

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

منصور نجفی حاجی‌ور

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مهدی جلالی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی ساری

ابوالفضل مساعدی

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

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

مقدمه

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

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.

حوضه 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

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

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

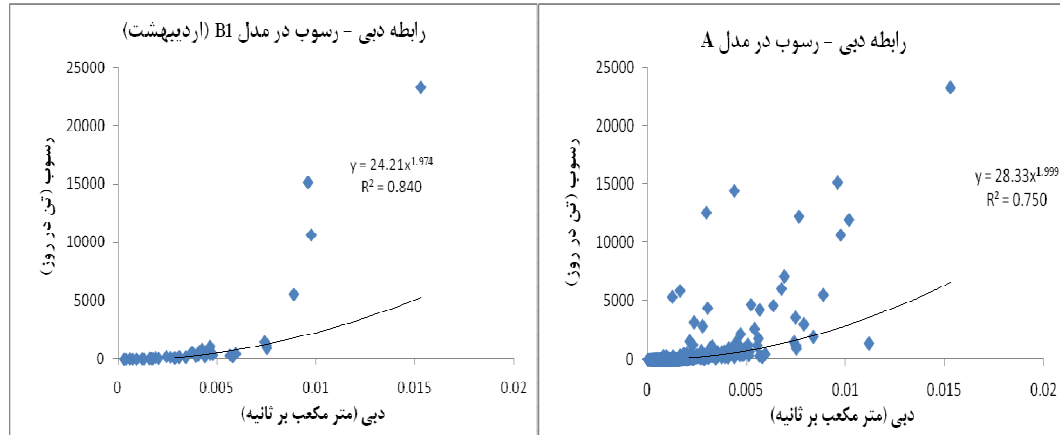
د- مدل کلی D: برآورد دبی رسوب بر اساس زمان اندازه‌گیری دبی و کلاسه‌بندی مقادیر دبی



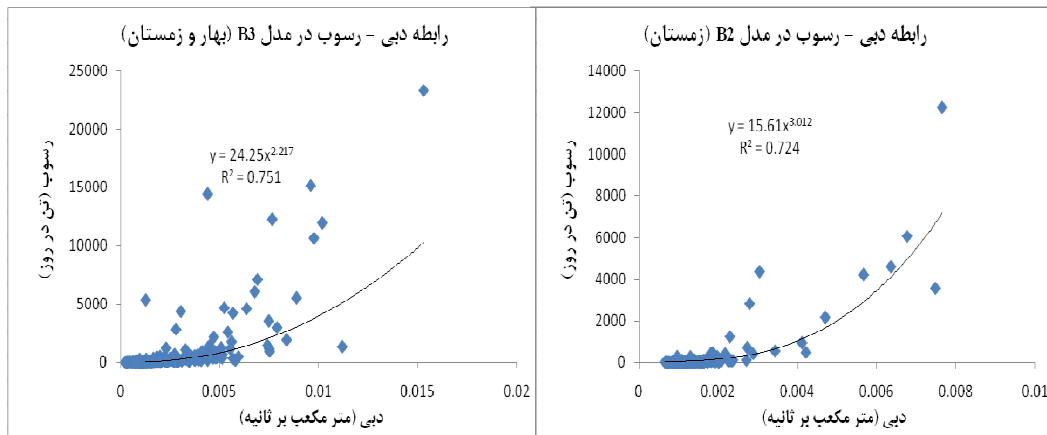
شکل (۲) موقعیت ایستگاه هیدرومتری تمر در حوزه آبریز گرگانرود

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

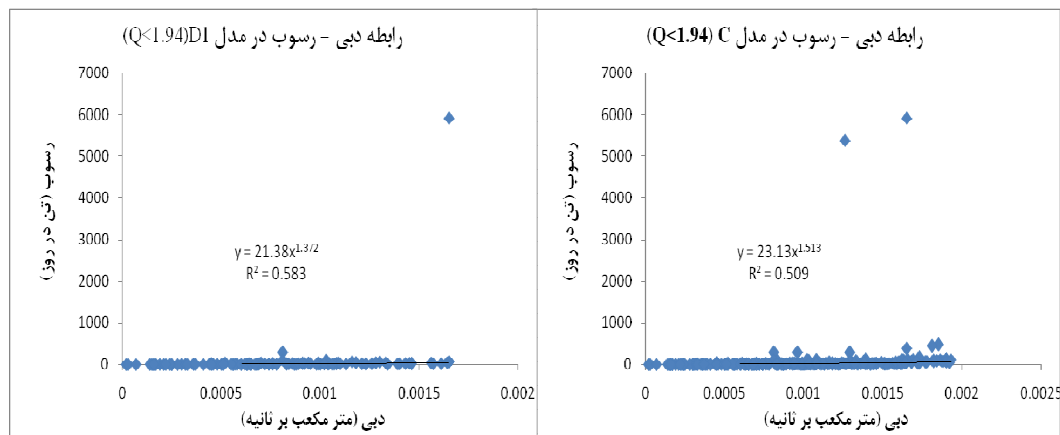
جدول شماره ۲). سپس بر اساس معادله (۱) مقادیر دبی رسوب برای زمانهایی که نمونه برداری انجام نشده بود، تعیین شد. در شکل (۳) مدل برازش یافته مربوط به تعدادی از مدل‌های مورد آزمون آورده شده است.



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)

اولین کنفرانس بین المللی بحران آب ۲۲-۲۰ اسفندماه ۱۳۸۷- دانشگاه زابل

جدول (۲) پارامترهای در نظر گرفته شده از مدل‌های مورد بررسی در ایستگاه تمر برای منحنی سنجه رسوب

MS _E میانگین مربعات خطا	SS _E مجموع مربعات خطا	b	a	R ² ضریب همبستگی	تعداد داده‌ها	معیار تفکیک داده‌ها		زیر مدل	کلاس
						زمان اندازه گیری دبی	کلاسه بندی دبی		
۰/۱۹۹	۷۹/۷۴	۱/۹۹۹۷	۲۸/۳۴	۰/۷۵۰۷	۴۰۱	تمام سال	تمام دبی کلاسه‌ها	A	
۰/۱۵۲	۵/۹۵	۵/۹۵	۳۰/۸۶	۰/۶۹۵۵	۵۴	فروردین	تمام دبی کلاسه‌ها	B _۱	B
	۵/۵۸	۵/۵۸	۲۴/۲۱	۰/۸۴۰۲	۴۹	اردیبهشت	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۸/۷۱	۸/۷۱	۳۷/۳	۰/۶۴۴۹	۳۶	خرداد	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۳/۱۷	۳/۱۷	۲۱/۱۹	۰/۶۹۰۳	۱۲	تیر	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۲/۶۵	۲/۶۵	۴۹/۰۶	۰/۷۹۱۰	۱۳	مرداد	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۱/۸۷	۱/۸۷	۲۱/۱۹	۰/۵۹۹۸	۲۱	شهریور	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۱/۸۸	۱/۸۸	۲۳/۱۳	۰/۵۶۷۸	۲۷	مهر	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۴/۳۲	۴/۳۲	۲۳/۶۵	۰/۵۳۴۶	۲۵	آبان	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۶/۹	۶/۹	۲۱/۴۱	۰/۴۷۷۸	۲۸	آذر	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۵/۳۸	۵/۳۸	۱۱/۲۶	۰/۴۴۳۴	۲۸	دی	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۵/۱۵	۵/۱۵	۱۳/۸۵	۰/۶۶۶۱	۳۴	بهمن	تمام دبی کلاسه‌ها		
	۹/۳۷	۹/۳۷	۲۳/۳۸	۰/۷۰۶۷	۷۴	اسفند	تمام دبی کلاسه‌ها		
۰/۱۷۱	۲۲/۰۶۵	۲۲/۰۶۵	۳۴/۲۹	۰/۷۹۳۶	۱۳۹	بهار	تمام دبی کلاسه‌ها	B _۲	
	۱۰/۱۹۴	۱۰/۱۹۴	۲۷/۶۸۲	۰/۶۴۷۱	۴۶	تابستان			
	۱۴/۶۳۴	۱۴/۶۳۴	۲۵/۲۲۶	۰/۴۸۰۳	۸۰	پاییز			
	۲۱/۵۴۲	۲۱/۵۴۲	۱۵/۶۱	۰/۷۲۴۰	۱۳۶	زمستان			
۰/۱۹۰	۵۰/۱۲۶	۵۰/۱۲۶	۲۴/۲۵	۰/۷۵۱۷	۲۷۵	بهار و زمستان	تمام دبی کلاسه‌ها	B _۳	
	۲۵/۹۷۸	۲۵/۹۷۸	۲۶/۱۷۴	۰/۵۹۰۰	۱۲۶	پاییز و تابستان			
۰/۱۷۸	۴۸/۶۵۷	۱/۵۱۳	۲۳/۱۳۷	۰/۵۰۹۳	۲۷۸	تمام سال	Q < ۱/۹۴	C	
	۲۲/۷۳۸	۲/۱۶۴۰	۳۰/۸۷۸	۰/۴۹۹۰	۱۳۳		Q ≥ ۱/۹۴		
۰/۱۶۹	۳۱/۰۱۳	۳۱/۰۱۳	۲۳/۱۷۰	۰/۳۹۱۴	۱۵۷	بهار و	Q < ۱/۹۴	D _۱	D
	۱۷/۳۰۵	۱۷/۳۰۵	۲۴/۶۱۶	۰/۵۸۵۲	۱۱۸	زمستان	Q ≥ ۱/۹۴		
	۱۷/۱۰	۱۷/۱۰	۲۱/۳۸۶	۰/۵۸۳۹	۱۲۱	پاییز و	Q < ۱/۹۴	D _۲	
	۲/۱۵	۲/۱۵	۱۱/۶۶۶	۰/۳۴۷۳	۵	تابستان	Q ≥ ۱/۹۴		

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تست همگنی داده‌ها نشان دهنده 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 b_1 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 شده 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 (ب) (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)، "بهینه سازی رابطه دبی و رسوب در حوزه معرف امامه"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران، ۷۰ ص.
- ۲- پیری، ع. ا. و حبیب‌نژاد، م. و احمدی، م. ض. و سلیمانی، ک. و مساعدی، ا. (۱۳۸۴) "بهینه‌سازی رابطه دبی آب و دبی رسوب در حوضه معرف امامه"، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر (منابع طبیعی)، سال سوم، شماره سوم، پائیز ۱۳۸۴، دانشگاه مازندران، ص ۳۰-۴۰.
- ۳- حیدرنژاد، م. و گلمائی، س. ح. و مساعدی، ا. و احمدی، م. ض. (الف) (۱۳۸۴)، "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 ۶۷-۵۴.
- ۴- حیدرنژاد، م. و گلمائی، س. ح. و مساعدی، ا. و احمدی، م. ض. (ب) (۱۳۸۴)، "اصلاح معادله سنجه رسوب و برآورد بارمعلق در ایستگاه هیدرومتری تله زنگ"، CD 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 ليقوان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸۶ ص.

- ۸- محمدی استاد کلایه، ا. (۱۳۸۱)، "بهینه سازی روابط دبی آب و دبی رسوب معلق در ایستگاههای هیدرومتری رودخانه گرگانرود"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۰ ص.
- ۹- مساعدی، ا. و احمدی، م، ض. و محمدرضاپور، ا. (الف ۱۳۸۴)، "برآورد حجم رسوبگذاری در مخزن سد وشمگیر به کمک منحنی‌های سنج رسوب"، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، شهریور ۱۳۸۴. الف، ص ۶۸۴ - ۶۸۷.
- ۱۰- مساعدی، ا. و شهابی، م. و محمدی استادکلایه، ا. (ب ۱۳۸۴)، "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.