Archive of SID

پژوهش های آبخیزداری شماره ۸۳، تابستان ۱۳۸۸
(پژوهش و سازندگی)

تعیین روش مناسب برآورد بار معلق رسوبی در حوزه سد ایلام

• **ایاد اعظمی**، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی ایلام(نویسنده مسئول)
• **نادر بیرودیان**، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
• **علی نجفی نژاد**، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
• **فرهاد یغمایی**، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
• **محمود عرب خدری**، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
تاریخ دریافت:مرداد ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۸۷
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۳۳۳۲۰۱۲-۰۸۴۱
Email:ayadaazami@yahoo.com

چکیده

بخش عمده ی رسوب حمل شده در رودخانه ها را بار معلق تشکیل می دهد و روش های متداول، رسوب دهی را کمتر از مقدار واقعی برآورد می کنند. هدف از این تحقیق ارزیابی صحت و دقت روش های متداول در برآورد بار معلق در حوزه های آبخیز است. لذا در این تحقیق از شش روش متداول استفاده گردید که از تلفیق سه نوع منحنی سجه رسوب یک خطی، خطی شکسته (چندخطی)و حد وسط دسته ها با دو نوع جریان متوسط روزانه و تداوم جریان حاصل و در حوزه سد ایلام بکار گرفته شد. بر اساس شاخص آماری مدلی که دارای کمترین خطا است در تلفیق با جریان متوسط روزانه به عنوان روش مناسب تعیین می شود. هم چنین برای یک دوره ی ۴۰ روزه جریان از غلظت رسوب در حالت جریان پایه و سیلابی نمونه برداری و بار رسوب واقعی تعیین و با مقادیر برآوردی توسط مدل ها مقایسه گردید. نتایج نشان داد بین مقادیر برآوردی باررسوبی در شش روش اختلاف وجود دارد و بر اساس شاخص های آماری، منحنی سنجه حد وسط دسته ها در تلفیق با دبی متوسط روزانه به عنوان روش مناسب انتخاب گردید. روش مناسب (منحنی سنجه حد وسط دسته ها – دبی متوسط روزانه) ۵۶ درصد بار رسوب واقعی را برآورد نمود.این در حالی است که در ایام سیلابی با به کار گیری آبنمود سیلاب در تلفیق با منحنی سنجه حدوسط دسته ها، برآورد بار رسوبی تا ۸۳ درصد مقدار واقعی افزایش می یابد. به عبارت دیگر استفاده از آبنمود سیلاب در مواقع سیلابی، میزان بار رسوب توسط مدل را ۲/۷۳ برابر افزایش می دهد. هم چنین براساس دیگر نتایج ۹۶ در صد رسوب در ایام سیلابی و تنها ۴ درصدرسوب در جریان پایه از حوزه خارج گردیده است. لذا جهت افزایش دقت مدل های هیدرولوژیکی اولاً افزایش نمونه برداری از غلظت رسوب در ایام سیلابی و ثانیاً به کار گیری آبنمود سیلاب جهت افزایش برآورد بار معلق رسوبی در حوزه ی آبخیز توصیه می گردد.

کلمات کلیدی:روش های هیدرولوژیکی، بار رسوب معلق، هیدروگراف سیل ومنحنی سنجه.

www.SID.ir

Archive of SID

Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi) No 83 pp: 75-82

Determination the suitable method for estimate suspended sediment load in Ilam dam watershed.

By:A. Aazami, Member of scientific Boord of Agricultural and Natural Resources Research Center of Ilam(Corresponding Author; Tel: 0988413332012).

N. Berodian, A. Najafinejad and F. Yeghmaii, Scientific Member of Gorgan University

M. Arabkhedri, Scientific Member of Scwmri

Suspended sediment load constituted the principal part of sediment yield in rivers, and custom methods were estimating sediment yield less than real sediment. The purpose of this study was assistant accuracy and precision method customs for estimate sediment yield instudied watershed. In this basis, six different methods were used, that integrated of three rating curve linear, multilinear and mean value with two mean daily and duration flow in Ilam Dam watershed. For selecting the suitable model is used of mean absolute error (MAE) index, next the rating curve with minimum error in integrate with daily was selected as a suitable method. Such as at during 40 daily of concentration sediment flood and based flows were sampling and determination real sediment yield. In next stage real sediment with sediment estimate models were compared. The results conducted that, there were significant differences between methods sediment estimation. The rating curve by mean value in compound with daily flow discharge was selected as a suitable method. The method was able to estimate 56 percent of real sediment load, but by using of flood hydrograph sediment load increased to 83 percent. In order word, using of flood hydrograph in flood days, in compared with mean daily discharge, it was increased sediment up to 2.73 times. Such as, 96 percent of sediment at duration flood and 4 percent at base flow were delivered. In the based, increase precision sediment hydrological models are important. To accomplish this, increase sampling of sediment at duration floods and use of flood hydrograph in estimate sediment yield are proposed.

Key words: Hydrological methods, Suspended sediment load, Flood hydrograph and Sediment rating curve

مقدمه

بخش عمده رسوبات حمل شده توسط آب در اکثر رودخانه ها را بار معلق تشکیل می دهد و شناخت رسوبات معلق در رودخانه ها و آبراهه از مهمترین بخش مدیریت آب کشور است. روش های هیدرولوژیکی متداول، رسوب دهی را کمتر یا بیشتراز مقدار واقعی برآورد می کند، تخمین نادرست بار معلق و در نتیجه بارکف رودخانه ها که معمولاً به صورت درصدی از آن در نظر گرفته، سبب طراحی نادرست بسیاری از تاسیسات همانند مخازن می گردد.

در روش های هیدرولوژیکی برای برآورد بار رسوبی از داده های غلظت رسوب و دبی متناظربا آن و با بکارگیری روش آماری که آن را منحنی سنجه می نامند، استفاده می گردد.این توابع غالباً به صورت نمایی $L=aS^b$ تعیین و پارامترهای a وb با روش های مختلف آماری به دست می آید (۱۸) .

هر مدل دارای معایب و مزایایی است ولی به هر حال در همه مدل ها پراکنش نقاط حول خط رگرسیون در منحنی های سنجه رسوب واقعیتی است که به طور وضوح سبب ایجاد تقریب در برآورد غلظت رسوب می شود. این امر سبب شده تا تفاوت معنی داری در بین مقادیر رسوب محاسبه شده توسط محققین مختلف به چشم بخورد.(۹).

Waking اطلاعات مفصلی از تناقضات موجود در این زمینه جمع آوری کرده و دلایل ایجاد اختلاف در برآورد بار رسوبی توسط افراد را به صورت زیر دسته بندی نمود :

الف ـ اختلاف بوجود آمده در اثر تفاوت در روش های آماری محاسبات

ب ـ کافی نبودن تعداد دفعات نمونه برداری از آب و رسوب در سال

ج ـ نبودن روش قابل اعتماد برای برآورد یا محاسبات بارکف

د ـ اختلاف در طول دوره آماری مورد استفاده (بدیعی، ۱۳۷۷)

یکی از روش های که بطور معمول برای برآورد بارهای رسوبی معلق بکار گرفته می شود روش منحنی تداوم جریان در تلفیق با منحنی سنجه است که از سال ۱۹۴۰ توسط Bawe وKambel، سپس توسط Miller در سال ۱۹۵۱ بکار برده شد. آنان از منحنی های سنجه خطی و غیر خطی برای برآورد پارامترهای a و b در معادله نمایی $L=aS^b$ استفاده نمودند که L بار رسوبی بر حسب تن در روز و S معادل دبی جریان بر حسب متر مکعب بر ثانیه می باشد.

در مدل خطی با تبدیل لگاریتمی میتوان قدرت شکل خطی تابع منحنی سنجه را افزایش داده، اما Farr و Clarke در سال ۱۹۸۴، Fergusen در سال ۱۹۸۶، Koch و Smillie در سال ۱۹۸۶ عنوان نمودند، این مدل بار رسوبی متوسط را کمتر از مقدار واقعی نشان می دهد و علت آن تبدیل لگاریتمی است. Duan در سال ۱۹۸۳ تصیصح غیر پارامتریک را برای مشکل ناشی از تبدیل لگاریتمی در مدل خطی ارائه نمود که در سال ۱۹۸۹ Cohn و همکاران ضریب تصحیح انحراف را ارائه نمودند.بعضی محققان

www.SID.ir

Archive of SID

مانند Jansson در سال ۱۹۸۵ وSingh و همکاران در سال ۱۹۸۶ برای برآورد پارامترهای منحنی سنجه و اجتناب از تبدیل لگاریتمی مدل غیر خطی را پیشنهاد نمودند، اما باقیمانده خطا مدل غیر خطی دارای چوگلی زیاد و نشان دهنده توزیع خاصی نمی باشد. بهر حال جهت مقایسه انواع مدل ها غالبا از شاخص مجموع مربعات خطا استفاده می گردد. اما Draper و Smith در سال ۱۹۸۱ و Montgomery و Peck در سال ۱۹۸۲ بیان نمودند مجموع مربعات خطا(SEE) برای مدل غیر خطی همیشه در بین سا یر مدل ها کمتر است، و بر اساس این شاخص می بایستی انتخاب گردد. این در حالی است که منحنی سنجه رسوب در عمل برای پیشگویی بارهای رسوبی معلق برای جریان های غیر از نمونه ها موجود بکار گرفته می شود. لذا برای مقایسه مدل های متناوب باهم از شاخص قابلیت پیشگویی استفاده نمودند. بر اساس این شاخص مدلی که کمترین اختلاف را بین SEE و SS_{PRE} داشته باشد، مدل مناسب است. در همین راستا چارلس در سال ۱۹۹۱ در آمریکا مدل های خطی و غیر خطی وزن داده شده را مورد بررسی قرار داد. وی جامعه ای از ۵۴۷۹ مشاهده در بین سال های ۱۹۶۸ تا ۱۹۸۱ از رودخانه بیگ بلو[1] در نظر گرفت.نمونه ها بصورت تصادفی از این جامعه انتخاب و بر هر نمونه مدل های خطی، غیر خطی و غیرخطی وزن داده شده تطبیق و سپس بار رسوبی بوسیله منحنی سنجه ـ تداوم جریان بدست آورد وبا توجه به اختلاف SEE و SS_{PRE} مدل خطی را به عنوان بهترین مدل تعیین و اعلام نمودند مدل خطی دارای صحت زیاد و برآورد دقیقی از متوسط بار رسوبی معلق را دارد (البته مدل خطی با اعمال ضرایب Duan و Cohn مدنظر بوده است).

بهر حال روش های معمول برآورد درستی از باررسوب معلق ندارند و این مشکل توسط پژوهشگرانی مانند Cohn و همکاران (۱۹۸۹) Crawford (۱۹۹۱)، Weeb و Walling(۱۹۸۸) ، Walling (۱۹۹۴) ، Thomas(۱۹۸۶)، Jansson (۱۹۹۶)، میر ابوالقاسمی و مرید (۱۳۷۴) و عرب خدری (۱۳۷۵) نیز مورد تایید قرار گرفت. برخی روش های اصلاحی از قبیل، روش حد متوسط دسته ها (جانسون در سال۱۹۹۵ و میر ابوالقاسمی در سال۱۳۷۴) و روش چند خطی (میر ابوالقاسمی در سال ۱۳۷۴ و عرب خدری در سال۱۳۷۵) جهت بهبود در برآوردها را پیشنهاد نمودند. در پژوهش های صورت گرفته از نظر آماری تست قابلیت پیشگویی بر روی مدل ها ی موجود انجام نشده و یا اینکه بندرت نتایج حاصل از مدل های رایج با مشاهدات واقعی و حتی برای دوره ی کوتاه مدت مقایسه نموده اند. لذا در این تحقیق سعی شده است از سه مدل خطی،خطی شکسته (چند خطی)و حد متوسط دسته ها استفاده و با انجام آزمون های آماری، به مدل مناسب با حداقل مجموع مربعات خطا و بهترین قابلیت پیشگویی دست یافت.در ادامه نتایج حاصل از مدل مناسب با مشاهدات واقعی (اندازه گیری شده) برای یک دوره ۴۰ روزه از جریان مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

خصوصیات حوزه مورد تحقیق

حوزه آبخیز سد ایلام در شرق و شمال شرقی شهر ایلام در بین طول جغرافیایی "۴۴ ´۳۸ °۴۶ تا "۲۷ ´۴۶ °۴۷ و عرض جغرافیایی "۰۰ ´۳۹ °۳۳ تا "۲۲ ´۵۲ °۳۳ واقع شده است. مساحت آن ۲۵۵ کیلومتر مربع، متوسط بارندگی سالانه حوزه ی سد ایلام ۶۸۵ میلی متر، ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۴۳۰ متر و متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۱۵/۸ درجه سانتیگرادمی باشد. حوزه مورد مطالعه، بخشی از چین خوردگی زاگرس را تشکیل می دهد که واحدهای چینه شناسی موجود در منطقه از قدیم به جدید شامل سروک، سورگاه ایلام، گورپی، بخش امام حسن، پابده، آسماری، گچساران، و رسوبات کواترنر هستند. که واحدهای چینه شناسی موجود در منطقه از قدیم به جدید شامل سروک، سورگاه ایلام، گورپی، بخش امام حسن، پابده، آسماری، گچساران، و رسوبات کواترنر هستند.

وضعیت کمی و کیفی داده های رسوب

در طول دوره ۱۹ ساله آماری در ایستگاه آب سنجی سر جوی گل گل ۳۱۷ مورد از غلظت رسوب اندازه گیری شده، که در طول دوره آماری بطور متوسط به ازای هر ماه ۱/۷ داده موجود است. از تعداد ۳۱۷ نمونه اندازه گیری شده، تنها ۱۰ مورد در دبی های بالاتراز ۱۰ متر مکعب بر ثانیه و ۳۰۷ نمونه دیگردر دبی های کمتر از ۱۰ متر مکعب بر ثانیه اندازه گیری شده و این روند با نزدیک شدن به مقادیر حداقل دبی حالت تصاعدی پیدا می کند.

روش کار

قبل از به کار گیری داده ها مرتبط بودن داده ها، انتخاب توزیع مناسب بر اساس کمترین مجموع مربعات باقیمانده(RSS)، کفایت داده ها با استفاده از رابطه ماکوس و درستی داده هااز روش جرم مضاعف تست گردید. سپس اقدام

جدول ۱- روش های ترسیم منحنی های سنجه رسوب

نوع منحنی سنجه	روش ترسیم
۱- یک خطی	ـ از داده ها غلظت و دبی ها نظیر آن که در بین سالهای ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ اندازه گیری شده ، جهت ترسیم رگرسیونی خطی استفاده گردید.محور X دبی برحسب m^3/s و محور Y غلظت جریان بر حسب Kg/m^3 می باشد
۲- چند خطی	در این روش از همان داده ها استفاده شده ، با این تفاوت که با توجه به پراکنش ابر نقاط ، ۲ خط از میان نقاط عبور داده شده است.
۳- حد واسط دسته ها	در این روش جهت ترسیم ، ابتدا دبی های نظیر را به ترتیب صعودی مرتب نموده و به دسته هایی با فواصل مساوی تقسیم کرده و سپس دبی حد وسط هر دسته و غلظت نظیر آنها را محاسبه و مدل خطی از میان نقاط عبور داده می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

به ترسیم منحنی های سنجه بر اساس جدول۱ گردید :

در مرحله بعد با تلفیق ســه منحنی سنجه و دو نوع جریان و با ۶ روش ، بار رســوبی معلق در رودخانه حوزه سد ایلام برآورد می گردد این ۶ روش در

جدول ۲- شش روش هیدرولوژیکی برآورد بار معلق رسوب

نوع منحنی سنجه	نوع جریان	روش های متداول
۱- یک خطی	۱-۱-دبی متوسط روزانه ۱-۲-جریان تداومی	یک خطی ـ دبی متوسط روزانه یک خطی ـ جریان تداومی
۲- چند خطی (۲یا ۳)	۱-۳-دبی متوسط روزانه ۱-۴-جریان تداومی	چند خطی ـ دبی متوسط روزانه چند خطی ـ جریان تداومی
۳- حد وسط دسته ها	۱-۵-دبی متوسط روزانه ۱-۶-جریان تداومی	حد وسط دسته ها ـ دبی متوسط روزانه حد وسط دسته ها ـ جریان تداومی

جدول ۲ ملاحظه می گردد:

که برای مقایســه بین مدل ها و تعیین روش مناســب ابتــدا معنی داری ضریب همبستگی معادلات بر اساس آزمون F بررسی و سپس برای انتخاب مدل مناسب از روش آماری زیر استفاده گردید:

ـ آزمــون Cross validation و اســتفاده از شــاخص میانگیــن خطای مطلق(MAE)

جهت تعیین مدل مناســب از شــاخص میانگین خطای مطلق (MAE)و براساس رابطه (۱)محاسبه گردید.کمتر بودن میانگین خطای مطلق، نشانه تطبیق مناسب مدل است.

رابطه:۱

$$MAE = \frac{\sum_i^n |yi - yi'|}{n}$$

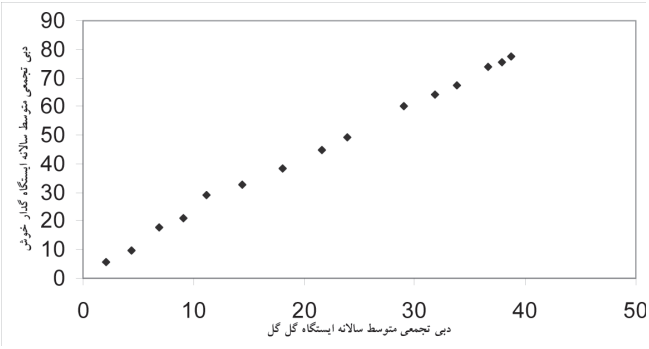
در ادامه روش تحقیق، از تلفیق ۳ نوع منحنی ســنجه(خطی، حد متوســط دسته ها و خطی شکسته) با دو نوع جریان(متوسط روزانه و تداوم جریان) و مجموعا با ۶ روش بار رســوبی معلق در حوزه ســد ایلام بر آورد و نتایج با هم مقایسه می گردد.

جهت ارزیابی مدل مناســب (منحنی ســنجه رسوب مناســب در تلفیق با دبی متوســط روزانه)اقدام به اندازه گیری باررسوبی در طی دوره ۴۰ روزه ۸۰/۱۲/۱ لغایــت ۸۱/۱/۱۰ گردید به طوری که در طی این مدت از جریان پایه به فواصل هر ســه روز یک بار و درایام ســیلابی هر ۲ ساعت یک نمونه رسوب برداشت گردید. با محاسبه باررسوبی واقعی برای دوره ۴۰ روزه و به تفکیک جریان پایه و ســیلابی و مقایسه آن با مقادیر برآوردی توسط روش مناســب اقدام به ارزیابی مدل در برآورد باررســوبی در حالت جریان پایه ، سیلابی و کل جریان گردید.

نتایج

آزمون کفایت و همگنی داده ها در دوره آماری ایستگاه سر جوی گل گل:

بر اســا س آزمون ماکوس تعداد ۱۴ ســال آمار کفایت می نماید و لذا دوره ۱۶ ســاله آماری موجود کفایت می نماید . هم چنین جهت بررســی همگنی داده ها از روش جرم مضاعف اســتفاد گردید و بر اساس شکل (۱)

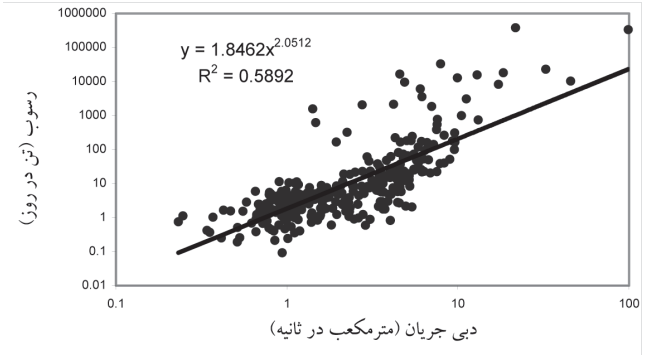


شکل۱-آزمون همگنی داده ها ایستگاه سر جوی گل گل با روش جرم مضاعف

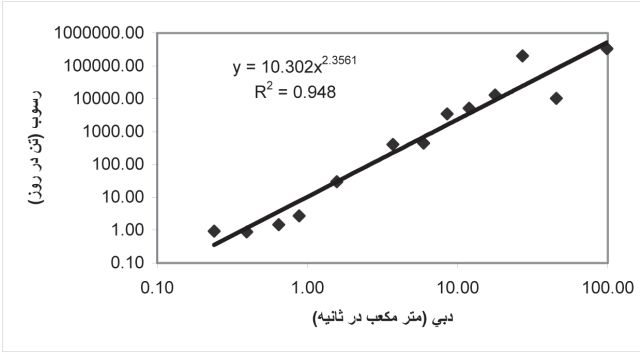
داده های مورد استفاده همگن هستند.

تعیین مدل مناسب برآورد بار معلق رسوبی

ابتدا بر داده های غلظت و دبی نظیرش سه منحنی سنجه رسوب خطی، خطی شکســته و حد وســط دسته ها به ترتیب شــکل های (۲)، (۳) و (۴)



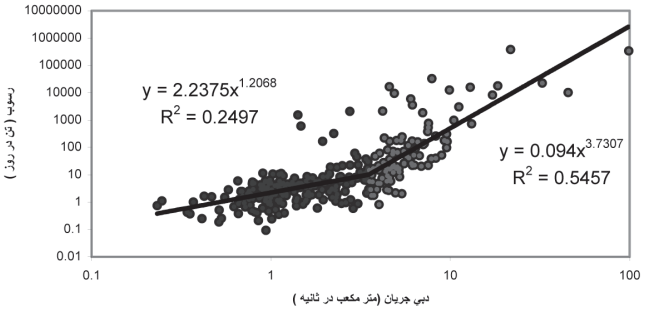
شکل۲-برازش منحنی سنجه رسوب یک خطی بر داده های غلظت رسوب



شکل۳-برازش منحنی سنجه رسوب خطی شکسته بر داده های غلظت رسوب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴-برازش منحنی سنجه رسوب حد وسط دسته ها بر داده های غلظت رسوب

برازش داده شد:

با برازش معادلات منحنی سنجه رسوب بر داده های غلظت در هر ۳ حالت، با آزمون F معنی دار بودن ضریب همبستگی بررسی گردید. در جدول ۳ نتایج آزمون به همراه مقادیر R^2 و سطح اعتماد p برای معادلات

جدول ۳- رابطه بین دبی آب و رسوب و مقدار R^2 و سطح اعتماد (p) در مدل های مختلف منحنی سنجه

نام روش	معادله	R^2 %	p
خطی	$QS= ۱/۸۴۶\ QW^{۲.۰۵۱}$	۵۸,۹	۰,۶۷۴
حطی شکسته(خط اول)	$QS= ۲/۲۳۷\ QW^{۱/۲.۰۶}$	۲۵	۰,۱۰
خطی شکسته (خط دوم)	$QS= ۰/۰۹۴\ QW^{۳/۷۳۰}$	۵۴,۶	۰,۶۹
حدوسط دسته ها	$QS= ۱۰/۳۰۲\ QW^{۲/۳}$	۹۴,۸	۰,۸۵۷

منحنی سنجه رسوب ارائه گردیده است.

نتایج بدست آمده در این قسمت نشان می دهد که در تمام مدل ها ضرایب همبستگی دارای تفاوت معنی دار است. اما سطح اعتماد نشان می دهد که بالاترین سطح اعتماد مربوط به مدل حد وسط دسته ها است.در ادامه جهت انتخاب مدل مناسب از شاخص آماری میانگین خطای مطلق استفاده گردید که نتایج در جدول ۴ ارائه گردیده است:

جدول ۴- : مقادیر شاخص میانگین خطای مطلق در منحنی های سنجه رسوب

ردیف	مدل	مقادیر دبی	مقدار MAE	ملاحظات
۱	یک خطی	تمام مقادیر	۲۶۹۰	-
۲	حد وسط دسته ها	تمام مقادیر	۲۴۹۶	-
۳	خطی شکسته	Q<۹/۳	۲۷۰	مجموع مقادیر معادل ۴۷۵۰۷/۵ است.
		Q>۹/۵	۴۷۲۳۷/۵	

نتایج نشان داد منحنی سنجه حد وسط دسته ها با بالاترین سطح اعتماد و کمترین خطا بعنوان منحنی سنجه مناسب تعیین و در تلفیق با دبی متوسط روزانه بعنوان روش مناسب انتخاب گردید.

تعیین بار رسوبی حوزه سد ایلام

در این تحقیق از تلفیق ۳ منحنی سنجه (خطی، حد وسط دسته ها و خطی شکسته) با دو نوع جریان آب (متوسط روزانه و منحنی تداوم جریان) وبا ۶ روش بار رسوبی تعیین گردیده و در جدول (۵) نتایج بر حسب تن در سال ارائه شده است.

جدول ۵- : بار رسوبی محاسبه شده با روش های ۶ گانه در حوزه سد ایلام برحسب تن در سال.

نوع جریان / نوع منحنی سنجه	دبی متوسط روزانه	منحنی تداوم جریان
خطی	۲۴۷۹۷	۲۳۳۶۵
حد وسط دسته ها	۴۲۴۰۹۴	۲۶۷۷۶۱
خطی شکسته	۱۶۷۴۲۴۳	۸۵۵۹۲۳

چنانچه در جدول ۵ ملاحظه می گردد مدل خطی کمترین برآورد، مدل خطی شکسته بیشترین و مدل حدوسط دسته برآورد متوسطی داشته اند. لذا مقادیر فوق، گویای این واقعیت است که بکارگیری مدل ها مختلف می تواند نتایج کاملاً متفاوت را در پی داشته باشد و بنابراین در این زمینه و مخصوصاً در شرایط کشورمان، نیازمند به تحقیقات بیشتر در ارتباط با اصلاح یا ابداع مدلها و مقایسه نتایج با مقادیر اندازه گیری شده غلظت ها، در فواصل زمانی کوتاه (مثلاً ۵ یا ۱۰ دقیقه) در طی حداقل یکسال با استفاده از تجهیزات خودکار گل آلودگی سنج می باشد.

مقایسه رسوبدهی روش های مختلف با روش مبنا

همانطوری که قبلاً اشاره گردیده، مدل حد وسط دسته ها، با توجه به تست های آماری، به دلیل کمترین خطا و قابلیت تخمین بهتر در تلفیق با دبی متوسط روزانه بعنوان روش مبناء انتخاب گردید. بنابراین در این مرحله، نسبت رسوب محاسبه شده سایر روش ها به روش مبنا محاسبه و مقایسه لازم انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۶ ارائه گردیده است.

نتایج حاصله از مقایسه نسبت های سایر روش ها به روش مبنا، نشان می دهد بین ۶ روش اختلاف وجود دارد که این اختلاف ناشی از به کارگیری نوع جریان و منحنی سنجه رسوب است. برای مشخص نمودن اثر مستقل نوع منحنی های سنجه، متوسط مقادیر برآورد شده در یک منحنی سنجه (بدون توجه به نوع جریان) را به مقدار متوسط در مدل مبناء(منحنی سنجه حد وسط دسته ها) تقسیم و مشخص گردید مدل خطی، ۷ درصد و مدل خطی شکسته ۳۵۷ درصد مقدار بار رسوبی مدل مبنا (حد وسط دسته ها)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- :نسبت بار رسوبی سایر روش ها به روش
مبنا (حدوسط دسته ها – دبی متوسط روزانه)

نوع جریان / نوع منحنی سنجه	دبی متوسط روزانه	منحنی تداوم جریان
خطی	۰/۰۶	۰/۰۵۵
حد وسط دسته ها	۱/۰	۰/۶۳
خطی شکسته	۳/۹۴	۲

را محاسبه می نماید.

هم چنین جهت بررسی اثر نوع جریان در برآورد بار رسوبی، تمام مقادیر محاسبه شده در روش منحنی تداوم جریان (بدون توجه به نوع منحنی سنجه) به مقادیرنظیر خود که با استفاده از دبی متوسط روزانه بدست آمده، تقسیم گردید.نتایج نشان داد که منحنی تداوم جریان بین ۵۱ تا ۹۴ درصد و بطور متوسط ۵۴ درصد مقدار باررسوبی را در مقابسه با دبی متوسط روزانه برآورد نموده است.تخمین کمتر بار رسوبی در روش منحنی تداوم جریان به عمل متوسط گیری مربوط است. بنابراین مطلوبست در برآورد رسوبدهی از جریان متوسط روزانه استفاده گردد.

ارزیابی و کنترل روش مناسب (منحنی سنجه حد وسط دسته ها – دبی متوسط روزانه)

جهت ارزیابی، باررسوبی برآوردی توسط مدل با باررسوبی اندازه گیری شده(واقعی) در طی کل جریان، پایه و سیلابی در طول دوره ۴۰ روزه مقایسه و نتایج در جدول (۷) ارائه شده است:

جدول ۷- مقادیر بار رسوبی (تن) مشاهده ای
و برآوردی توسط مدل ها در طی دوره ۴۰ روزه

روش / نوع جریان	واقعی (مشاهده ای)		مدل حد وسط دسته	
کل جریان	۳۵۳۵۶	٪۱۰۰	۱۹۵۵۳	٪۱۰۰
پایه	۱۴۱۲	٪۰۴	۱۴۵۴۹	٪۷۴/۴
سیلابی	۳۳۹۴۴	٪۹۶	۵۴۰۴	٪۲۷/۶

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول۷، ۹۶ درصد رسوب عبوری در ایام سیلابی و تنها درصد رسوب در جریان پایه عبور نموده است. این نتیجه نشان می دهد که بخش عمده رسوبات معلق در مدت کوتاهی و در زمان سیلابی از حوزه خارج می شود. در صورتی که مدل ۷۴ درصدبار رسوبی را در جریان پایه و ۲۸ درصد در حالت سیلابی برآورد می نماید پس بنظر می رسد که روش مناسب(منحنی حدوسط دسته- دبی متوسط روزانه) به دلیل تعدیل نقاط پائین دست جریان، بار رسوبی در جریان پایه را بیشتر از مقدار واقعی برآورد نموده است. جهت انجام مقایسات بیشتر، مقادیر بار رسوبی برآوردی در هر سه شکل جریان (کل،پایه و سیلابی) توسط مدل به مقادیر متناظر مشاهده شده تقسیم و بصورت درصد در جدول (۸) ارائه ملاحظه می شود :

جدول ۸ - نسبت های بار رسوبی
مدل ها به مقدار مشاهده ای به درصد

نوع جریان روش	واقعی (مشاهدهای)	مدل حد وسط دسته های سالانه
کل	۱۰۰	۵۶
پایه	۱۰۰	۱۰۳۰
سیلابی	۱۰۰	۱۶

بر اساس جدول ۸، روش مناسب (حد وسط دسته ها در تلفیق با دبی متوسط روزانه)، با رسوبی را در طول کل جریان ، پایه وسیلابی به ترتیب معادل ۵۶ ، ۱۰۳۰ و۱۶ درصد مقادیر مشاهده ای برآورد نموده است. بنابراین این یافته نشان می دهد با وجود آنکه ۹۴ درصد رسوب درایام سیلابی از حوزه خارج می گردد اما مدل برآورد خیلی کمی از بار معلق رسوبی را در ایام سیلابی دارد، و بایستی در روش های فعلی تجدید نظر گردد. بر همین اساس در ادامه این تحقیق، جهت افزایش دقت مدل از دبی های لحظه ای(آبنمود سیلاب) بجای دبی متوسط روزانه در ایام سیلابی استفاده گردید که مجدداً دقت مدل ارزیابی گردید و نتایج در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹- نبار رسوبی سیلابی (تن) برای مقادیر
مشاهده ای و برآوردی توسط مدل هیدرولوژیکی.

سیلاب روش	واقعی(مشاهده ای)	مدل حد وسط دسته ها	نسبت مقدار برآوردی به واقعی درصد
اول	۱۳۲۵	۸۴۲	۶۳/۶
دوم	۲۹۴۳۶	۱۲۸۶۱	۴۳/۷
سوم	۱۹۰۶	۱۰۶۰	۵۵/۶
مجموع	۳۲۶۶۷	۱۴۷۶۳	۴۵/۲

www.SID.ir

Archive of SID

چنانچه ملاحظه می شـود، با تلفیق آب نمود سیلاب و مدل حد وسط دسـته ها بار رسـوبی بین ۴۳/۷ تا ۶۳/۶ و بطور متوسط ۴۵/۲ درصد مقدار واقعـی را برآورد می کند، که در مقایسـه با بکارگیری دبی متوسـط روزانه ۲/۷۳ برابر برآورد بار رسـوبی در حالت سـیلابی را بهبود داده که رقم قابل توجهی اسـت. این نتیجه تاییدی اسـت بر یافته عرب خـدری و معمارزاده (۱۳۸۰) کـه در تحقیقات خود با تعیین نسـبت دبی پایـه به اوج جریان و تاثیرآن بر ضریب معادله منحنی سنجه اعلام کردند که استفاده از آب نمود سـیلاب، بخصوص در رودخانه هایی که شـدت تغییرات جریان در آنها زیاد اسـت، میتواند تا حدود ۳ برابر مقدار بار رسوبی برآورد شده را افزایش دهد. دیگر نتایج نشـان می دهد مدل حدوسط دسـته ها، با احتساب بار رسوبی سیلابی حاصل از آبنمود سیل ها ، کل بار رسوبی در طی دوره مذکور معادل ۲۹۳۱۳/۱۳ تن برآورد می کند که ۸۳ درصد بار رسـوبی واقعی اسـت. لذا مدل حد وسـط دسـته ها در تلفیق با آبنمود سیل دارای دقت بیشتری در برآورد بار معلق رسـوبی بوده و این روش برای تعیین بار معلق رسـوبی در حوزه های آبخیز توصیه می شود.

بحث

در بین سـه نوع منحنی سنجه(خطی، خطی شکسته و حد وسط دسته ها)، مدل حد وسـط دسته ها دارای کمترین خطا اسـت. یکی از دلایل حصول این نتیجه آن است که در ایستگاه های هیدرومتری نمونه برداری از غلظت در طبقات پائین جریان آسـان تر بـوده و بنابراین تعداد نمونه های در دبی های پائین، زیاد و در دبی های بالا، کم اسـت. لذا مدل حد وسـط دسته ها با دسـته بندی جریان و تعدیل داده های در طبقات پائین جریان برآوردی دقیق تری نسـبت به سـایر منحنی سنجه ها رسوب دارد. این نتیجه توسط Jansson(۱۹۹۵)و میرابوالقاسـمی(۲۰،۱۳). مـورد تایید و به عنوان روش مناسب ارائه نمودند.

ارزیابی روش مناسـب (منحنی سـنجه حد وسط دسـته ها – دبی متوسط روزانه) نشـان داد روش مناسـب ۵۶ درصد باررسـوبی واقعـی را برای کل جریان برآورد نموده است. همچنین مدل بار رسوب در جریان پایه را معادل ۱۰ برابـر مقدار واقعی برآورد نماید. بنابرایـن تعدیل نقاط در طبقات پائین جریان باعث افزایش برآورد رسـوب در جریان پایه شـده که این نتیجه در تحقیقات قبلی ارائه نشـده است. بر اسـاس دیگر نتایج، برآورد ۱۶ درصدی مدل در جریان سیلابی، نشان دهنده ی ضعف مدل، در برآورد بار رسوبی در ایام سـیلابی اسـت، که عرب خدری در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده و جهـت افزایش برآوردها بـه کارگیری آب نمود سـیلاب را توصیه نموده است(۸). بر همین اسـاس جهت افزایش برآورد رسوب در ایام سیلابی، آب نمود سـیل بجای دبی متوسـط روزانه در تلفیق با منحنی سنجه حد وسط دسته ها بکارگرفته شد. این امر سبب گردید با به کارگیری آب نمود سیلاب در تلفیق با مدل حد وسـط دسـته ها، برآورد بار رسوبی سیلابی ۲/۷۳ برابر نسبت به دبی متوسط روزانه بهبود یابد.که با نتایج عرب خدری ومعمار زاده (۱۳۸۰) هـم خوانی دارد. ایشـان در تحقیقات خـود نتیجه گرفت با به کار گیـری آب نمود سـیلاب میزان برآورد ها تا ۳ برابـر افزایش می یابد. لذا موارد زیر جهت بر آورد بهتر بار رسوبی معلق توسط مدل های هیدرولوژیکی پیشنهاد می گردد:

۱- بـرای تعییـن بار رسـوبی، در جریان پایه و سـیلابی بـه ترتیب از دبی متوسـط روزانه و آب نمود سـیلاب در تلفیق با منحنی سنجه رسوب مورد نظر استفاده گردد.

۲- منحنی سـنجه حد وسط دسته ها به دلیل کمترین خطا ، مدل مناسب تشخیص داده شد .

۳- با توجه به نتایج این تحقیق، ۹۶ درصد بار رسـوبی در مواقع سیلابی از حوزه خارج شده است. لذا نیاز به ارزیابی و روندیابی بیشتر غلظت جریان در مواقع سـیلابی است. هم چنین دقت و صحت مدل ها در برآورد بار رسوبی در ایام سیلابی مد نظر و مدل مناسب انتخاب گردد.

سپاسگزاری

در اینجـا بـر خود لازم می دانـم از جناب دکتر نادر بیرودیـان، دکتر علی نجفی نژاد، دکترفرهاد یغمایی، مهندس محمود عرب خدری و دکتر ابوافضل مسـاعدی به خاطر راهنمایی های ارزنده شـان درطول انجـام این تحقیق تشکر نمایم، همچنین از جناب دکتر جعفر حسین زاده ریاست محترم مرکز تحقیقات کشـاورزی و منابع طبیعی ایلام و سـایر همکاران گرامی به خاطر همکاری بی دریغ و زحماتی که متحمل شده اند کمال تشکر و سپاسگذاری را دارم.

پاورقی‌ها

1-Big Blue

منابع مورد استفاده

۱- اسـماعیلی، ن.،م. مهدوی (۱۳۷۸) بررسی دبی موثر جهت انتقال رسوبات معلق در آبراهه های حوزه های آبخیز سد زاینده رود. مجموعه مقالات سمینار ملی فرسایش و رسوب.

۲- افشار، ع . (۱۳۶۹) هیدرولوژی مهندسی . مرکز نشر دانشگاهی . چاپ دوم . ص ۴۴۱.

۳- تر خورانی، ح . (۱۳۸۰) مدل بهینه جهت برآورد رسوب حوزه معرف لیقوان از بین مدلهای آماری ـ ریاضی. پایان نامه کارشناسـی ارشد دانشکده مرتع و آبخیز دانشگاه گرگان .

۴- رفاهی، ح . (۱۳۷۵) . فرسـایش آبی و کنترل آن دانشگاه تهران، چاپ اول . ص ۲۶۰.

۵- سـازمان جهاد کشـاورزی اسـتان ایلام (۱۳۷۳) مطالعـات توجیهی طرح آبخیزداری حوزه چم گردلان. جلد ۸.

۶- شـهبازی ، خ. (۱۳۷۹) تخمین فرسـایش و رسوب با استفاده از روش های کیفی ژئومرفولوژی (واحدکاری) و EPM و مقایسـه آن با آمار خروجی رسوب در حوزه سـد ایلام. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.

۷- صحت نیاکی، ا .،ع. مطهری (۱۳۷۸) بار رسـوب ورودی به سـد پیشـین . سمینار ملی فرسایش و رسوب.

۸- عـرب خـدری، م.،ش. حکیم خانی(۱۳۷۵) ضـرورت تجدید نظر در روش متداول برآورد و بار معلق رودخانه ها. پنجمین سمینار ملی رودخانه.

۹- عرب خدری، م. (۱۳۸۰) روش های افزایش دقت برآورد بار معلق رودخانه ها. همایش ملی مدیریت اراضی ـ افزایش خاک و توسعه پایدار.

۱۰- عـرب خدری، م.،س.م.، عبدالهی معمار زاده(۱۳۸۰) اثر بکارگیری آبنمود

www.SID.ir

Archive of SID

سـیلابها در دقت برآورد بار معلق. همایش ملی مدیریت اراضی ـ فرسـایش خاک و توسعه پایدار.

۱۱- مطیعی،ه. (۱۳۷۲) زمین شناسی ایران (چینه شناسی زاگرس). چاپ اول. انتشارات سازمان زمین شناسی ایران، ص ۵۳۶.

۱۲- مهدوی، م . (۱۳۷۸) هیدرولوژی کاربردی. دانشگاه تهران. جلد دوم، چاپ دوم . ص ۳۸۵.

۱۳-میرابوالقاسـمی، ه.،س.، مرید(۱۳۷۴) بررسـی روش هـای هیدرولوژیکی برآورد بار معلق رودخانه ها. نشریه شماره۱۶منابع آب.

۱۴- میر ابوالقاسـمی، ه.،س.، مرید(۱۳۷۴) بررسی رسوب خیزی حوزه آبخیز رودخانه کرخه و برخی عوامل موثر در آن. مجموعه مقالات سمینار ملی فرسایش و رسوب، معاونت آبخیزداری . وزارت جهاد کشاورزی.

۱۵- وزارت نیرو. اداره کل امور آب اسـتان ایلام. آمار دبی جریان روزانه آب و غلظت رسوب.

۱۶- قدیـری ، ح . (۱۳۶۸) حفاظت خاک . چاپ دوم . انتشـارات دانشـگاهی تهران. ۴۷۰ ص.

۱۷- شـفاعی بجستانی ، م. (۱۳۷۸) هیدرولیک رسوب ، چاپ اول . انتشارات شهید چمران، ۲۷۵ص.

18-Charles, C.G.(1991) Estimation of suspended- sediment rating curves and mean suspended- sediment load. *J. hydrol*. 129:31-348.

19-Gregorg, l. M.(1997) *Reservoir sediment Handbook*.

20-Jansson. M. B.(1996) Estimating a sediment rating curves of the Reventazon River at palomo using means Load within discharge classes, *Journal of Hydrology*, Vol. 183. No.4.227-241.

21-Sing, V.(1995) *Hydrologic system watershed modeling* .Vol II.

22-Thomas, R.B.and J.Lewis (1995) An evaluation of flow- stratified sampling for estimating suspended loads.*Journal of Hydrology*. Vol. 170, PP.27-45.

23-Wang, Guang,V.P.Sing,G.C.Ling, and H.Kexin (1991) Discrete linear models for run off and sediment discharge form the Loess plateau of China *Journal of Hydrology*. 127(1991) PP-155-171.

24-Wan Ruslan. I.(2000) the hydrology and sediment yield of the sung an Air Terjum Catchment, Penung Hill, Malaysia. *Journal of since Hydrological*, 45(G) December (2000).

25- Zhang, L., Gregor, D. J. and Vernat, J-P. (1989) Apply caution of a digital filter for modeling river suspended sediment concentrations, *J. Hydro*., 108: 267-279.

www.SID.ir