

برآورد رسوب خروجی از حوزه آبخیز گرگانرود به منظور تعیین میزان فرسایش

ابوالفضل مساعدی

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، اکنون دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد

منصور نجفی حاجی‌ور

دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

پست الکترونیک: mansor6531i@gmail.com

مهدی جلالی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی ساری

چکیده

همواره از دبی جریان به عنوان مهمترین عامل انتقال رسوب یاد می‌شود. اما عملاً در موارد زیادی به ازای یک مقدار مشخصی از دبی جریان مقادیر متفاوت رسوب اندازه‌گیری شده است. بنابراین عوامل دیگری نیز در مقدار انتقال رسوب موثر می‌باشند. در این تحقیق سعی شده است تا با دخالت دادن عوامل موثر بر انتقال رسوب، همانند زمان اندازه‌گیری و میزان دبی، معادله سنج رسوب اصلاح گردد. برای این منظور از داده‌های اندازه‌گیری شده دبی جریان و دبی رسوب در ایستگاه هیدرومتری تمر (واقع بر گرگانرود) استفاده گردید و داده‌های دبی جریان و دبی رسوب بر اساس چهار مدل (A, B, C, D) و هفت زیر مدل تفکیک شدند. در تمامی مدلها رابطه رگرسیونی بین مقادیر دبی آب و دبی رسوب برقرار شد و پارامترهای a و b معادله انتقال رسوب در هر بخش از مدل بدست آمد. برای انتخاب مدل بهینه از شاخص میانگین مربعات خطا استفاده گردید و نتایج نشان داد مدلی که در آن تفکیک داده بصورت ماهانه (b_1) است، دارای کمترین مقدار میانگین مربعات خطا بوده و به عنوان مدل بهینه انتخاب شد. به کمک این مدل می‌توان میزان فرسایش از سطح حوزه بالادست را نیز با دقت بیشتر به دست آورد.

واژه‌های کلیدی: رسوب، بارمعلق، مدل‌های برآورد رسوب، گرگانرود، ایستگاه هیدرومتری تمر

فرسایش و رسوبگذاری از جمله مهمترین عوامل طبیعی است که بطور جدی منابع آب و خاک را به طور مستقیم و غیرمستقیم تهدید می‌کند. هر چند جلوگیری کامل از فرسایش غیر ممکن بوده و در این حد لازم نمی‌باشد ولی، کنترل آن کمک شایانی به مدیریت صحیح منابع آب و خاک می‌نماید (۹). از سوی دیگر خسارت مالی حاصل از فرسایش منجر به کاهش درآمد و دلسردی کشاورزان می‌شود (۱). از دیدگاه زیست محیطی نیز نقش فرسایش و رسوبات معلق در انتقال عناصر غذایی، سموم و سایر آلاینده‌ها اخیراً مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. اندازه‌گیری دقیق فرسایش در سطح حوزه‌های آبخیز تقریباً غیرممکن است. ولی با برآورد رسوبات خروجی از حوزه می‌توان به صورت غیرمستقیم مقدار فرسایش در سطح حوزه را برآورد نمود. زیرا در محل خروجی بسیاری از حوزه‌ها ایستگاه‌های هیدرومتری که در آنها دبی خروجی و در مواردی رسوب اندازه‌گیری می‌شود، وجود دارد. میزان رسوبدهی سالانه کشور ما به دلیل شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی و فشار بیش از حد به اراضی نسبت به سایر نقاط جهان بسیار بیشتر و به بیش از ۲ میلیارد تن در سال می‌رسد (۵). این مساله لزوم هر چه بیشتر توجه به مشکلات ناشی از دست رفتن خاک حاصلخیز کشاورزی و پیامدهای ناشی از تجمع رسوبات را یادآور می‌باشد. عموماً برآورد مقدار رسوب خروجی از حوزه، بطور غیرمستقیم و بر اساس نمونه‌های اندازه‌گیری شده دبی جریان و دبی رسوب انجام می‌شود. بدین منظور بر اساس نمونه‌های مشاهده‌ای رسوب و دبی جریان متناظر آن روابطی بدست می‌آید. رابطه بین دبی و رسوب انتقالی به صورت معادله (۱) می‌باشد (۶).

$$Q_s = a Q_w^b \quad \text{معادله (۱)}$$

مواد و روشها

الف) منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز گرگانرود با مساحت ۱۰۱۹۷ کیلو متر مربع یکی از حوضه‌های شمال شرق کشور بوده که بخش وسیعی از آن در استان گلستان واقع می‌باشد. این حوضه از جنوب مشرف به سلسله جبال البرز شرقی، از شرق به کوه‌های آلاداغ و گلی‌داغ، از شمال به حوضه آبریز اترک و از غرب به دریای خزر و حوضه آبریز قره‌سو محدود می‌شود. این حوضه در محدوده مختصات جغرافیایی طول شرقی ۱۰' ۵۴' تا ۲۶' ۵۶' و عرض شمالی ۳۵' ۳۶' تا ۱۵' ۳۸' محصور گردیده است. شکل (۱) موقعیت حوزه آبریز گرگانرود را در ایران و استان گلستان نشان می‌دهد. ایستگاه هیدرومتری تمر در طول جغرافیایی (۲۹' ۵۵) شرقی و عرض (۲۸' ۳۷) شمالی در این حوزه واقع شده است. حوزه آبخیز گرگانرود از لحاظ اقلیمی بسیار متنوع بوده و بر طبق طبقه‌بندی دومارتن این حوزه دارای اقلیم‌های مرطوب، نیمه‌مرطوب، مدیترانه‌ای، نیمه‌خشک و خشک می‌باشد. همچنین عموماً در کلیه مناطق حوزه ماههای آذر، دی و خصوصاً بهمن و اسفند مرطوب‌ترین و خرداد لغایت شهریور خشک‌ترین ماههای سال می‌باشد (۸). جدول شماره (۱) خصوصیات فیزیوگرافی حوزه آبریز گرگانرود در ایستگاه هیدرومتری تمر را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبریز گرگانرود در ایران و در استان گلستان

جدول ۱- خصوصیات فیزیوگرافی حوزه گرگانرود در ایستگاه هیدرومتری تمر

تراکم زهکشی (km^{-1})	طول رودخانه اصلی (km)	شیب متوسط	ارتفاع متوسط (m)	ضریب گراولیوس	محیط (km)	مساحت (km^2)
۰/۱۵۶	۵۵/۲۵	۴/۳۲	۵۰۹	۱/۲۳۷	۱۷۲/۵	۱۵۲۴/۹

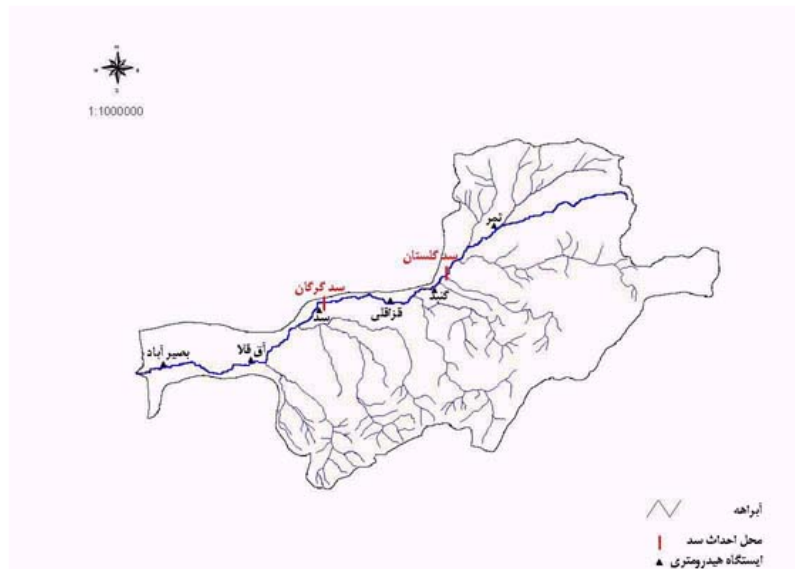
در این تحقیق به منظور برآورد مناسب تر روابط دبی جریان و دبی رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری تمر که از سرشاخه‌های اصلی گرگانرود است (شکل ۲)، از معادله انتقال رسوب (معادله ۱) استفاده گردید. برای اینکار از داده‌های آمار دبی روزانه از سال آبی ۴۹-۱۳۴۸ تا سال آبی ۸۳-۱۳۸۲ استفاده شد و از این آمار ۴۰۱ داده متناظر دبی آب و دبی رسوب اندازه‌گیری شده همزمان استخراج و بین آنها رابطه رگرسیونی برقرار گردید. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها برای حصول اطمینان از کیفیت همگنی داده‌ها، اقدام به انجام تست همگنی داده‌ها به کمک نرم افزار TH و به روش اسمیرنوف کلموگراف گردید. با توجه به خطای معادله انتقال رسوب، اقدام به استفاده از معادله (۱) از طریق دخالت دادن عامل زمان اندازه‌گیری که از عوامل موثر در انتقال رسوب می‌باشد، گردید. بدین منظور داده‌ها به ۴ مدل و ۷ زیر مدل تقسیم شدند. سپس رابطه رگرسیونی بین داده‌های متناظر دبی جریان و دبی رسوب معلق براساس مدل‌های مورد مطالعه برقرار گردید.

الف- مدل کلی A: برآورد دبی رسوب بر اساس تمامی داده‌های اندازه‌گیری شده بدون تقسیم‌بندی آنها

ب- مدل کلی B: برآورد دبی رسوب بر اساس زمان اندازه‌گیری دبی

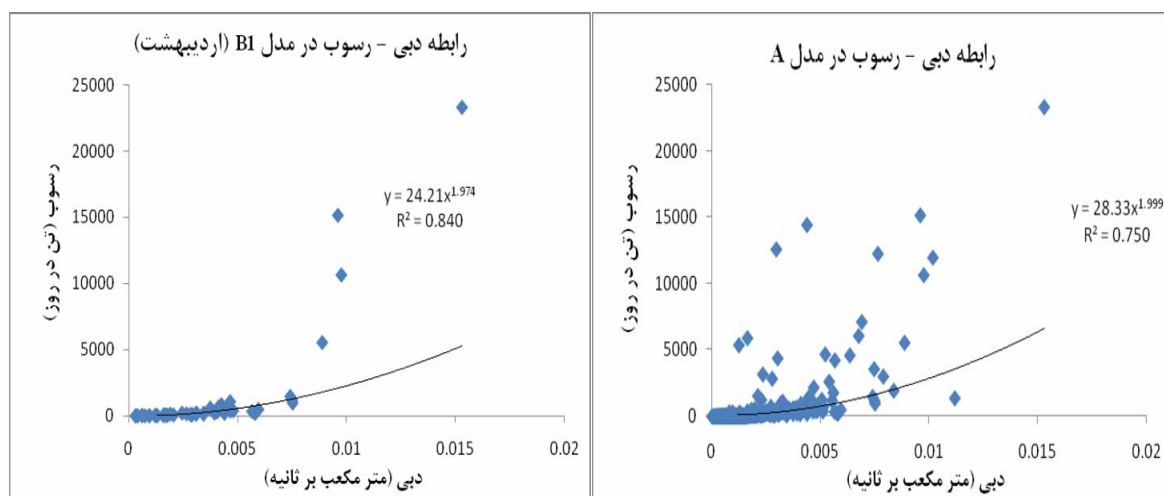
ج- مدل کلی C: برآورد دبی رسوب بر اساس کلاسه‌بندی مقادیر دبی جریان

د- مدل کلی D: برآورد دبی رسوب بر اساس زمان اندازه‌گیری دبی و کلاسه‌بندی مقادیر دبی

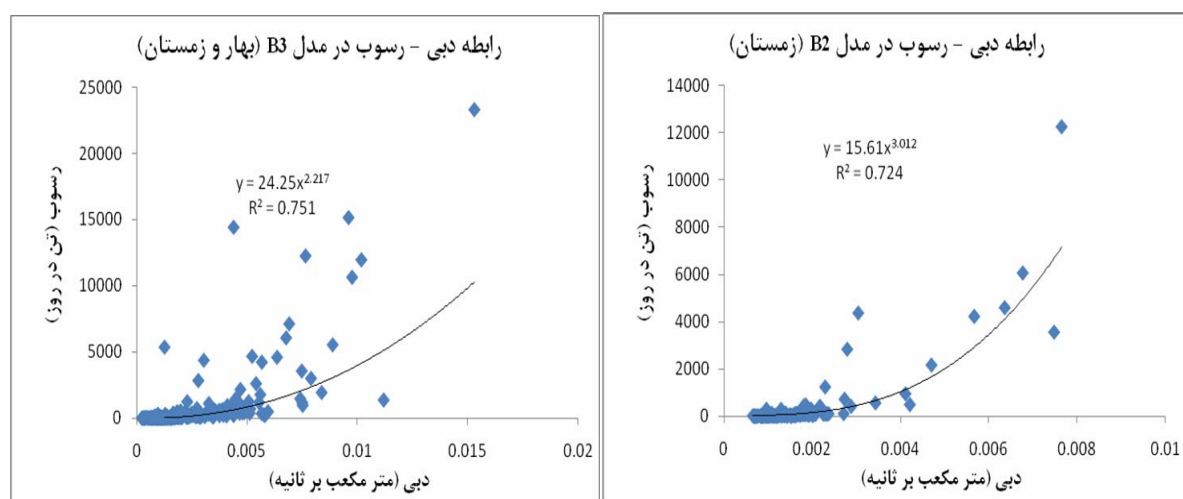


شکل ۲- موقعیت ایستگاه هیدرومتری تمر در حوزه آبریز گرگانرود

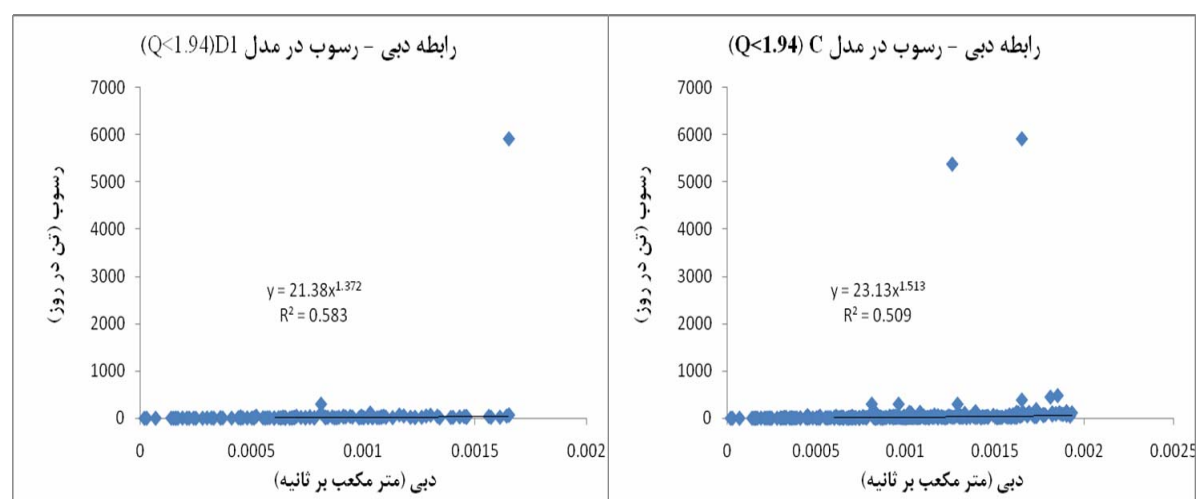
به منظور انتخاب مدل بهینه از شاخص میانگین مربعات خطا استفاده گردید (۱۲). پس از تشکیل جدول تجزیه واریانس، مقادیر مجموع مربعات و میانگین مربعات خطا، ضریب همبستگی، مقادیر ضرایب a و b برای هر حالت از مدل تعیین گردید (جدول شماره ۲). سپس بر اساس معادله (۱) مقادیر دبی رسوب برای زمانهایی که نمونه برداری انجام نشده بود، تعیین شد. در شکل (۳) مدل برازش یافته مربوط به تعدادی از مدل‌های مورد آزمون آورده شده است.



شکل ۳- رابطه دبی و رسوب در تعدادی از زیر مدل‌های مورد آزمون (A و B1)



شکل ۴- رابطه دبی و رسوب در تعدادی از زیر مدل‌های مورد آزمون (مدل‌های B2 و B3)



شکل ۵- رابطه دبی و رسوب در تعدادی از زیر مدل‌های مورد آزمون (مدل C)

جدول ۲- پارامترهای در نظر گرفته شده از مدل‌های مورد بررسی در ایستگاه تهر برای منحنی سنج رسوب

ردیف	زیر مدل	معیار تفکیک داده‌ها		تعداد داده‌ها	ضریب همبستگی	a	b	مجموع مربعات خطا	میانگین مربعات خطا	
		کلاسه‌بندی دبی	زمان اندازه‌گیری دبی							
۰/۱۹۹	A	تمام دبی کلاسه‌ها	تمام سال	۴۰۱	۰/۷۵۰۷	۲۸/۳۴	۱/۹۹۹۷	۷۹/۷۴	۰/۱۹۹	
		B _۱	تمام دبی کلاسه‌ها	فروردین	۵۴	۰/۶۹۵۵	۳۰/۸۶	۵/۹۵	۵/۹۵	۰/۱۵۲
			تمام دبی کلاسه‌ها	اردیبهشت	۴۹	۰/۸۴۰۲	۲۴/۲۱	۵/۵۸	۵/۵۸	
			تمام دبی کلاسه‌ها	خرداد	۳۶	۰/۶۴۴۹	۳۷/۳	۸/۷۱	۸/۷۱	
			تمام دبی کلاسه‌ها	تیر	۱۲	۰/۶۹۰۳	۲۱/۱۹	۳/۱۷	۳/۱۷	
			تمام دبی کلاسه‌ها	مرداد	۱۳	۰/۷۹۱۰	۴۹/۰۶	۲/۶۵	۲/۶۵	
			تمام دبی کلاسه‌ها	شهریور	۲۱	۰/۵۹۹۸	۲۱/۱۹	۱/۸۷	۱/۸۷	
			تمام دبی کلاسه‌ها	مهر	۲۷	۰/۵۶۷۸	۲۳/۱۳	۱/۸۸	۱/۸۸	
			تمام دبی کلاسه‌ها	آبان	۲۵	۰/۵۳۴۶	۲۳/۶۵	۴/۳۲	۴/۳۲	
			تمام دبی کلاسه‌ها	آذر	۲۸	۰/۴۷۷۸	۲۱/۴۱	۶/۹	۶/۹	
			تمام دبی کلاسه‌ها	دی	۲۸	۰/۴۴۳۴	۱۱/۲۶	۵/۳۸	۵/۳۸	
تمام دبی کلاسه‌ها	بهمن	۳۴	۰/۶۶۶۱	۱۳/۸۵	۵/۱۵	۵/۱۵				
۰/۱۷۱	B _۲	تمام دبی کلاسه‌ها	بهار	۱۳۹	۰/۷۹۳۶	۳۴/۲۹	۲۲/۰۶۵	۲۲/۰۶۵	۰/۱۷۱	
			تابستان	۴۶	۰/۶۴۷۱	۲۷/۶۸۲	۱۰/۱۹۴	۱۰/۱۹۴		
			پاییز	۸۰	۰/۴۸۰۳	۲۵/۲۲۶	۱۴/۶۳۴	۱۴/۶۳۴		
			زمستان	۱۳۶	۰/۷۲۴۰	۱۵/۶۱	۲۱/۵۴۲	۲۱/۵۴۲		
۰/۱۹۰	B _۲	تمام دبی کلاسه‌ها	بهار و زمستان	۲۷۵	۰/۷۵۱۷	۲۴/۲۵	۵۰/۱۲۶	۵۰/۱۲۶	۰/۱۹۰	
			پاییز و تابستان	۱۲۶	۰/۵۹۰۰	۲۶/۱۷۴	۲۵/۹۷۸	۲۵/۹۷۸		
۰/۱۷۸	C	تمام سال	$Q < 1/94$	۲۷۸	۰/۵۰۹۳	۲۳/۱۳۷	۴۸/۶۵۷	۴۸/۶۵۷	۰/۱۷۸	
			$Q \geq 1/94$	۱۲۳	۰/۴۹۹۰	۳۰/۸۷۸	۲۲/۷۳۸	۲۲/۷۳۸		
۰/۱۶۹	D _۱	$Q < 1/94$	بهار و زمستان	۱۵۷	۰/۳۹۱۴	۲۳/۱۷۰	۳۱/۰۱۳	۳۱/۰۱۳	۰/۱۶۹	
			$Q \geq 1/94$	۱۱۸	۰/۵۸۵۲	۲۴/۶۱۶	۱۷/۳۰۵	۱۷/۳۰۵		
	D _۲	$Q < 1/94$	۱۲۱	۰/۵۸۳۹	۲۱/۳۸۶	۱۷/۱۰	۱۷/۱۰			
		$Q \geq 1/94$	۵	۰/۲۴۷۳	۱۱/۶۶۶	۲/۱۵	۲/۱۵			

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تست همگنی داده‌ها نشان‌دهنده همگن بودن داده‌های دبی متوسط روزانه ایستگاه تمر می‌باشد. جهت انتخاب مدل بهینه پس از برقراری رابطه رگرسیونی بین ۴۰۱ داده متناظر دبی آب و دبی رسوب بر اساس مدل‌های شرح داده شده، مدل B و زیر مدلی که در آن داده‌ها بر اساس زمانهای ۱۲ گانه سال (زیر مدل b₁ یا ماهانه) تفکیک شده، دارای کمترین میانگین مربعات خطا بوده و به عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب گردید، که با نتایج حیدرنژاد و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد. همچنین مدل متداول (A) یا مدلی که در آن تفکیک داده‌ها صورت نگرفته دارای بالاترین مقدار میانگین مربعات خطا شناخته شد که با نتایج مساعدی (۱۹۹۸)، طرخورانی (۱۳۸۰)، محمدی استادکلایه (۱۳۸۱)، پیری (۱۳۸۲) و مساعدی و همکاران (۱۳۸۴)، پیری و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد، لذا دارای بیشترین میزان خطا است. بیشترین مقدار متوسط بار معلق سالانه مربوط به ماه مرداد و کمترین مقدار آن مربوط به ماه تیر است.

بیشترین میانگین مربعات خطا در منحنی سنجه مربوط به مدلی است که در آن برآورد دبی رسوب بدون در نظر گرفتن زمان اندازه‌گیری دبی و یا کلاسه‌بندی مقادیر دبی جریان صورت گرفته است که این نتیجه با نتایج مساعدی (۱۹۹۸)، طرخورانی (۱۳۸۰)، محمدی استادکلایه (۱۳۸۱)، پیری (۱۳۸۲) و مساعدی و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد. به منظور برآورد دقیقتر فرسایش و دبی رسوب معلق بهتر است داده‌های اندازه‌گیری شده رسوب، بر اساس زمان اندازه‌گیری با توجه به شرایط اقلیمی، هیدرولوژیکی و بیولوژیکی تفکیک شوند. معمولاً مقدار دفعات اندازه‌گیری غلظت رسوب در دبی‌های بالا و در زمانهای سیلابی کم می‌باشد. از طرفی در این زمانها بیشترین فرسایش در سطح حوزه صورت می‌گیرد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد علاوه بر نمونه‌برداری از رسوب در دبی‌های پایه، در صورت امکان از جریانهای سیلابی به تعداد کافی نمونه‌برداری صورت گیرد تا از خطای ناشی از برون‌یابی معادلات کاسته شود. ضمناً پیشنهاد می‌گردد بین مقادیر رسوب خروجی از حوزه و مقادیر فرسایش برآوردی توسط مدل‌های مختلف، مقایسات آماری صورت گرفته و مناسب‌ترین مدل برآورد فرسایش برای هر حوزه تعیین گردد.

منابع

- ۱- پیری، ع.، ۱۳۸۲. بهینه‌سازی رابطه دبی و رسوب در حوزه معرف امامه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران، ص ۷۰.
- ۲- پیری، ع.، ا.، حبیب‌نژاد، م.، احمدی، م.، ض.، سلیمانی، ک. و مساعدی، ا.، ۱۳۸۴. بهینه‌سازی رابطه دبی آب و دبی رسوب در حوزه معرف امامه، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، سال سوم، شماره سوم، دانشگاه مازندران، ص ۳۰-۴۰.
- ۳- حیدرنژاد، م.، گلمائی، س.، ح.، مساعدی، ا.، احمدی، م.، ض.، ۱۳۸۴ (الف)، ارائه مدل بهینه برآورد رسوب در دو ایستگاه هیدرومتری (موردی ایستگاههای هیدرومتری ورودی و خروجی سد کرج)، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، دانشگاه مازندران، سال دوم، شماره دوم، ص ۵۴-۶۷.
- ۴- حیدرنژاد، م.، گلمائی، س.، ح.، مساعدی، ا.، احمدی، م.، ض.، ۱۳۸۴ (ب)، اصلاح معادله سنجه رسوب و برآورد بارمعلق در ایستگاه هیدرومتری تله زنگ، مجموعه مقالات هفتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- ۵- رفاهی، ح.، ق.، ۱۳۷۸، فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۷ ص.
- ۶- شفاعی بجستان، م.، ۱۳۷۸، هیدرولیک رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴۷۰ ص.
- ۷- طرخورانی، ح.، ۱۳۸۰، بهینه‌سازی رابطه دبی آب و دبی رسوب در حوزه معرف لبقوان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸۶ ص.
- ۸- محمدی استاد کلایه، ا.، ۱۳۸۱، بهینه‌سازی روابط دبی آب و دبی رسوب معلق در ایستگاههای هیدرومتری رودخانه گرگانرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۰ ص.
- ۹- مساعدی، ا.، احمدی، م.، ض.، محمدرضاپور، ا.، ۱۳۸۴ (الف)، برآورد حجم رسوبگذاری در مخزن سد وشمگیر به کمک منحنی‌های سنجه رسوب، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، شهریور ۱۳۸۴. الف، ص ۶۸۴ - ۶۸۷.

۱۰- مساعدی، ا.، شهابی، م.، محمدی استادکالیه، ا.، ۱۳۸۴(ب)، بررسی تغییرات روابط دبی و رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری مراوه(اترک)، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب، کرمان، اسفندماه ۱۳۸۴، ص ۱۹۴۸-۱۹۴۱، ب.

- 11- Asselman, N. E. M., 2000. Fitting and interpretation of sediment rating curves, j. hydrology, 234, 234-248.
- 12- Crawford, C. G., 1991. Estimation of suspended sediment rating curves and mean suspended sediment loads, J. hydrology, 129, 331- 348.
- 13- Fleming, G. 1969. Deterministic Model in Hydrology, Irrigation & Drainage, 32, 80pp.
- 14- Mosaedi, A., 1998. Hydrological sizing of sedimentation reservoir system for irrigation and water supply, Ph. D. Thesis, Technical university of Budapest, Hungary, 101pp.
- 15- U.S. Bureau of Reclamation, 1987. Design of small dams, Third ed., Washington, D.C., 534-538.

The Estimation of sediment yield to determine erosion, case study of Gorganrood watershed

M.Najafi Hajivar

MS.c Student of watershed management, Faculty of Natural Resource, University of Tehran

Email: mansor6531@gmail.com

Tell: +989353304730

M.jalali

MS.c Student of watershed management, Faculty of Sari Natural Resource

A.Mosaedi

Associate professor of Gorgan university of Agriculture Science and Natural Resource, Dep. of Water Eng

Abstract

Flow discharge is the most important factor of sediment transportation. In many cases however, there are different values of measured sediment for a specific value of flow discharge. Therefore, other factors affect sediment transportation. The present study investigates modifying sediment curve equation by using factors that influence sediment transportation like measurement time and discharge rate. so that discharge rate data and sediment discharge in Tamar station (located on Gorganrood) were used then flow discharge and sediment discharge classified according to four models(A,B,C,D) and seven sub models. In models regression between water discharge amount and sediment discharge was determined and a and b parameters of sediment transport equation were calculated. Mean square error index used to computing optimum model and our result showed that b1 model has least mean square error amount and choose as optimum model.

Keywords: sediment, suspended load, sediment estimation models; Gorganrood and Tamar