Archive of SID

یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز
11th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Participatory Development in Watershed Management
۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵
April 19-21, 2016

مقایسه کارایی روشهای منحنی سنجه رسوب رودخانه پلرود

جمال مصفایی [۱]، مهدی کمالی [۲]، وحید پایروند [۳]، مهدی شاپورزاده [۴]
۱- دکترای آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان قزوین
۲و۳- کارشناس ارشد آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان قزوین
۴- معاون آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان قزوین

چکیده
از آنجا که بخش عمده تولید رسوب حوزه ها را بارمعلق تشکیل می دهد، لذا میزان بارمعلق تا حدود زیادی معرف میزان فرسایش و تولید رسوب خواهد بود. یکی از روشهای برآورد رسوب، بهره گیری از آمار ایستگاههای آبسنجی و برقراری رابطه بین دبی آب و دبی رسوب به عنوان منحنی سنجه رسوب می باشد که البته روشهای مختلفی برای آن ارائه شده و جزو رایج‌ترین روشهای برآورد بار معلق رودخانه ها می باشد. در این تحقیق سعی شده با تعیین و بررسی روشهای مختلف برونیابی برای ایستگاه درازلات رودخانه پلرود واقع در استان گیلان ، روش مناسب معرفی شود. بدین منظور پس از اخذ آمار ۴۵ ساله رسوب و دبی متناظر آن برای ایستگاه مزبور، ابتدا ۳۰ درصد داده ها به صورت تصادفی مجزا و برای مرحله اعتبارسنجی روشها کنار گذاشته شد. برای ۷۰ درصد باقیمانده نمونه ها، معادلات روشهای مختلف برونیابی شامل یک خطی، چندخطی، حد و واسط دسته ها، فصلی و ماهانه محاسبه گردید. جهت ارزیابی کارایی روشهای مختلف از شاخص RMSE[۱] استفاده گردید. نتایج نشان داد که میزان این شاخص در روش ماهانه کمتر از سایر روش ها بوده و بخصوص در ماه بهمن از دقت بسیار مناسبی برخوردار است ولذا روش ماهانه به عنوان روش مناسب برای ایستگاه درازلات رودخانه پلرود معرفی گردید.

کلمات کلیدی: روشهای برون یابی، منحنی سنجه رسوب، دبی آب، بار معلق، درازلات پلرود.

مقدمه :

امروزه دانش آبخیزداری به عنوان ابزاری کارا در مسیر بهره گیری از اراضی یک حوضه آبخیز مورد توجه مسئولان امر قرار گرفته است(اعظمی، ۱۳۸۴). مشکل رسوبزایی، انتقال رسوب، فرسایش و رسوبگذاری از بحث های مهم در برنامه ریزی راهبردهای خرد و کلان آبخیزداری و مدیریت حوضه های آبخیز می باشد(فریفته، ۱۳۷۰). گرد آمدن رسوب در منطقه های پایین دست موجب بروز خسارت برون منطقه ای، تخریب مسیر آبراهه ها، گل آلودگی آب مصرفی، انباشت نهرها از رسوب و کاهش ظرفیت مخازن سدها و تنگناهای زیست محیطی بسیاری می شود. پیشگیری یا حفاظت خاک و بررسی مربوط به رسوب در دستور کار آبخیزداران است(مختاری، ۱۳۷۶). در حوضه های بدون آمار برای برآورد میزان رسوب همواره دشواریها و تنگناهایی وجود داشته است(عرب خدری، ۱۳۸۳). با توجه به این امر بررسیهای مربوط به دبی جریان و ارتباط آن با دبی رسوب و بهره گیری از نتایج آن برای بررسی وضعیت رودخانه های مختلف در زمینه مدیریت اهمیت بسزایی دارد(فرخ زاده و همکاران، ۱۳۸۷). همواره گروه های زیادی اعم از متخصصان، مدیران حوزه ها و آبخیزداران نیاز به اطلاعات مرتبط با رسوب خیزی حوزه ها دارند. به کمک این داده ها و اطلاعات، میتوان رابطه فرآیندهای فرسایش حوزه و رسوب را بررسی کرد و از اطلاعات آن برای ارزیابی، اصلاح و بهبود مدلهای برآورد رسوب و

[1] Root Mean Square Error

www.SID.ir

Archive of SID

کمک به تصمیم گیریهای درست مدیریتی بهره گرفت (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۴). یکی از مواردی که به طور تجربی بیانگر رابطه بین دبی آب و دبی رسوب است، معادله سنجه رسوب میباشد. در بیشتر مواقع هیدرولوژیست‌ها در صورت کمبود داده‌های واقعی غلظت رسوب معلق، از منحنی‌های سنجه رسوب که بر اساس رابطه یک تهیه می گردد برای پیش بینی و برآورد غلظت رسوب معلق استفاده می‌کنند(بهرامی، ۱۳۹۰).

(۱) :رابطه USBR[۲]

$$Q_s = a\,Q_w^{\,b}$$

Q_s: غلظت رسوب (تن در روز یا میلی گرم بر لیتر)

Q_w: دبی جریان (متر مکعب بر ثانیه)

a و b : ضرایب منطقه ای

تاکنون از منحنی های سنجه رسوب در زمینه برآورد رسوب سالیانه بهره گیری های زیادی صورت گرفته است، گراوفورد (۱۹۹۱) به منظور تعیین رسوب سالیانه و عاملهای موثر بر تولید رسوب در ۴۶ ایستگاه آبسنجی واقع در اوهایو بین منحنی های سنجه و عامل هایی چون شیب و مساحت حوضه ها روابط رگرسیونی برقرار می کند، نتایج این پژوهش حاکی از تاثیر این عامل ها در تولید رسوب می باشد. داو روسگن (۲۰۰۰) با تعیین منحنی های سنجه رسوب و تقسیم بندی منحنی ها بر پایه فصل، میزان گل آلودگی، بار بسترو محاسبه میزان رسوبدهی و بررسی شماری ازعامل های دیگر، فرسایش تشدید شونده را به علت تغییر کاربری اراضی و کاهش تنوع شکل بستر رودخانه می داند.

رابطه ۱ به دلیل داشتن اریب در اکثر مواقع نتوانسته غلظت رسوب در دبی های مختلف جریان را به خوبی نشان دهد(وروانی، ۱۳۸۶). اریب در واقع باعث شده تا مقدار باقی مانده ها (اختلاف بین مقادیر مشاهده ای با مقادیر محاسباتی) توزیع نرمالی نداشته و مقدار آن بیشتر از صفر شود (محمدی، ۱۳۸۷؛ اسلمن۲۰۰۰). اریب منحنی سنجه رسوب از دو عامل نشات می گیرد. عامل اول به علت تغییر شکل معادله از حالت لگاریتمی به حالت طبیعی مدل رگرسیون خطی است که در اصل مربوط به ذات منحنی سنجه است. عامل دوم ناشی از عمل برون یابی برای برآورد رسوب دبی های بالاست (وروانی، ۱۳۸۷؛ وروویتز، ۲۰۰۲) که در ارتباط با کمیت و کیفیت داده ها بوده و باعث میشود رسوب برآوردی دارای خطای زیادی باشد. برای کاهش اریبی و افزایش دقت در برونیابی منحنی سنجه رسوب، روشهای مختلفی برای ترسیم این منحنی ارائه شده است. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی کارآیی روشهای مختلف، برای تعیین مناسب ترین روش برونیابی منحنی سنجه رسوب برای ایستگاه درازلات رودخانه پلرود واقع در استان گیلان می باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا آمار و اطلاعات دبی و رسوب متناظر آن در ایستگاه درازلات رودخانه دائمی پلرود (کد ۰۵۵-۱۶) واقع در شرق استان گیلان، طی سالهای ۱۳۸۸-۱۳۴۶ از شرکت تحقیقات منابع آب ایران دریافت شد. شکل یک موقعیت ایستگاه درازلات را در استان گیلان نشان می دهد و خلاصه خصوصیات دبی جریان در این ایستگاه در جدول یک ارائه شده است.

جدول۱- دبی های متوسط رودخانه پلرود(مترمکعب بر ثانیه)

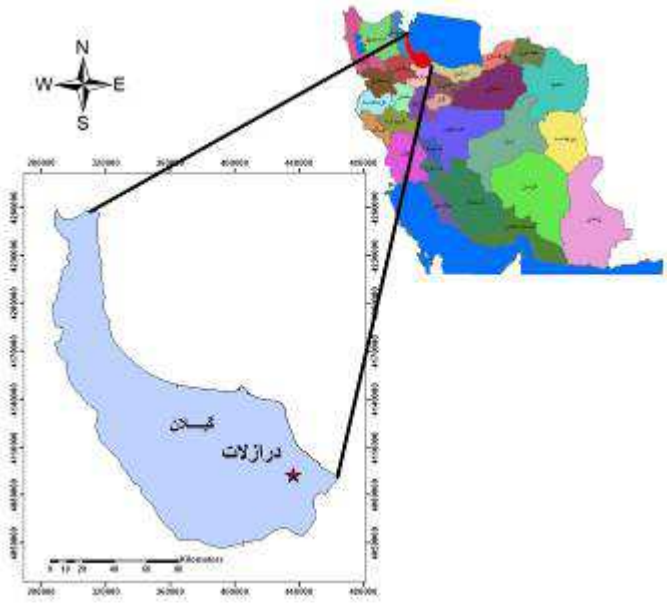
متوسط سالانه	متوسط فصلی				متوسط ماهانه											
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند

[2] United State Bureau of Reclamation

www.SID.ir

Archive of SID

۲۸.۸	۱۳.۸	۹.۸	۱۴.۵	۱۱.۲	۱۶.۸	۷.۱	۶.۲	۸.۶	۱۳.۱	۲۸.۸	۳۰.۵	۱۸.۳	۱۴.۳	۷.۴	۲۴.۴	۱۶.۴



شکل۱- موقعیت ایستگاه درازلات پلرود در گیلان و ایران

برای اینکه رابطه سنجه رسوب برآورد دقیق تر و اریب کمتری نشان دهد، روشهای گوناگون برای ترسیم منحنی سنجه از جمله روش یک خطی، چندخطی، تقسیم بندی فصلی یا ماهانه دبی های جریان و یا روش حد وسط دسته ها ارائه شده است.

منحنی سنجه یک خطی: در این روش داده های غلظت یا دبی رسوب و دبی جریان متناظر آن ها به یک محور مختصات لگاریتمی منتقل شده و بهترین خط برازش (فقط یک خط) با استفاده از روش حداقل مربعات از میان نقاط عبور داده می شود.

منحنی سنجه چند خطی: اگر شرایط داده ها و پراکنش نقاط در منحنی سنجه رسوب اجازه دهد، می توان به جای یک خط، چند خط از بین نقاط رد کرد(وروانی، ۱۳۸۰). بنابراین در این حالت بیش از یک معادله برای منحنی سنجه رسوب وجود خواهد داشت.

روش حد وسط دسته ها: دبی های جریان با یک نمو معین به تعدادی دسته تقسیم شده و برای دبی متوسط هر دسته، دبی متوسط رسوب اندازه گیری شده همان دسته تعیین می شود و در آخر منحنی سنجه رسوب با استفاده از آنها به دست می آید(ذرتی پور، ۱۳۸۶).

منحنی سنجه فصلی: برآورد دبی رسوب معلق مشابه مدل خطی ***USBR***، بر اساس تفکیک داده ها به صورت فصلی مورد مطالعه قرار می گیرد.

منحنی سنجه ماهانه: برآورد دبی رسوب معلق مشابه مدل خطی ***USBR***، و برای هر یک از ماه های سال منحنی سنجه رسوب تعیین می گردد.

۳۰ درصد از نمونه های دبی-رسوب به صورت تصادفی نمونه گیری شده و برای مرحله اعتبارسنجی مدلهای مختلف کنار گذاشته شد. برای ۷۰ درصد باقیمانده، معادلات روشهای مختلف برونیابی و مقدار ضرایب اصلاحی مورد نظر برآورد گردید.

برای ارزیابی هر یک از روابط سنجه رسوب و انتخاب بهترین روش از شاخص‌های ارزیابی ***RMSE*** استفاده شد. هرچه این ضریب کوچک‌تر باشد تفاوت داده مشاهده‌ای با برآوردی کمتر بوده و صحت پیش‌بینی رابطه بیشتر می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

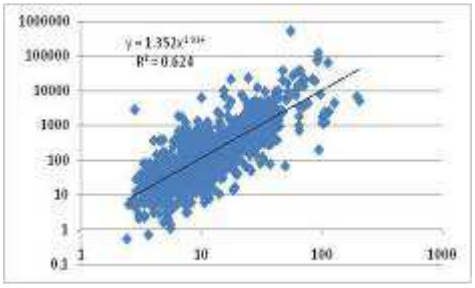
$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (SSC_o - SSC_e)^2}{N} \right)^{1/2} \quad (۲)$$

SSC_o: غلظت رسوب مشاهده‌ای　　**SSC_e**: غلظت رسوب برآوردی

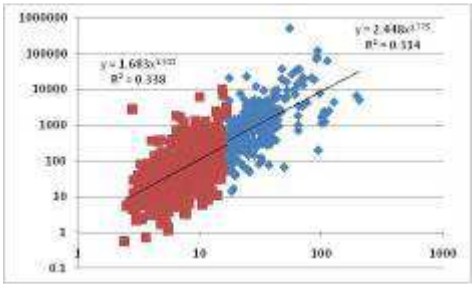
N: تعداد نمونه های مشاهداتی　　**RMSE**: میانگین مجذور مربعات خطا

نتایج و بحث

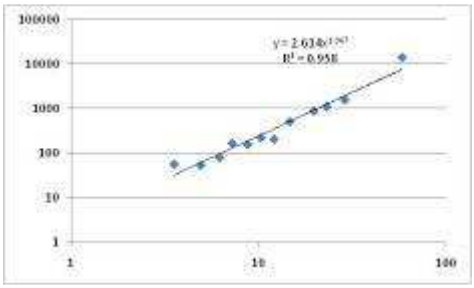
با استفاده از روشهای مختلف بطور کلی ۱۹ منحنی سنجه رسم گردید که شامل ۱۲ منحنی ماهانه، ۴ منحنی فصلی و برای روشهای یک خطی، دو خطی و حدواسط دسته ها نیز هر کدام یک منحنی است که در اشکال ۲ تا ۵ نمونه هایی از آنها ارائه شده است. در جدول یک، معادله رگرسیونی به همراه ضریب تعیین برای هر روش ترسیم منحنی سنجه رسوب به همراه مقدار RMSE که بیانگر دقت هر روش می باشد، آورده شده است.



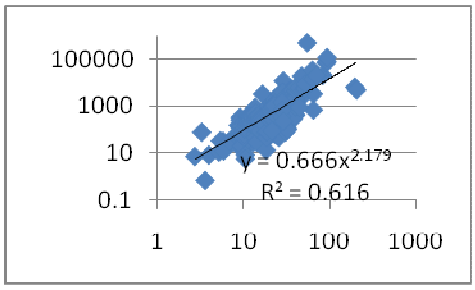
شکل۲- منحنی سنجه رسوب یک خطی



شکل۳- منحنی سنجه رسوب دوخطی



شکل۴- منحنی سنجه رسوب حدواسط دسته ها



شکل۵- منحنی سنجه رسوب فصلی(بهار)

از بین منحنی های مختلف سنجه رسوب روش ماهانه دارای RMSE کل کمتر نسبت به سایر روشهاست و لذا برآورد این روش در ایستگاه درازلات رودخانه پلرود به مقدار واقعی نزدیکتر است. ضمن اینکه در بین ماههای مختلف نیز، در ماه بهمن با کمترین میزان RMSE (معادل ۱۰۸.۱) می توانیم دقیقترین برآوردهای رسوب را با استفاده از معادله سنجه رسوب ماهانه داشته باشیم.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- مقدار RMSE برای مدلهای مختلف منحنی سنجه رسوب

مدل		معادله رگرسیونی	R^2	RMSE	RMSE کل
یک خطی		$y=1.352x^{1.934}$	0.624	7144.1	7144.1
دوخطی	$Q < 17$	$y = 1.683x^{1.812}$	0.338	206.3	7179.9
	$Q > 17$	$y = 2.448x^{1.775}$	0.314	12805.9	
حدواسط دسته ها		$y = 2.614x^{1.967}$	0.958	6749.6	6749.6
فصلی	بهار	$y = 0.666x^{2.179}$	0.616	12842.5	6981.6
	تابستان	$y = 1.591x^{1.997}$	0.382	593.1	
	پاییز	$y = 0.941x^{2.044}$	0.582	1126.1	
	زمستان	$y = 0.827x^{1.996}$	0.662	494.4	
ماهانه	فروردین	$y = 1.747x^{1.804}$	0.251	2664.7	**6607.6**
	اردیبهشت	$y = 0.286x^{2.488}$	0.634	14915.2	
	خرداد	$y = 1.345x^{1.894}$	0.422	12861.6	
	تیر	$y = 1.722x^{1.794}$	0.339	251.3	
	مرداد	$y = 0.318x^{2.951}$	0.491	474.1	
	شهریور	$y = 2.396x^{2.008}$	0.436	1348.3	
	مهر	$y = 0.992x^{2.084}$	0.693	1019.7	
	آبان	$y = 1.310x^{2.006}$	0.498	600.6	
	آذر	$y = 0.45x^{2.206}$	0.534	1776.8	
	دی	$y = 0.418x^{2.230}$	0.532	752.7	
	بهمن	$y = 0.308x^{2.441}$	0.596	**108.1**	
	اسفند	$y = 1.729x^{1.759}$	0.635	235.5	

رتبه دوم از لحاظ دقت برآورد، به روش دوخطی برای دبی های کمتر از ۱۷ متر مکعب بر ثانیه تعلق می گیرد که از خطای قابل قبولی برخوردار بوده و می تواند میزان حمل رسوب معلق را با دقت مناسبی برآورد نماید ولی برای دبی های بالاتر از ۱۷ متر مکعب بر ثانیه مقدار بسیار بالای خطا حاکی از آنست که دقت برآورد به مقدار بسیار زیادی کاهش می یابد.

در روش فصلی نیز مشاهده می شود که فصل بهار دارای بیشترین مقدار خطا می باشد در حالیکه فصل تابستان مقدار خطا کم و قابل قبولی را دارد. با بررسی دبی متوسط فصلی نسبت به متوسط سالیانه (۱۶.۴ متر مکعب بر ثانیه) نیز مشاهده گردید که فصل بهار دارای بیشترین دبی متوسط فصلی(۲۴.۴ مترمکعب بر ثانیه)، و فصل تابستان دارای کمترین دبی متوسط فصلی(۷.۴ متر مکعب بر ثانیه) می باشد و بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که بطور کلی با افزایش دبی جریان مقدار خطای برآورد نرخ حمل رسوبات معلق با استفاده از روش منحنی سنجه رسوب افزایش می یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع :

اعظمی، ا.، نجفی‌نژاد، ع. و عرب‌خدری، م. ۱۳۸۴. ارزیابی مدلهای هیدرولوژیکی در برآورد بار معلق رسوبی جریان پایه و سیلابی در حوزه سد ایلام. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۵ ص.

ذرتی‌پور، ا.، خلیقی سیگارودی، ش. و شمس المعالی، ن. ۱۳۸۶. کارایی روش هیدرولوژیکی حدوسط دسته‌ها نسبت به منحنی سنجه یک‌خطی و دوخطی در برآورد بار معلق رودخانه‌ها. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز، تهران، ۱۱ ص.

عرب‌خدری، م.، حکیم خانی، ش. و وروانی، ج. ۱۳۸۳. اعتبار روش‌های برون‌یابی در برآورد میانگین رسوبدهی معلق سالانه (۱۷ ایستگاه هیدرومتری کشور). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۳:۱۱، ص ۱۳۱-۱۲۳.

وروانی، ج.، فیض‌نیا، س.، مهدوی، م. و عرب‌خدری، م. ۱۳۸۰. بررسی وضعیت رسوبدهی سرشاخه‌های اصلی سد وشمگیر رودخانه گرگانرود. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی فرسایش خاک و توسعه پایدار. اراک. ص ۲۱۹ تا۲۳۳.

وروانی، ج.، نجفی‌نژاد، ع. و میرمعینی کرهرودی، آ. ۱۳۸۷. اصلاح منحنی سنجه رسوب با استفاده از روش حداقل واریانس ناااریب. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱:۱۵، ص ۱۶۱-۱۵۰.

محمدی، ا.، مساعدی،ا. و حشمت پور، ع. ۱۳۸۶. تعیین مناسبترین روش برآورد رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری قزاقلی رودخانه گرگان رود. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

وروانی ،ج، خلیقی سیگارودی ،ش.۱۳۸۶. بررسی میزان خطای منحنی های سنجه رسوب برای برآورد بار رسوبی وقایع سیلابی در رودخانه قره چای. مجله یافته های نوین کشاورزی. ۱(۳)۲۰۱-۲۱۴.

بهرامی،ع.، طالبی ،ع.۱۳۹۰. بهینه‌سازی روابط دبی- رسوب با استفاده از روش‌های منحنی سنجه و فاکتورهای اصلاح اریب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز پل دوآب شازند- استان مرکزی). پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری.

فریفته، جمشید، (۱۳۷۰) . ترجمه، تحلیل های کمیدر ژئومرفولوژی، دانشگاه تهران، ۳۶۸ ص.

مختاری، احمد، (۱۳۷۶) . بررسی امکان برازش مدل تجربی PSIAC در برآورد فرسایش رسوب در حوضه های آبخیز فاقد آمار با بهره گیری از GIS و سنجش از دور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

میرزایی، محمد رضا.، عرب خدری، محمود.، فیض نیا، سادات و حسن احمدی، (۱۳۸۴) . مقایسه روشهای آماری برآورد رسوب معلق رودخانه ها، مجله منابع طبیعی ایران ۵۸ (۲) ۳۱۳-۳۰۱.

فرخزاده، بهنوش.، آذرخشی، مریم.، مهدوی، محمد و علی سلاجقه. (۱۳۸۷). بررسی منطقه ای منحنی سنجه رسوب در اقالیم مختلفایران، مجله منابع طبیعی ایران ۶۱ (۱) ۱۲-۱.

Asselman, N. E. M., 2000. Fitting and interpretation of sediment rating curves, Journal of Hydrology, 234:228-248.

Dave Rosgen, P.H., 2000. Review comments of the evaluation of sediment transport data for clean sediment TMDL, S. Report NO.17 of November 2000.

Gravford, C.G., 1991. Estimating of suspended – sediment rating curves and mean suspended – sediment loads, Journal of Hydrology, 12(1-4): 331-348.

Horowitz, A. J., 2002. The use of sediment rating curves for monitoring suspended sediment concentrations and fluxes: Issues of temporal resolution, estimation errors, and sampling

www.SID.ir

Archive of SID

frequency, proceedings MTM-IV, U.S. Geological Survey, Peachtree Business Center, Suite 130, 3039 Amwiler Road, Atlanta, Ga 30360, USA.

www.SID.ir