتاً برای مهار سیلاب و تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی احداث شده و فاقد ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی می‌باشند. اقلیم عمومی منطقه نیمه مرطوب معتدل با زمستانهای سرد است

1- Retention time

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]



شکل ۱ـ 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 ۴۳۴/۷ تا ۷۲۸/۱ 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 صحرایی 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 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 نمره‌گذاری 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.

$$Q_S = ۳۸/۷۷ e^{۰/۰۳۵۸R} \qquad [۲]$$

که در آن :

Q_S = میزان تولید رسوب سالانه (m^3/km^2-year)

R = درجه رسوب‌دهی

از آنجاکه مخزن سدهای مورد مطالعه در فصل تابستان اکثراً 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 آگر[1]، 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 در نهایت حجم اولیه و ثانویه مخازن با استفاده از رابطه [۳] محاسبه شد (۲۱):

$$V = \sum_{i=۱}^{n-۱} \left(\frac{A_i - A_{i+۱}}{۲}\right) \Delta H_i \qquad [۳]$$

که در آن :

V = حجم مخزن (مترمکعب)

A_i = سطح مربوط به خط تراز i (مترمربع)

1- Auger

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1] [Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

جدول ۱ـ عوامل موثر در فرسایش خاک وتولید رسوب و نمرات مربوطه در روش MPSIAC (۱، ۹ و ۱۰)

شماره‌ردیف	عوامل موثر	حدودنمرات	خصوصیات مهم قابل بررسی	معادله و توضیحات مربوط به عوامل موثر
۱	زمین‌شناسی سطحی	۰ـ۱۰	نوع سنگ، سختی، خردشدگی، هوادیدگی، سستی	X_1: شاخص فرسایش زمین‌شناسی $Y_1 = X_1$
۲	خاک	۰ـ۱۰	بافت، خاصیت انقباض و انبساط، شوری و قلیایی،مواد آلی، ساختمان، سنگلاخی	X_2: حساسیت خاک به فرسایش $Y_2 = ۱۶/۶۷ X_2$
۳	آب و هوا	۰ـ۱۰	تواتر رگبارها، شدت و مدت بارندگی، برف، ذوب و انجماد	X_3 : میزان بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دو ساله $Y_3 = ۰/۲X_3$
۴	رواناب	۰ـ۱۰	حجم آبدهی در واحد سطح، شدت طغیان در واحد سطح، گروه هیدرولوژیکی خاکها	X_4: مجموع ارتفاع رواناب سالانه $Y_4 = ۰/۲X_4$
۵	پستی و بلندی	۰ـ۲۰	شیب مناطق بالا دست، پستی و بلندی، توسعه آبرفتها و دشتهای سیلابی	X_5 : شیب متوسط حوزه برحسب درصد $Y_5 = ۰/۳۳ X_5$
۶	پوشش زمین	(+۱۰) -(-۱۰)	پوشش گیاهی، لاشبرگ، پوشش سنگی، وضعیت اشکوب زیر درختهاو درختچه‌ها	X_6 : درصد زمین لخت $Y_3 = ۰/۲ X_6$
۷	کاربری زمین	(+۱۰) -(-۱۰)	درصد اراضی زراعی، نحوه استفاده از اراضی، شدت چرای دام، وضعیت جاده‌ها، شدت بهره‌برداری از محصولات جنگلی	X_7 : درصد تاج پوشش گیاهی $Y_7 = ۲۰ - ۰/۲X_7$
۸	فرسایش سطحی	۰ـ۲۵	شدت فرسایش شیاری و خندقی، فرسایش لغزشی، حرکت توده‌ای	X_8 : فرسایش سطحی خاک $Y_8 = ۰/۲۵ X_8$
۹	فرسایش رودخانه‌ای	۰ـ۲۵	فرسایش در کناره‌ها و بستر، فرسایش بالا رونده، عمق جریان، شیب هیدرولیکی	X_9 : فرسایش رودخانه‌ای $Y_9 = ۱/۶۷ X_9$

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

کلاس فرسایش	تولید رسوب سالانه (m^3/km^2)	درجه رسوبدهی
خیلی زیاد	> ۱۴۲۹	۱۰۰
زیاد	۴۷۶-۱۴۲۹	۷۵-۱۰۰
متوسط	۲۳۸-۴۷۶	۵۰-۷۵
کم	۹۵-۲۳۸	۲۵-۵۰
خیلی کم	< ۹۵	۰-۲۵

A_{i+1} = سطح مربوط به خط تراز i+1 (متر مربع)

ΔH_i = تفاوت رقوم ارتفاعی دو خط تراز متوالی i و i+1 (متر)

اختلاف حجم اولیه و ثانویه، حجم رسوبات برجای مانده در مخزن سد در طول دورهٔ 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 آورد. دقت این روش محاسبه حجم، بستگی به دقت عملیات نقشه برداری، 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 (۱:۱۰۰۰۰) 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 درسال ۱۳۷۳، تقسیم بر 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.

مثلاً برای حوزه هرچگان :

$$Q_S = ۳۸/۷۷e^{۰/۰۳۵۸(۶۴/۶۹)} = ۳۹۲/۹۰ \ m^3/km^2/y$$

نتایج اندازه‌گیری (از طریق نقشه‌برداری) حجم رسوبات ته‌نشین 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، بر 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).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

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

نام سد	سال شروع بهره برداری	ارتفاع سد (m)	عمق سرریز* (m)	طول تاج (m)	حداکثر سطح دریاچه (ha)	حداکثر ظرفیت اولیه(۱) (m^3)	ظرفیت اولیه(۲) (m^3)
هرچگان	۱۳۶۶	۱۴/۵۰	۱/۵	۳۰۷	۱۲/۲۳۲	۵۷۰۵۸۴	۴۱۱۱۳۲
چهار بازار	۱۳۶۸	۶/۵۰	۱/۳۷	۳۴۵	۶/۳۷۶	۱۶۱۹۱۵	۱۱۰۶۹۵
تومانک	۱۳۶۸	۱۷/۷۰	۰/۸۰	۳۸۳	۱۷/۰۵	۱۰۲۹۹۷۰	۹۰۴۶۱۰
سرتشنیز	۱۳۶۸	۱۱/۴۰	۱/۶۶	۱۶۵	۷/۳۵۳	۳۶۹۷۱۳	۲۶۰۰۷۶
مصطفی آباد	۱۳۶۵	۹/۲۰	۱/۳۶	۱۶۲	۴/۰۳۵	۱۶۷۶۰۱	۱۱۸۵۲۴
سیاسرد	۱۳۶۶	۸/۸۰	۱/۰۰	۱۳۸	۱/۰۳۹	۳۱۵۶۱	۲۲۳۸۷
مرغملک	۱۳۶۷	۸/۸۰	۱/۴۰	۳۹۸	۳/۲۴۶	۱۳۰۱۹۳	۹۱۰۱۸
هارونی	۱۳۶۸	۱۰/۶۵	۱/۵۲	۱۶۰	۴/۵۹	۲۱۰۹۷۳	۱۴۹۳۴۱
درازنو	۱۳۶۷	۷/۸۵	۱/۲۰	۲۳۰	۷/۵۵۹	۲۵۴۸۶۶	۱۷۴۲۳۳
زانیونی	۱۳۶۶	۹/۳۵	۱/۳۱	۱۲۸	۳/۴۰۲	۱۳۱۵۲۴	۹۲۴۰۷
وانان	۱۳۶۸	۱۰/۲۲	۱/۷۲	۱۹۶	۴/۳۳۴	۱۷۹۸۸۰	۱۱۸۰۳۷
گهرباران	۱۳۶۷	۷/۷۵	۰/۵۷	۴۳۴	۷/۷۶۰	۲۱۳۲۶۳	۱۷۶۰۲۸
قطارقاش	۱۳۶۶	۷/۱۵	۱/۱۲	۱۱۶	۱/۸۵	۵۶۴۵۰	۳۸۱۰۸

* کلیهٔ سدها دارای سرریز اضطراری و لولهٔ آبگیر هستند.

(۱) ظرفیت مخزن تا تراز تاج سد.

(۲) ظرفیت مخزن تا تراز کف سرریز.

[۴] $$T_e = ۱۰۰ \left(\frac{Q_{sm}}{Q_s} \right)$$

که در آن :

T_e = بازده تله‌اندازی رسوب (درصد)

Q_{sm} = حجم رسوبات سالانه ته‌نشین شده در مخزن سد (متر مکعب در کیلومتر مربع در سال)

Q_s = رسوب ویژه تخمینی که وارد مخزن سد می‌شود (متر مکعب در کیلومتر مربع در سال)

همان طور که قبلاً بیان گردید، مخازن مورد مطالعه دارای

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

جدول ۴ - نتایج حاصل از ارزیابی عوامل نه گانه مدل پسیاک و محاسبهٔ رسوب ویژه

نام حوزه	مساحت حوزه آبریز (Km^2)	زمین شناسی سطحی (۱)	خاک (۲)	آب و هوا (۳)	رواناب (۴)	پستی و بلندی (۵)	پوشش زمین (۶)	کاربری زمین (۷)	فرسایش سطحی (۸)	فرسایش کناره‌ای و رودخانه‌ای (۹)	درجهٔ رسوب دهی R (۱+...+ ۹)	رسوب ویژه Q_s ($m^3/Km^2/y$)	کلاس فرسایش
هرچگان	۳۸/۹۸	۴/۸۵	۲/۵	۴/۳۴	۷/۲۴	۱۰/۳۲	۰/۳۶	۱۴/۹	۱۰/۲۵	۱۰/۰۲	۶۴/۶۹	۳۹۲/۹۰	متوسط
چهار بازار	۱۹/۰۸	۶/۰	۳/۳	۴/۲۸	۶/۴۰	۵/۲۱	۳/۵	۱۰/۹۶	۱۱/۲۵	۶/۶۸	۵۷/۵۸	۳۰۴/۶۰	متوسط
تومانک	۱۷/۴۲	۳/۶۷	۲/۶	۴/۲۴	۸/۷۳	۸/۰۹	۷/۳۸	۱۳/۵	۱۰/۵	۱۱/۶۹	۷۰/۴	۴۸۲/۰۱	نسبتاً زیاد
سرتشنیز	۱۰/۶۰۸	۵/۰۵	۴/۵	۴/۲۸	۹/۶۹	۸/۴۲	۵/۷	۱۱/۹۵	۱۲/۷۵	۸/۳۵	۷۰/۶۹	۴۸۷/۰۴	نسبتاً زیاد
مصطفی آباد	۹/۳۱۴	۴/۹	۴/۱۶	۴/۳۴	۹/۲۵	۱۰/۱	۸/۷	۱۴/۴	۱۸/۲۵	۱۶/۷	۹۰/۸	۱۰۰۰/۵۳	زیاد
سیاسرد	۶/۰۵۲	۵/۵	۳/۳	۴/۲۸	۱۱/۸۵	۱۰/۲	۲/۸۹	۱۲/۴۷	۱۵/۰	۱۰/۰۲	۷۵/۵۱	۵۷۸/۷۷	نسبتاً زیاد
مرغملک	۳/۸۵۲	۴/۸۷	۳/۳	۴/۳۴	۱۳/۱۲	۹/۶	۰/۲۷	۹/۱	۵/۷۵	۱/۶۷	۵۲/۰۲	۲۴۹/۶۳	نسبتاًمتوسط
هارونی	۳/۱۵۶	۵/۵۵	۲/۸	۴/۳۴	۱۰/۹۹	۱۰/۲	۴/۱۹	۱۳/۲۲	۱۱/۵	۳/۳۴	۶۶/۱۳	۴۱۳/۶۸	متوسط
درازنو	۲/۷۶	۵/۵	۳/۱۶	۴/۲۸	۱۱/۹۰	۷/۸	۲/۰۹	۱۷/۵۹	۱۱/۲۵	۳/۳۴	۶۶/۹۱	۴۲۵/۴۰	متوسط
زانیونی	۲/۴۴	۶/۰	۳/۳	۴/۳۴	۱۱/۲۴	۷/۹۵	۶/۰۵	۱۳/۶۵	۱۶/۵	۱۱/۶۹	۸۰/۷۲	۶۹۷/۴۴	نسبتاً زیاد
واناں	۲/۲۰۲	۶/۰	۳/۱۶	۴/۳۴	۱۳/۲۸	۷/۶۹	۲/۴۳	۱۵/۴	۱۰/۷۵	۵/۰۱	۶۸/۰۶	۴۴۳/۲۸	متوسط
گهرباران	۲/۱۶۶	۵/۱	۳/۰	۴/۳۴	۱۱/۸۴	۶/۸۳	۶/۱۸	۱۵/۴۸	۲۱/۲۵	۲۰/۰۴	۹۴/۰۶	۱۱۲۴/۳۹	زیاد
قطارقاش	۲/۰۳۶	۶/۰	۴/۶	۴/۳۴	۱۳/۵۴	۶/۶۷	۳/۳۳	۱۱/۵۳	۱۲/۲۵	۸/۳۵	۷۰/۶۱	۴۸۵/۶۵	متوسط

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

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

نام مخزن	سال شروع بهره برداری	دورهٔ بهره برداری + (سال)	حداکثر عمق رسوب ++ (متر)	حجم رسوبات‌در مخزن* (m^3)	حجم رسوبات در مخزن ** (m^3)
هرچگان	۱۳۶۶	۷	۰/۹۵۵	۲۳۳۴۶	۲۳۳۴۶
چهار بازار	۱۳۶۸	۵	۰/۹۳	۱۰۲۲۳	۱۳۴۸۳
تومانک	۱۳۶۸	۵	۱/۰۵	۸۹۱۰	۱۰۵۷۶
سرتشنیز	۱۳۶۸	۵	۱/۰۳	۸۹۰۹	۸۹۰۹
مصطفی آباد	۱۳۶۵	۸	۱/۵۱	۱۰۳۴۲	۹۳۰۲
سیاسرد	۱۳۶۶	۷	۲/۱۰	۲۶۴۰	۲۵۴۸
مرغملک	۱۳۶۷	۶	۰/۲۸	۶۹۱	۱۵۰۴
هارونی	۱۳۶۸	۵	۰/۸۴	۵۳۵۳	۴۲۶۲
درازنو	۱۳۶۷	۶	۰/۲۹	۱۹۰۳	۳۶۵۶
زانیونی	۱۳۶۶	۷	۱/۰۶	۵۶۲۹	۴۸۸۳
وانان	۱۳۶۸	۵	۰/۶۴	۳۰۹۰	۳۰۹۰
گهرباران	۱۳۶۷	۶	۱/۷۰	۱۰۰۷۵	۱۰۰۷۵
قطارقاش	۱۳۶۶	۷	۱/۱۶	۴۵۷۵	۲۸۵۸

\+ از سال شروع بهره‌برداری تا تابستان ۱۳۷۳.

\+ + تفاوت رقوم ارتفاعی مخزن درگودترین قسمت (به دست آمده از نقشه‌های اولیه و ثانویه)

* حجم رسوبات در دورهٔ بهره‌برداری با توجه به روش حجم - ارتفاع.

** حجم رسوبات در دورهٔ بهره‌برداری با توجه به روش عمق متوسط رسوب.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

جدول ۶ - محاسبهٔ راندمان تله‌اندازی مخازن براساس نتایج مدل پسیاک و نقشه برداری مخازن

نام مخزن	مساحت حوزه (Km^2)	حجم رسوبات سالانه ($m^3/Km^2/y$)	رسوب ویژه Q_s ($m^3/Km^2/y$)	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	۱۰۰۰/۵۳	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	۶۵/۳
درازنو	۲/۷۶	۲۲۰/۷۷	۴۲۵/۴۰	۵۱/۹
زانیونی	۲/۴۴	۲۸۵/۸۹	۶۹۷/۴۴	۴۱
واتان	۲/۲۰۲	۲۸۰/۶۵	۴۴۳/۲۸	۶۳/۳
گهرباران	۲/۱۶۶	۷۷۵/۲۴	۱۱۲۴/۳۹	۶۸/۹
قطارقاش	۲/۰۳۶	۲۰۰/۵۳	۴۸۵/۶۵	۴۱/۳

* ۱۰۰ × (رسوب ویژه) / (حجم رسوبات سالانه) = بازده تله اندازی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

دریچه‌های عمقی و تخلیه رسوب نبوده و نیز سیلاب خروجی از آنها توسط سرریزهای اضطراری غیرقابل تنظیم است و بدون هیچ کنترلی خارج می‌شود. در نتیجه، عناصر مربوط به مخزن که بر بازده تله‌اندازی رسوب مخازن مورد مطالعه اثر می‌گذارند، حجم و شکل مخزن است. برای بیان اثر عوامل مربوط به حوزه و مخزن بر بازده تله‌اندازی رسوب در مخزن، می‌توان معادله کلی زیر را بسط داد:

$$T_e = f\left(\frac{C}{I}, \frac{L}{B}\right) \qquad [۵]$$

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 نرم‌افزار آماری استات‌گراف[1] استفاده شد و معادله‌های زیر به دست آمد:

$$T_e = ۱۰۰ \left(\frac{C}{I}\right)^{۰/۶۸۶۲} \left(\frac{L}{B}\right)^{۰/۲۱۴} \qquad [۶]$$

$$T_e = ۱۰۰ \left[۱ - \frac{۱}{۱ + ۱۰۰(C/I)(L/B)}\right]^{۳۵/۳۸۲۷} \qquad [۷]$$

$$T_e = ۱۰۰ \left[۱ - \frac{۱}{۱ + ۱۰۰(C/I)}\right]^{۷/۱۶۳} \qquad [۸]$$

معادلهٔ [۶] دارای ضریب تبیین[2] بسیار خوبی بوده (R^2_{adj}=۰/۹۴۸۲) و از لحاظ آماری رضایتبخش است اما از لحاظ فیزیکی معنی‌دار نیست زیرا اگر نسبتهای C/I و L/B بیشتر از یک شوند بازده تله‌اندازی بیشتر از ۱۰۰ درصد خواهد شد.

معادله [۷] در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و دارای ضریب تبیین ۰/۸۲۴ است. این مدل از لحاظ فیزیکی نیز معنی‌دار بوده و به خوبی روابط بین عناصر موثر در بازده تله‌اندازی رسوب در سدهای مورد مطالعه را تفسیر می‌کند. شکل ۲ رابطه حاکم بر عناصر این معادله را به صورت ترسیمی و در مقایسه با منحنی برون نشان می‌دهد. همان طور که از این شکل پیداست، منحنی‌های به دست آمده از این معادله، در زیر منحنی برون واقع شده‌اند، یعنی در یک $\frac{L}{B}$ و $\frac{C}{I}$ یکسان، بازده تله‌اندازی رسوب درمخزن 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 ته‌نشین شدن خواهند داشت. همچنین در شکل ۲ دیده می‌شود 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 معنی‌دار 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 می‌گیرد (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 می‌کند، انتخاب شده و

1- Statgraphics

2- Adjusted coefficient of determination

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

جدول ۷ - محاسبه ضریب شکل مخازن سدهای مورد مطالعه

نام مخزن	ظرفیت(۱) C (m^3)	طول L (m)	عمق متوسط(۲) H (m)	$B=\frac{C}{LH}$(۳) (m)	S_f(۴)	رواناب ورودی سالانه I(۵) (Mm^3)
هرچگان	۴۱۱۱۳۲	۶۶۸	۱۰/۳۵	۵۹/۴۶	۱۱/۲۳	۹/۱۵۲۸
چهار بازار	۱۱۰۶۹۵	۲۰۵	۳/۷۶	۱۴۳/۶۱	۱/۴۳	۳/۴۳۹۴
تومانک	۹۰۴۶۱۰	۴۲۰	۱۳/۳۲	۱۶۱/۷۰	۲/۶۰	۳/۷۷۷۴
سرتشنیز	۲۶۰۰۷۶	۳۴۰	۷/۰۹	۱۰۷/۸۹	۳/۱۵	۱/۷۰۲۸
مصطفی آباد	۱۱۸۵۲۴	۲۱۴	۵/۶۴	۹۸/۲۰	۲/۱۸	۲/۰۵۱۴
سیاسرد	۲۲۳۸۷	۲۳۰	۵/۹۴	۱۶/۳۸	۱۴/۰۴	۱/۲۴۴۱
مرغملک	۹۱۰۱۸	۲۲۰	۵/۱۷	۸۰/۰۲	۲/۷۵	۰/۸۸۵۸
هارونی	۱۴۹۳۴۱	۳۵۰	۶/۶۷	۶۳/۹۷	۵/۴۷	۰/۶۵۵۷
درازنو	۱۷۴۲۳۳	۲۶۳	۴/۹۲	۱۳۴/۶۵	۱/۹۵	۰/۵۹۶۵
زانیونی	۹۲۴۰۷	۲۵۰	۵/۹۶	۶۲/۰۲	۴/۰۳	۰/۴۶۹۶
وانان	۱۱۸۰۳۷	۱۶۰	۶/۴۶	۱۱۴/۲۰	۱/۴۰	۰/۴۴۰۲
گهرباران	۱۷۶۰۲۸	۲۳۰	۵/۶۷	۱۳۴/۹۸	۱/۷۰	۰/۳۸۱۲
قطارقاش	۳۸۱۰۸	۱۳۶	۴/۴۹	۶۲/۴۱	۲/۱۸	۰/۳۵۲۳

۱ - ظرفیت اولیه مخزن تا رقوم کف سر زیر.

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

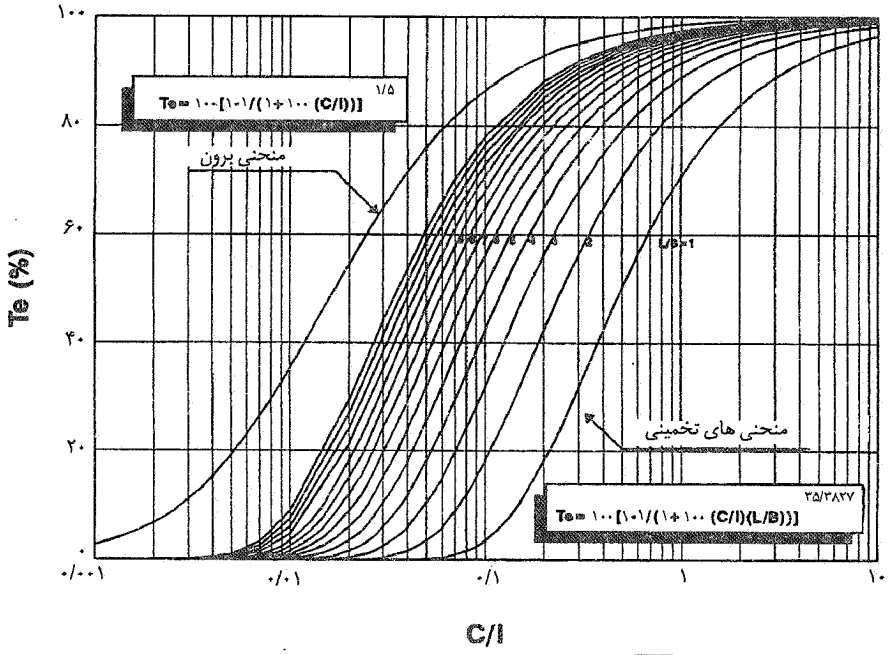
۳ - سطح مقطع متوسط جریان در مخزن .

۴ - عرض متوسط جریان در مخزن .

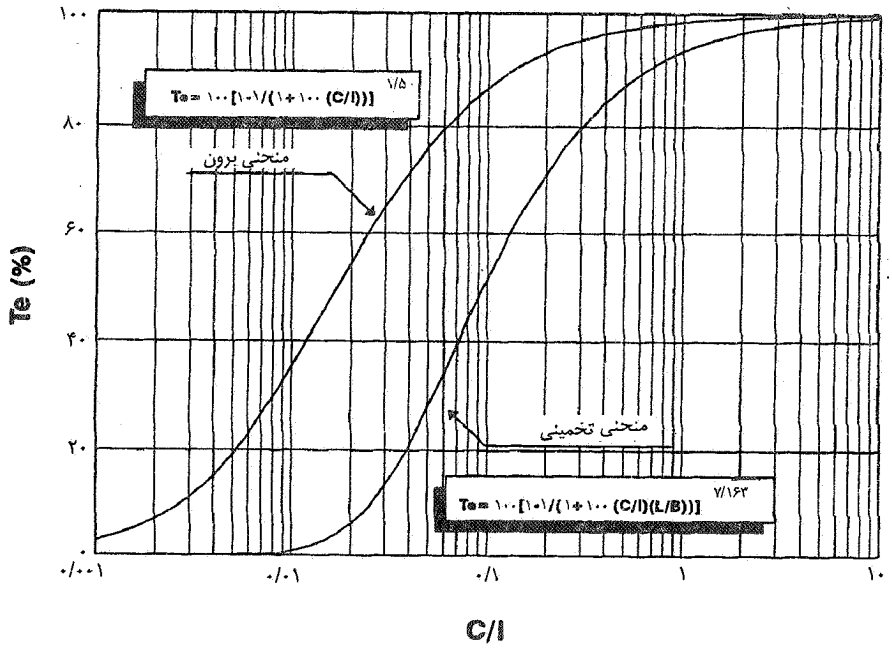
۵ - حجم رواناب ورودی سالانه که براساس مقدار بارندگی در دورهٔ بهره‌برداری از سدها و ضریب رواناب محاسبه شده است (میلیون مترمکعب) (۶).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]



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



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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

پیشنهاد 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.

سپاسگزاری

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

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 هیدورلوژی ایران، ۲۳-۲۰ خرداد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ص ۶۹۱ تا ۷۰۶.

۲- باقرزاده کریمی، م. ۱۳۷۲. بررسی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و کاربرد تصاویرماهواره‌ای 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، مجله‌منابع طبیعی ایران، شماره ۴۳، ص ۲۷ تا ۴۴.

۴- جلالیان، ا. ، ا. محمدی قهساره 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، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۶- صمدی بروجنی، ح. ۱۳۷۴. ارزیابی رسوبگذاری در مخازن سدهای کوچک منطقه چهارمحال و بَختیاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۱ صفحه.

۷- طهماسبی‌پور، ن.، م. نجفی دیسفانی و م. مهدوی. ۱۳۷۴. کاربرد و ارزیابی مدل جدید پسیاک برای تهیه نقشه حوزه آبخیز جاجرود (لوارک) با استفاده از تکنیک های 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 دز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۹- کیا، ع. و ن. بزازیه. ۱۳۶۹. طراحی سازه‌های آبی، انتشارات نویسندگان ، 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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

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,

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]

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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.7.1]