



برآورد میزان تولید رسوب رودخانه‌ی جاجرود در بالا دست سدّ لتیان با استفاده از رگرسیون چند متغیره

فائزه بوربوری^{۱*}، فرخ الله فیاضی^۱، ممد نفعی^۱، علی‌اکبر متکان^۲

(۱) گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران

(۲) گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

(* عهده دار مکاتبات)

چکیده

در این تحقیق با هدف برآورد میزان رسوب دهی رودخانه‌ی جاجرود در بالادست سدّ لتیان، از روش رگرسیون چند متغیره استفاده شده است. بدین منظور ضمن شناسایی مهمترین عوامل فیزیوگرافی مؤثر در تولید سیلاب، با ورود این فاکتورها به مدل رگرسیونی، معادله‌ی دبی سیلاب و سپس معادله‌های دبی- رسوب برای هر زیرحوضه به دست آمد. با بررسی این معادلات و قرار دادن پارامترهای مورد نظر در آنها حداکثر دبی‌های سیلابی برای زیرحوضه‌ها محاسبه و با کمک این معادلات راه حل‌های مناسبی برای پیش‌بینی دبی سیلابی و بار رسوبی حمل شده ارائه گردید. همچنین برای دوره‌های درازمدت زیرحوضه‌ها (امامه، کند و افجه) حداکثر دبی بار رسوبی حمل شده به دست آمد. نتایج به دست آمده نشان داد که زیرحوضه‌ی آهار به دلیل داشتن طولانی‌ترین زمان تمرکز، کشیدگی زیاد، شیب ملایم و تراکم پایین کمترین توان تولید رسوب را داشته و نسبت به سایر زیر حوضه‌ها نیاز کمتری به عملیات حفاظت خاک را دارد. همچنین بیشترین توان تولید رسوب مربوط به زیرحوضه‌ی امامه می‌باشد که مقدار رسوب تولید شده‌ی آن به ۷۸۵۳ تن در روز می‌رسد. از جمله عوامل مؤثر بر این امر، شیب و طول حوضه، زمان تمرکز پائین و تراکم بالای آن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تولید رسوب، رودخانه‌ی جاجرود، سدّ لتیان، رگرسیون چند متغیره

۱- مقدمه

زمینه‌های مرتبط به‌ویژه مسائل رسوب‌شناسی باید انجام گیرد. به خصوص در شرایط کنونی مسأله‌ی رسوبات در پشت دریاچه‌های تحتانی سدّ لتیان با توجه به عمر مفید ۱۱۰ ساله‌ی آن نمودی هشداردهنده دارد.

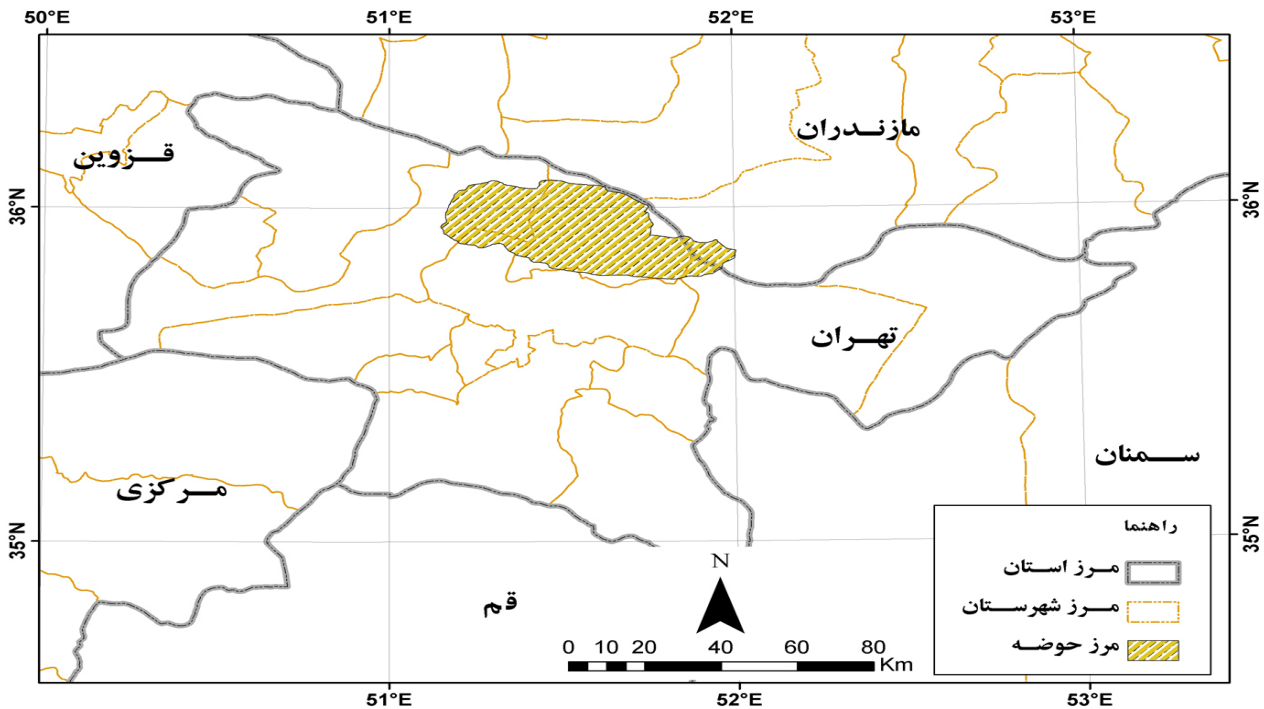
از سویی با توجه به کاهش بارندگی در سال‌های اخیر و رشد فزاینده-ی جمعیت شهر تهران و همچنین حمل رسوبات به دریاچه‌ی سد که سبب کاهش ظرفیت ذخیره‌ی آن می‌شود، مطالعه‌ی میزان حمل رسوب به داخل سدّ لتیان از اهمیت خاصی برخوردار است (تصویر ۱).

۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات ممدوده‌ی مورد مطالعه

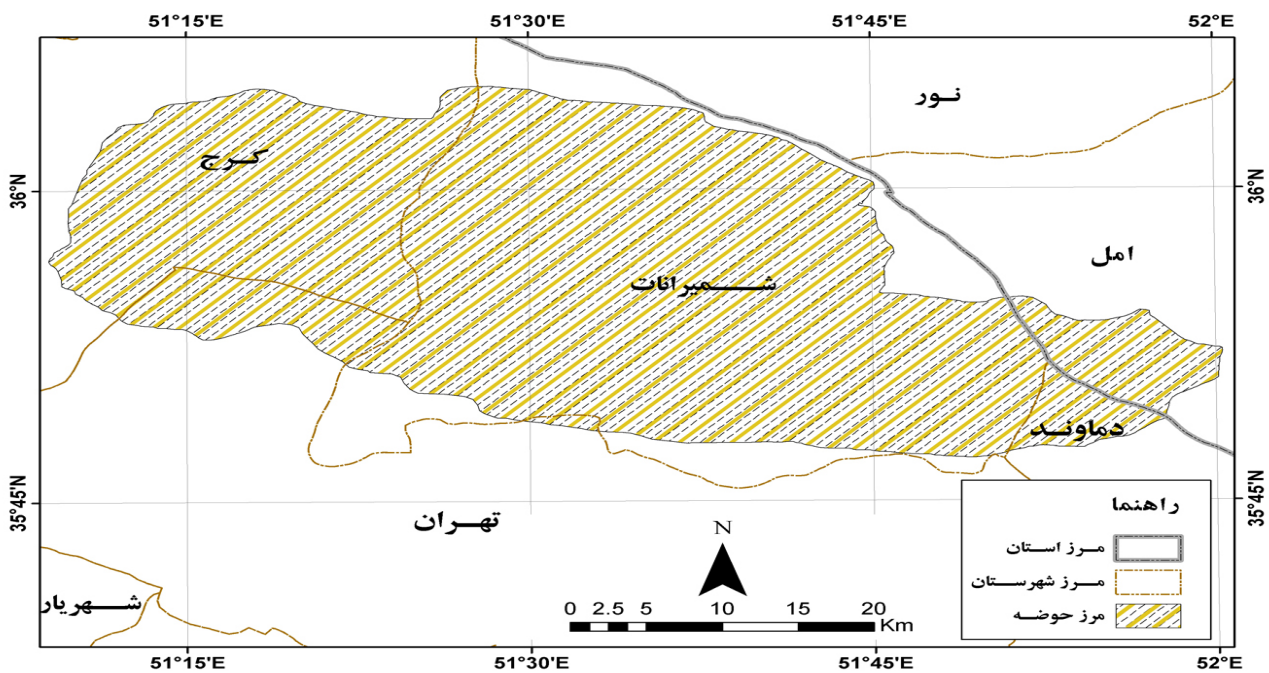
حوضه‌ی آبریز جاجرود تا سدّ لتیان، به مختصات جغرافیایی ۲۲° ۵۱' تا ۵۱° ۵۱' طول شمالی و ۴۵° ۳۵' تا ۳۶° ۵۱' عرض شرقی، ۷۱۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. این حوضه از سمت شمال و غرب به حوضه‌ی آبریز کرج، از سمت شمال شرق به حوضه‌ی آبریز لار، از سمت جنوب به حوضه‌ی آبریز ایوانکی و از سمت جنوب غرب به حوضه‌ی سولقان محدود می‌گردد (تصویر ۲).

فرآیند فرسایش نتیجه‌ی تأثیر مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی می‌باشد که بر حسب شرایط خاص هر منطقه، یک یا چندین عامل به عنوان عوامل اصلی عمل می‌کنند. شناخت این عوامل تأثیر مهمی در اعمال مدیریت، برنامه‌ریزی و کنترل فرسایش دارد. امروزه با از بین رفتن جنگل‌ها، گسترش شهرها و احداث بزرگراه‌ها، فرسایش خاک و رسوبدهی، مورد توجه متخصصین قرار گرفته است. به‌ویژه در حوضه‌ی آبریزی که دارای سازه‌های آبی است یا اینکه طرح احداث این سازه‌ها مورد نظر می‌باشد، ضرورت دارد قبل از احداث چنین سازه‌هایی مطالعات دقیقی از نظر رسوب‌شناسی، میزان رسوبدهی سازندها و آبخیزداری منطقه صورت گیرد تا با ضریب اطمینان بیشتری مبادرت به ساخت این‌گونه سازه‌ها بر روی رودخانه‌ها گردد.

احداث سدّ لتیان در سال ۱۳۴۲ آغاز شد و در سال ۱۳۴۶ مورد بهره‌برداری قرار گرفت (گزارش وزارت نیرو ۱۳۵۴). این سد جهت تأمین قسمتی از آب شرب شهر تهران و آب کشاورزی منطقه‌ی ورامین روی رودخانه‌های جاجرود و لوارک در محلّ لتیان احداث شده است. به همین دلیل مطالعات دقیق تر و فشرده‌تری در کلیه‌ی



تصویر ۱- موقعیت حوضه نسبت به استان‌های اطراف (نقشه‌ی تقسیمات کشوری مرکز آمار ایران، نقشه‌ی حوضه بندی کشور، مرکز تحقیقات منابع آب ایران (تماب))



تصویر ۲- مرز حوضه‌ی جاجرود (نقشه‌ی حوضه بندی کشور، مرکز تحقیقات منابع آب ایران (تماب))

مکعب بر ثانیه در شهریور ماه و حداکثر آن $208/6$ متر مکعب بر ثانیه در اردیبهشت‌ماه است (وزارت نیرو ۱۳۶۱). میانگین بارندگی این محدوده ۵۰۰ میلی متر، که در بخش‌های بالادست و پائین دست حوضه بین ۴۱۸ تا ۷۰۰ میلی متر در سال متغیر است (وزارت نیرو ۱۳۶۳). خصوصیات فیزیوگرافی زیر حوضه‌ها مانند

(تصویر ۲) و متشکل از ۷ زیر حوضه به نام‌های لوارک، افجه، کند، امامه، فشم، میگون و آهار است (مهرپویان ۱۳۷۹). همچنین رودخانه‌ی جاجرود در شمال شرق تهران با روند شمال غربی- جنوب شرقی جریان داشته و به دریاچه‌ی سد لتیان می‌ریزد. شیب متوسط آن در حدود ۰.۴٪ و حداقل دبی متوسط سالیانه‌ی آن $119/7$ متر

مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، شکل و ... مورد مطالعه قرار گرفته که خلاصه‌ی این خصوصیات در جدول ۱ آمده است. نتایج حاصل از بررسی زیر حوضه‌ها از لحاظ خصوصیات فیزیوگرافی را می‌توان به شرح جدول ۲ خلاصه نمود.

جدول ۱- خلاصه‌ای از خصوصیات زیرحوضه‌ها

شماره	نام زیرحوضه	L (km) طول حوضه	تراکم D: زهکشی	شیب S (%)	زمان تمرکز Th (h)	ضریب گراویلیوس C _c	P محیط به (km)	A مساحت به (km ²)	رتبه
۱	گرمابدره (فشم)	۲۰	۲/۳۲	۱۰	۲۲	۱/۳۷	۶۵	۱۷۴۳/۳	۵
۲	آهار	۱۸	۱/۸۳	۶/۵	۳۲	۱/۱۹	۴۷	۱۲۰/۸	۴
۳	میگون	۱۷	۱/۹	۱۰/۵	۲۸	۱/۰۱	۴۰	۱۲۲/۰	۴
۴	لوارک	۱۵	۲/۱۰	۶/۶	۱۹	۱/۵۲	۵۶	۱۰۶/۰	۴
۵	امامه	۱۴	۰/۸۳	۱۲/۴	۱۷	۰/۸۱	۲۹/۵	۳۷/۲	۴
۶	کند	۱۴	۱/۳۹	۸/۳	۱۸	۱/۰۳	۳۵	۹۳/۳۵	۵
۷	افچه	۱۳	۰/۷۴	۹/۲	۱۵	۱/۴۵	۳۳	۴۰/۶	۵

جدول ۲- مقایسه‌ی زیر حوضه‌های بررسی شده از نظر پارامترهای فیزیوگرافی آن‌ها

شماره	نام زیرحوضه	S (درصد)	تراکم بالا	D	نام زیر حوضه	C	شیب خیلی زیاد توان فرسایشی و رسوبدهی بالا
۱	امامه	۱۲/۴	↑	۲/۳۲	امامه	۰/۸۱	↑
۲	میگون	۱۰/۵	↑	۲/۱۰	میگون	۱/۰۱	↑
۳	فشم	۱۰	↑	۱/۸۳	آهار	۱/۱۹	↑
۴	افچه	۹/۲	↑	۱/۹	کند	۱/۲۳	↑
۵	کند	۸/۳	↑	۱/۳۹	فشم	۱/۳۷	↑
۶	لوارک	۶/۶	↑	۰/۸۳	افچه	۱/۴۵	↑
۷	آهار	۶/۵	↑	۰/۷۴	لوارک	۱/۵۲	↑

۳- مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ابتدا برای آشنایی کلی با وضعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه، بازدید صحرایی انجام گرفت. سپس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (تصویر ۳)، مرز حوضه‌ی آبریز جاجرود و زیرحوضه‌ها تعیین و با کمک نرم افزار اتوکد، نقشه‌ی شبکه‌ی زهکشی ترسیم گردیده و اطلاعات هیدرولوژی و خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها به دست آمد. سپس زیر حوضه‌ها از لحاظ خصوصیات فیزیوگرافی مقایسه و با استفاده از نتایج به دست آمده آسیب پذیرترین زیرحوضه به لحاظ فرسایش مشخص گردید. خصوصیات فیزیوگرافی حوضه، شامل مجموعه پارامترهای فیزیکی می‌شود که در طول زمان برای هر حوضه نسبتاً ثابت است و یا حداقل روند تغییرات ضعیفی دارد و نشان دهنده‌ی وضعیت ظاهری حوضه است (علیزاده ۱۳۷۶). ویژگی‌های فیزیکی حوضه بر روی رواناب، شدت و کمیت دبی سیلابی و بیلان آبی حوضه تأثیر فراوانی دارند. با توجه به ثبات این ویژگی‌ها و ارتباطی که بین آنها و دبی‌های سیلابی وجود دارد می‌توان از آن‌ها در ارائه‌ی مدل‌های تخمین و برآورد دبی‌های مختلف سیلابی استفاده نمود (با عقیده ۱۳۸۰).

۳-۱- مدل آماری

یکی از روش‌های مستقیم برآورد دبی‌های سیلابی استفاده از مدل

رگرسیون چند متغیره است. پیش‌بینی متغیرهای وابسته و آزمون فرض‌های تحقیق اهداف اصلی تحلیل رگرسیون چند متغیره را تشکیل می‌دهد.

شکل کلی این مدل به این صورت می‌باشد:

$$Y = a + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n + e \quad (1)$$

که در آن رابطه،

Y، متغیر وابسته است که در اینجا دبی سیلابی،

a، عدد ثابت مدل،

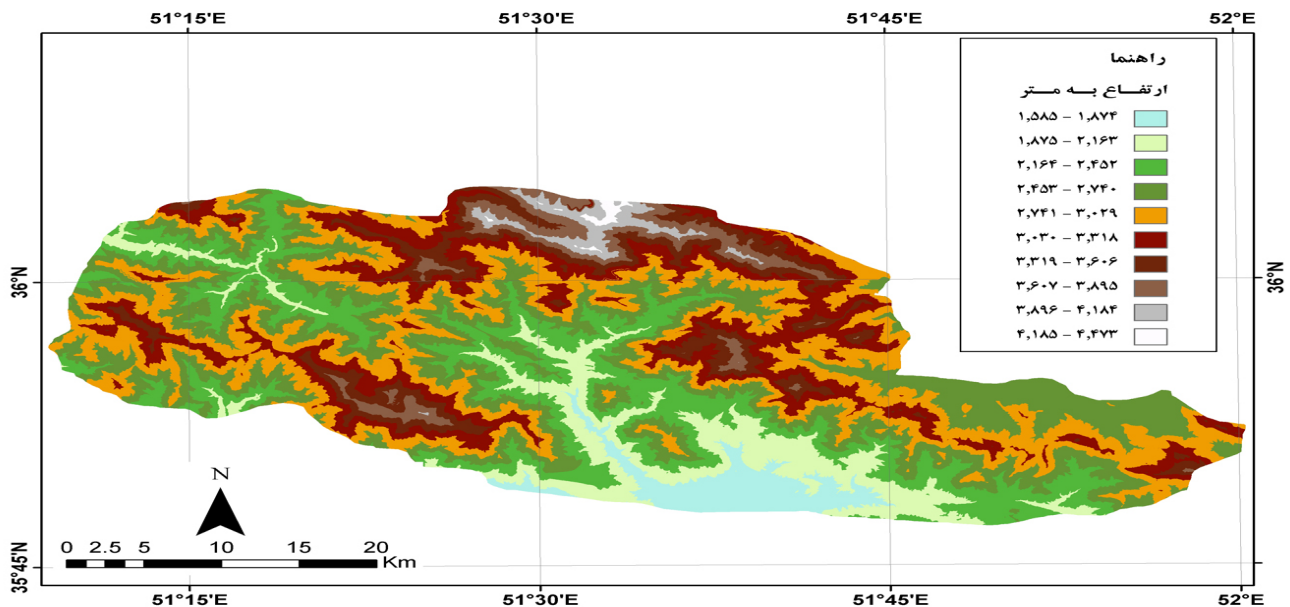
(X₁, X₂, ..., X_n)، متغیرهای مستقل هستند که می‌توانند همان

خصوصیات و پارامترهای فیزیوگرافی باشند،

(B₁, B₂, ..., B_n)، ضریب مربوط به هر یک از متغیرهای مستقل

هستند که این ضرایب در جدول ۳ آمده است، و E، نشان دهنده‌ی خطای مدل رگرسیون است (کرلینجر ۱۹۷۳).

قبل از ورود داده به مدل رگرسیون با استفاده از نرم افزار پلی آنالیست (polyanalyst) از بین ۲۹ خصوصیت فیزیوگرافی، فاکتورهای ضریب شکل، ضریب تراکم، زمان تمرکز، مساحت حوضه، مجموع طول آبراهه‌ها و طول آبراهه‌ی درجه یک در پیش‌بینی دبی سیلابی از بیشترین اهمیت برخوردار هستند. در این نوشتار از روش ایتتر (Enter) استفاده شده، به طوری که تمام متغیرها با هم به مدل وارد شده است



تصویر ۳- طبقات ارتفاعی (نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ ، سازمان نقشه برداری ایران)

با کمک نتایج به دست آمده، مدل نهائی رگرسیون ساخته شد و در آن از بین ۲۹ متغیر مستقل (خصوصیات فیزیوگرافی) از ۶ متغیر استفاده شده است. بدین ترتیب متغیر پاسخ یا وابسته (Y) دبی سیلابی حاصل گردید (رابطه ۲).

در این مدل Q_w دبی سیلابی، عدد $0/598$ - ضریب ثابت مدل (a)، $1/438$ فاکتور ضریب تراکم حوضه ($C_c = x11$)، $3/172$ - فاکتور ضریب شکل حوضه $F_0 = x12$ ، $1/284$ فاکتور ضریب زمان تمرکز $(Th = x16)$ ، $0/119$ فاکتور مساحت حوضه ($A = x21$)، $0/163$ فاکتور مجموع طول آبراهه‌ها ($Totalab = x25$)، $0/695$ - فاکتور طول آبراهه‌ی درجه یک ($Total L11 = x29$) می‌باشند (بوربوری ۱۳۸۲).

$$Q_w = 0/598 \times 1/438 C_c - 3/172 F_0 \times 1/284 \times TH +$$

$$0/119 A + 0/163 - 0/695 L1$$

۳-۲- مدل سیلابی

برای تعیین نوع ارتباط عناصر فیزیوگرافی حوضه‌ی آبریز جاجرود بر اساس رابطه‌ی ۲، مدل سیلابی بر اساس رابطه‌ی ۳ محاسبه شد.

$$Q_w = a + B_1 C^{(x11)} + B_2 F_0 (X_{12}) + B_3 T (X_{15}) + B_4 A (X_{21}) + B_5 L (X_{24}) + B_6 L1 (X_{28})$$

در رابطه مذکور

Q_w ، دبی سیلابی،

C، ضریب تراکم،

F، ضریب شکل،

A، مساحت،

L، طول کل آبراهه‌ها،

L1 طول آبراهه درجه یک،

a، ضریب ثابت، و

B_1 تا B_6 ، ضرایب معادله رگرسیون چند متغیره می‌باشند.

۳-۳- مدل رسوبی

بر طبق داده‌های همزمان دبی و رسوب در ۵ ایستگاه هیدرومتری دارای آمار رسوب معادله دبی- رسوب برای طول دوره آماری (۷۲-۱۳۴۶) به صورت رابطه‌ی ۴ تنظیم شده است.

برای رودخانه‌ی جاجرود

$$Q_s = a Q_w^b \quad (4)$$

در رابطه‌ی مذکور

Q_s ، دبی رسوب به تن در روز و

Q_w ، نیز دبی سیلاب به متر مکعب در ثانیه می‌باشد.

۳-۴- ترکیب مدل دبی- رسوب (مدل نهایی)

برای بررسی تأثیر توأم عناصر مورفومتریک بر سیلاب و رسوب از ترکیب روابط (۳) و (۴) معادله‌ی نهایی به صورت رابطه‌ی (۵) به دست آمده است.

$$(5)$$

$$Q_F = 0/0001899 [(a + B_1 C + B_2 F + B_3 T + B_4 A + B_5 L + B_6 L)]^{4/52}$$

جدول ۳- مشخصات فیزیوگرافی زیر حوضه‌های محدوده‌ی مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	متوسط باران	دبی سیلابی	دبی سیلابی ویژه	ضریب ضریب	ضریب تراکم	بیشترین ارتفاع	کمترین ارتفاع	ارتفاع ۲۵ درصد	ارتفاع ۵۰ درصد	ارتفاع ۷۵ درصد	شیب	نسبت شیب	متوسط شیب حوضه	اختلاف ارتفاع	فراوانی ماکزیمم
۱	قشم	۷۸/۸	۱۴۱/۸	۵۵/۰	۳۳/۰	۸۸/۱	۳۹۰	۱۹۶۰	۲۹۰۰	۷۸	۶۸	۵	-۱/۱	۲۸	۲۰۹۰	۳۵۰۰
۲	آهار	۷۸/۸	۱۰۸/۸	۶۰/۰	۷۶/۸	۹۱/۱	۳۷۰	۱۹۶۰	۲۹۶۴	۷۸	۲۲۵۷	۶	-۱/۱	۲۶	۱۹۹۷	۲۷۵۰
۳	میگون	۳۰	۸۰/۷۸	۶۸/۰	۲۳/۰	۱۰/۱	۳۵۰	۷۶۱	۲۵۰۰	۳۱۰	۳۷۰۰	۵/۱۰	-۱/۱	۲۵	۲۲۲۰	۲۷۵۰
۴	لوزک	۳۱/۴	۷۳/۶	۷۰/۰	۸۳/۰	۲۵/۱	۳۶۶	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۵۹۲	۳۰۰۰	۶/۶	-۱/۱	۲۵	۱۶۶۶	۲۲۵۰
۵	امامه	۳۰/۰/۴	۷۰/۹۲	۱۷۸/۵۰	۶۸/۰	۷۷/۰	۳۳۵	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۲۲۰	۳۴۰۰	۳/۱۱	-۱/۱	۳۲	۲۰۹۲	۲۱۰۰
۶	کند	۲/۹۲۵	۸۱/۴۳	۸۶/۰	۳۸/۰	۸۰/۱	۲۹۸	۱۰۰۰	۵۸۷۱	۲۰۰۰	۶۵۰۰	۸/۷	-۱/۱	۷۸	۲۲۲۲	۲۲۵۰
۷	افچه	۵۸/۳	۳۳/۷۸	۸۰/۰	۳۴/۰	۵۳/۱	۵۸۶	۱۰۰۰	۲۶۰	۱۶۱۸	۱۸۷۱	۲/۶	-۱/۱	۲۴	۲۱۱۳	۲۵۰

توضیح: واحدهای مورد محاسبه: طولها به کیلومتر، تراکم زهکشی به کیلومتر در کیلومتر مربع، مساحت به کیلومتر مربع، محیط به کیلومتر، ارتفاع به متر

ردیف	ایستگاه	تعداد آبراهه درجه ۱	طول آبراهه درجه ۱	میانگین طول آبراهه‌ها	تعداد کل آبراهه‌ها	طول آبراهه اصلی	طول آبراهه‌ها	فراوانی آبراهه درجه ۱	فراوانی آبراهه‌ها	تراکم زهکشی	مساحت حوضه	محیط حوضه	طول حوضه مستطیل معادل	عرض مستطیل	زمان تمرکز
۱	قشم	۶۶۱	۳۶۴	۶۳/۱	۲۸۱	۵/۱۱	۴۰۶	۶۷۷/۰	۰/۶۲۹	۲/۳۲	۱۷۴۳	۵۶	۲۰	۷۱	۲۲
۲	آهار	۱۰۳	۱۵۴	۱۶۲/۱	۳۳	۱۷/۵	۲۲۱/۵	۱/۱۷۲	۰/۸۷۷	۱/۸۳	۱۲۰/۷	۴۷	۷۱	۷۱	۳۲
۳	میگون	۱۷	۱۴۱	۳/۷۸	۷۰۱	۷۱	۳۳۲	۰/۶۶۳	۶/۱	۹/۱	۲۲۱	۴۰	۸۱	۴۱	۷۸
۴	لوزک	۱۰۴	۳۳۱	۷۵/۱	۱۳۱	۵/۱۱	۲۳۳/۵	۱/۱۰۱	۱۵/۰	۲/۱۰	۶۰۱	۶۵	۵۱	۵۱	۹۱
۵	امامه	۱۱	۶۱	۳۷/۱	۸۱	۱۳/۵	۳۱/۵	۳/۳۸	۲/۱۱	۰/۸۳	۳۷/۲	۲۹/۵	۴۱	۲۴	۱۷
۶	کند	۳۸	۵۹/۵	۹۶/۱	۶۳	۵/۳۱	۵۸۷	۲/۷۱	۱۰/۲	۳/۹	۹۳/۳۵	۵۸	۴۱	۷۸	۷۱
۷	افچه	۹	۹۱	۱/۲	۵۱	۱۳/۵	۳۰/۲	۴/۵۱	۲/۸/۶	۰/۷۴	۴۰/۳	۳۳	۱۳	۲۴/۵	۱۵

توضیح: واحدهای مورد محاسبه: طولها به کیلومتر، تراکم زهکشی به کیلومتر در کیلومتر مربع، مساحت به کیلومتر مربع، محیط به کیلومتر، ارتفاع به متر

۴- محاسبات

مدل‌های زیرحوضه‌ها با آمار موجود، به‌دست آمد و مقادیر دبی و رسوب حمل شده به درون سد محاسبه گردید.

۴-۱- مدل سیلابی

$$Q_w = a + B_1C(x_{11}) + B_2Fo(x_{12}) + B_3T(x_{15}) + B_4A(x_{21}) + B_5L(x_{24}) + B_6L_1(x_{28})$$

با قرار دادن پارامترهای فیزیوگرافی در رابطه‌ی ۳، (Q_w) دبی سیلابی برای زیر حوضه‌ها به‌دست آمد و مقدار آن با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه گردید (جدول ۴).

دبی سیلابی زیرحوضه‌ی امامه:

$$Q_w = - ۰/۵۹۸ + (۱/۴۳۸ \times ۰/۸۱) - (۳/۷۲ \times ۰/۲۶) + (۱۷) \times (۱/۲۸۴ + (۰/۱۱۹ \times ۳۷/۲) + (۰/۱۶۳ \times ۳۱/۱۵) - (۰/۰۶۹۵ \times ۱۶) = ۲۹/۰۸۳$$

زیر حوضه‌ی کند: دبی سیلابی

جدول ۴- مقادیر مربوط به سیلاب مشاهده شده و محاسبه شده در زمان پیک هر یک از ایستگاه‌ها و بار رسوبی حمل شده

بار رسوبی حمل شده در زمان پیک برحسب ton/day	دبی محاسبه شده M^3/s	دبی مشاهده شده M^3/s	ایستگاه	ردیف
-	۹۷/۰۴	۹۷/۰۴۱	گرمابدر ه (فشم)	۱
-	۷۳/۶۰۶	۷۳/۲۱	آهار	۲
-	۷۸/۰۷۲	۷۸/۰۷	میگون	۳
-	۶۴/۴۸	۶۴/۴۹	لوارک	۴
۷۸۵۳/۳	۲۹/۰۸۳	۲۹/۰۸	امامه	۵
۱۷۴۴/۸	۴۳/۱۷	۴۳/۱۸	کند	۶
۴۰۱/۱۶	۲۸/۴۴	۲۸/۴۵	افجه	۷

$$Q_w = -0.0598 + (1/438 \times 1/0.3) - (3/72 \times 0.32) + (1/284 \times 17) + (0.119 \times 93/35) + (0.163 \times 88/5) - (0.695 \times 59/25) = 43/17$$

زیر حوضه‌ی افجه: دبی سیلابی

$$Q_w = -0.0598 + (1/438 \times 1/45) - (3/72 \times 0.24) + (1/284 \times 15) + (0.119 \times 40/6) + (0.163 \times 30/2) - (0.695 \times 19) = 28/44$$

۲-۴- مدل رسوبی

برای رودخانهی جاجرود

$$Q_s = a Q_w^b \Rightarrow Q_s = 0.0001899 Q_w^{4/52} \text{ t/day}$$

مدل رسوبی رودخانهی امامه برای دوره‌ی آماری (۱۳۴۸-۷۳):

$$Q_s = 6/37 Q_w^{2/118} \text{ t/day}$$

مدل رسوبی رودخانهی کند برای دوره‌ی آماری (۱۳۵۱-۷۱):

$$Q_s = 21/31 Q_w^{1/170} \text{ t/day}$$

مدل رسوبی رودخانهی افجه برای دوره‌ی آماری (۱۳۵۲-۷۲):

$$Q_s = 15/44 Q_w^{1/970} \text{ t/day}$$

به کمک معادله‌ی دبی-رسوب (رابطه‌ی ۵)، می‌توان برای زیر حوضه‌هایی که آمار همزمان دبی-رسوب دراز مدت آن‌ها در دسترس است یعنی زیر حوضه‌های (افجه - کند - امامه) بار رسوبی حمل شده در زمانی که دبی رود به حداکثر می‌رسد پیش‌بینی نمود.

۳-۴- ترکیب مدل دبی-رسوب (مدل نهایی)

مدل دبی-رسوبی رودخانهی امامه برای دوره‌ی آماری (۱۳۴۸-۷۳):

$$Q_F = 6/37 (29/83)^{2/118} \quad Q_F = 6/37 \times 1232/85 = 7853/3$$

مدل دبی-رسوبی رودخانهی کند برای دوره‌ی آماری (۱۳۵۱-۷۱):

$$Q_F = 21/31 (43/17)^{1/170} \quad Q_F = 21/31 \times 81/77 = 1744/8$$

مدل دبی-رسوبی رودخانهی افجه برای دوره‌ی آماری (۱۳۵۲-۷۲):

$$Q_F = 15/44 (28/44)^{1/970} \quad Q_F = 15/44 \times 25/722 = 401/16$$

۵- نتیجه‌گیری

- با قرار دادن خصوصیات فیزیوگرافی مهم در معادله‌ی دبی سیلابی می‌توان مقدار دبی سیلابی را برای زیر حوضه‌ها به دست آورد و آن مقادیر را با مقدار مشاهده شده در ایستگاه‌ها مقایسه نمود.

- زیرحوضه‌ی آهار به دلیل داشتن طولانی‌ترین زمان تمرکز، کشیدگی زیاد، شیب ملایم و تراکم پایین کمترین توان تولید رسوب را داشته و نسبت به سایر زیر حوضه‌ها نیاز چندانی به عملیات حفاظت خاک ندارد.

- بیشترین توان تولید رسوب مربوط به زیرحوضه‌ی امامه می‌باشد. مقدار رسوب تولید شده توسط این زیر حوضه برابر با ۷۸۵۳/۳ تن در روز می‌باشد. از جمله عوامل مؤثر این امر می‌توان به شیب و طول زیاد حوضه، زمان تمرکز پائین و تراکم بالای آن اشاره نمود.

- به طور کلی از لحاظ طبقه‌بندی فرسایشی کلیه‌ی زیرحوضه‌های مطالعه شده در مرحله‌ی بلوغ قرار دارند.

- مدل‌ها و معادلات به دست آمده در این تحقیق خاص منطقه‌ی مورد مطالعه (شمال شرق تهران) است و کاربرد آن در دیگر نقاط کشور مستلزم در نظر گرفتن شرایط و ویژگی‌های خاص آن مناطق است.

- احداث گابیون (توریهای سنگی سیمانی) در محل ورود سرشاخه‌هایی که توان رسوبدهی بالایی دارند، توصیه می‌شود.

مراجع

باعقیده، م. ۱۳۸۰، "تحلیل رژیم و پیش بینی دبی‌های سیلابی با تأکید بر پارامترهای فیزیکی (غرب دریاچه ارومیه، زلاچای تا مهاباد جای)", پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم، ۱۶۵ ص.

- بوربوری، ف.، ۱۳۸۲، "رسوب‌شناسی و رسوبدهی رودخانه‌ی جاجرود (در بالا دست سدّ لتیان)"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۱۹ ص.
- علیزاده، امین، ۱۳۷۶، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۳۴ ص.
- کرلینجر، فردان، پدهازور، الازارجی، ۱۹۷۳، (ترجمه حسن سرابی)، "رگرسیون چند متغیره در پژوهش رفتاری"، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول ۱۳۶۶، جلد اول ۴۴۱ ص، جلد دوم ۲۵۵ ص.
- مهرپویان، پ.، ۱۳۷۹، "بررسی اجمالی ژئودینامیک دامنه‌ای دره‌ی جاجرود (از لشکرک تا شمشک)"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، ۱۹۷ ص.
- وزارت نیرو، ۱۳۵۳، "مطالعات رسوبگذاری دریاچه‌ی لتیان"، گزارش شماره ۸-۱۲۱-۴.
- وزارت نیرو، ۱۳۶۱، "گزارش رسوب‌شناسی و رسوب‌سنجی مخزن سدّ لتیان"، گزارش شماره ۱۳-۱۲۱-۴.
- وزارت نیرو، ۱۳۶۳، "گزارش بررسی و مطالعه‌ی جریان غلیظ سیلاب‌ها و مخزن سدّ لتیان"، گزارش شماره ۱۵-۱۴۲۱.
- مرکز آمار ایران، ۱۳۸۲، "نقشه‌ی تقسیمات کشوری"، ۲۵۳ ص.
- مرکز تحقیقات منابع آب ایران (تماب)، "نقشه‌ی حوضه بندی کشور"، سازمان نقشه برداری ایران، "نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰".