

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 (9). از سوی دیگر خسارت مالی حاصل از فرسایش منجر به کاهش درآمد و دلسردی کشاورزان می‌شود (1). 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 2 میلیارد تن در سال می‌رسد (5). 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 (1) می‌باشد (6).

$$Q_s = a Q_w^b \quad \text{معادله (1)}$$

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز گرگانرود با مساحت 10197 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 $54^{\circ} 10'$ تا $56^{\circ} 26'$ و عرض شمالی $36^{\circ} 35'$ تا $38^{\circ} 15'$ محصور گردیده است. شکل (1) موقعیت حوضه آبریز گرگانرود را در ایران و استان گلستان نشان می‌دهد. ایستگاه هیدرومتری تمر در طول جغرافیایی $(55^{\circ} 29')$ شرقی و عرض $(37^{\circ} 28')$ 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 (8). جدول شماره (1) خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز گرگانرود در ایستگاه هیدرومتری تمر را نشان می‌دهد.



جدول (1) خصوصیات فیزیوگرافی حوزه گرگانود در ایستگاه هیدرومتری تمر

مساحت (km^2)	محیط (km)	ضریب گراولیوس	ارتفاع متوسط (m)	شیب متوسط	طول رودخانه اصلی (km)	تراکم زهکشی (km^{-1})
1524.9	172.5	1/237	509	4.32	55.25	0.156

در این تحقیق به منظور برآورد مناسب تر روابط دبی جریان و دبی رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری تمر که از سرشاخه‌های اصلی گرگانود است (شکل 2)، از معادله انتقال رسوب (معادله 1) استفاده گردید. برای اینکار از داده‌های آمار دبی روزانه از سال آبی 1348-49 تا سال آبی 83-1382 استفاده شد و از این آمار 401 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 (1) از طریق دخالت دادن عامل زمان اندازه‌گیری که از عوامل موثر در انتقال رسوب می‌باشد، گردید. بدین منظور داده‌ها به 4 مدل و 7 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

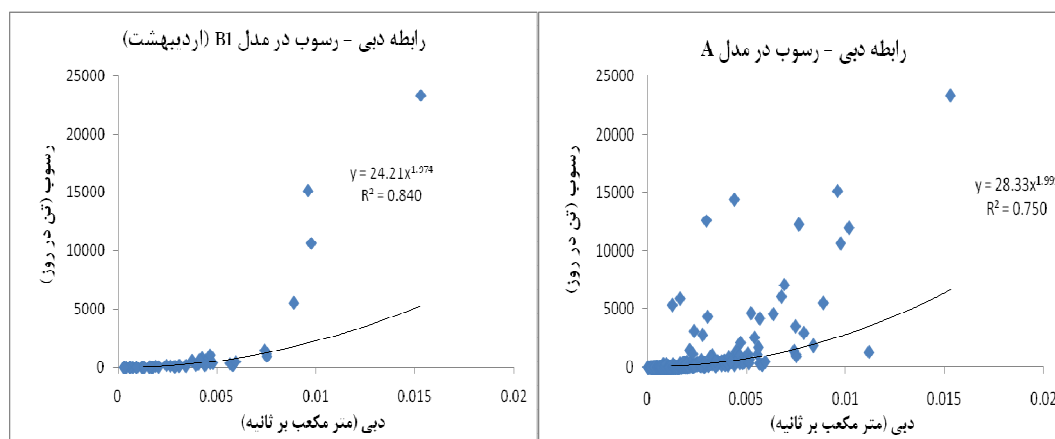
ج- مدل کلی C: برآورد دبی رسوب بر اساس کلاسه‌بندی مقادیر دبی جریان

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

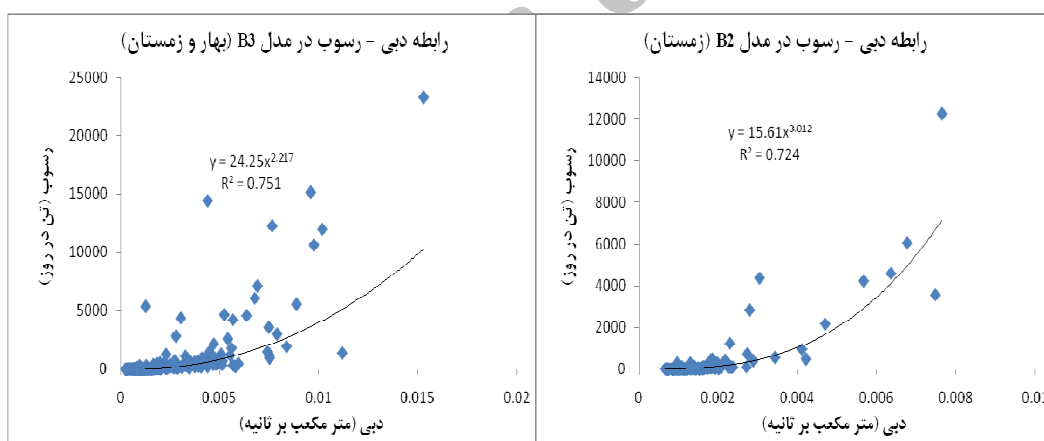


شکل (2) موقعیت ایستگاه هیدرومتری تمر در حوزه آبریز گرگانود

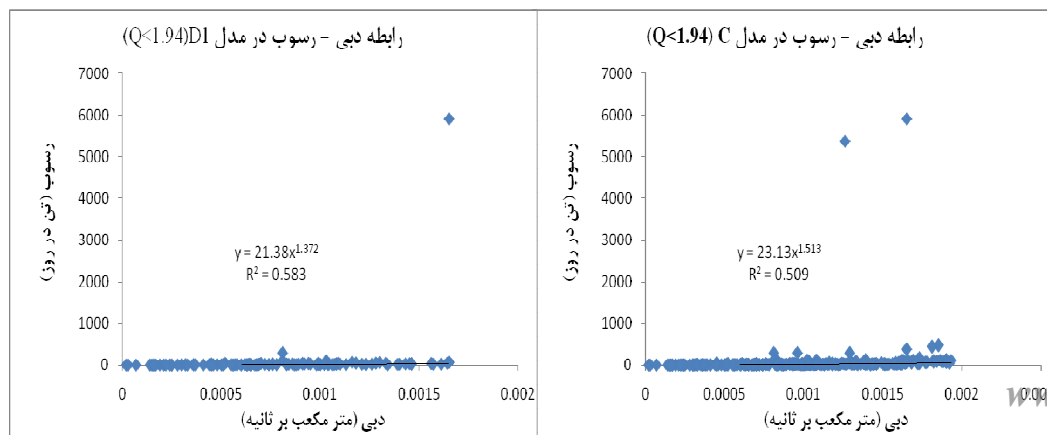
به منظور انتخاب مدل بهینه از شاخص میانگین مربعات خطا استفاده گردید (12). پس از تشکیل جدول تجزیه واریانس، مقادیر مجموع مربعات و میانگین مربعات خطا، ضریب همبستگی، مقادیر ضرایب a و b برای هر حالت از مدل تعیین گردید (جدول شماره 2). سپس بر اساس معادله (1) مقادیر دبی رسوب برای زمانهایی که نمونه برداری انجام نشده بود، تعیین شد. در شکل (3) مدل برازش یافته مربوط به تعدادی از مدل‌های مورد آزمون آورده شده است.



شکل (3) رابطه دبی و رسوب در تعدادی از زیر مدل‌های مورد آزمون (A و B1)



شکل (4) رابطه دبی و رسوب در تعدادی از زیر مدل‌های مورد آزمون (مدل‌های B2 و B3)



MS _E	SS _E	b	a	R ²	تعداد داده‌ها	معیار تفکیک داده‌ها	زیر	3
-----------------	-----------------	---	---	----------------	---------------	---------------------	-----	---

Archive of SID

شکل (5) رابطه دبی و رسوب در تعدادی از زیر مدل‌های مورد آزمون (مدل C)

مدل	کلاسه‌بندی دبی	زمان اندازه گیری دبی	ضریب همبستگی	مجموع مربعات خطا	میانگین مربعات خطا		
A	تمام دبی کلاسه‌ها	تمام سال	0/7507	28/34	1/9997	79/74	0/199
B ₁	تمام دبی کلاسه‌ها	فروردین	0/6955	30/86	5/95	5/95	0/152
	تمام دبی کلاسه‌ها	اردیبهشت	0/8402	24/21	5/58	5/58	
	تمام دبی کلاسه‌ها	خرداد	0/6449	37/3	8/71	8/71	
	تمام دبی کلاسه‌ها	تیر	0/6903	21/19	3/17	3/17	
	تمام دبی کلاسه‌ها	مرداد	0/7910	49/06	2/65	2/65	
	تمام دبی کلاسه‌ها	شهریور	0/5998	21/19	1/87	1/87	
	تمام دبی کلاسه‌ها	مهر	0/5678	23/13	1/88	1/88	
	تمام دبی کلاسه‌ها	آبان	0/5346	23/65	4/32	4/32	
	تمام دبی کلاسه‌ها	آذر	0/4778	21/41	6/9	6/9	
	تمام دبی کلاسه‌ها	دی	0/4434	11/26	5/38	5/38	
	تمام دبی کلاسه‌ها	بهمن	0/6661	13/85	5/15	5/15	
تمام دبی کلاسه‌ها	اسفند	0/7067	23/38	9/37	9/37		
B ₂	تمام دبی کلاسه‌ها	بهار	0/7936	34/29	22/065	22/065	0/171
		تابستان	0/6471	27/682	10/194	10/194	
		پاییز	0/4803	25/226	14/634	14/634	
		زمستان	0/7240	15/61	21/542	21/542	
B ₃	تمام دبی کلاسه‌ها	بهار و زمستان	0/7517	24/25	50/126	50/126	0/190
		پاییز و تابستان	0/5900	26/174	25/978	25/978	
C	تمام سال	تمام سال	0/5093	23/137	1/513	48/657	0/178
		تمام سال	0/4990	30/878	2/1640	22/738	
D ₁	تمام سال	بهار و زمستان	0/3914	23/170	31/013	31/013	0/169
		بهار و زمستان	0/5852	24/616	17/305	17/305	
		پاییز و تابستان	0/5839	21/386	17/10	17/10	
		پاییز و تابستان	0/2473	11/666	2/15	2/15	
D ₂	تمام سال	بهار و زمستان	0/3914	23/170	31/013	31/013	0/169
		پاییز و تابستان	0/5839	21/386	17/10	17/10	

جدول (2) پارامترهای در نظر گرفته شده از مدل‌های مورد بررسی در ایستگاه تمر برای منحنی سنج رسوب

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 401 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 12 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 (1384) 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 (1998)، طرخورانی (1380)، محمدی استادکلایه (1381)، پیری (1382) و همکاران (1384)، پیری و همکاران (1384) 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 (1998)، طرخورانی (1380)، محمدی استادکلایه (1381)، پیری (1382) و همکاران (ب) (1384) 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

- 1- پیری، ع. (1382)، "بهینه سازی رابطه دبی و رسوب در حوزه معرف امامه"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران، 70 ص.
- 2- پیری، ع. ا. و حبیب‌نژاد، م. و احمدی، م. و سلیمانی، ک. و مساعدی، ا. (1384) "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 1384، دانشگاه مازندران، ص 30-40.
- 3- حیدرنژاد، م. و گلمائی، س. ح. و مساعدی، ا. و احمدی، م. و ض. (الف) (1384)، "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 54-67.
- 4- حیدرنژاد، م. و گلمائی، س. ح. و مساعدی، ا. و احمدی، م. و ض. (ب) (1384)، "اصلاح معادله سنجه رسوب و برآورد بارمعلق در ایستگاه هیدرومتری تله زنگ"، CD مجموعه مقالات هفتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- 5- رفاهی، ح. ق. (1378)، فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، 557 ص.
- 6- شفاعی بجستان، م. (1378)، "هیدرولیک رسوب"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، 470 ص.
- 7- طرخورانی، ح. (1380)، "بهینه‌سازی رابطه دبی آب و دبی رسوب در حوزه معرف ليقوان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، 86 ص.
- 8- محمدی استاد کلایه، ا. (1381)، "بهینه سازی روابط دبی آب و دبی رسوب معلق در ایستگاههای هیدرومتری رودخانه گرگانود"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، 120 ص.
- 9- مساعدی، ا. و احمدی، م. و ض. و محمدرضاپور، ا. (الف) (1384)، "برآورد حجم رسوبگذاری در مخزن سد وشمگیر به کمک منحنی‌های سنجه رسوب"، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، شهریور 1384. الف، ص 684 - 687.

10- مساعدی، ا. و شهایی، م. و محمدی استادکلایه، ا. (ب1384)، "بررسی تغییرات روابط دبی و رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری مراوه(ترک)"، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب، کرمان، اسفندماه1384، ص 1948-1941، 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.

Archive of SID