Archive of SID

پژوهش های آبخیزداری شماره ۸۴، پاییز ۱۳۸۸
(پژوهش و سازندگی)

ارزیابی وتوسعه منحنی های سنجه رسوب در برآورد بار رسوبی وقایع سیلابی (منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز قره چای)

• **فاطمه داداش زاده اصل**،کارشناسی ارشد منابع طبیعی(نویسنده مسئول)
• **محسن محسنی ساروی**، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران(آبخیزداری)
• **حسن احمدی**، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران(آبخیزداری)
• **جواد وروانی** ، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

تاریخ دریافت: مهرماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۷
تلفن تماس: ۰۹۱۱۳۸۱۳۸۵۱
Email: fateme.dadashzade@yahoo.com

چکیده

برآورد رسوب دهی وقایع سیلابی از چالش های مهم واساسی در زمینه مدیریت حوزه های آبخیز می باشد،از طرفی تحقیقات اندکی در زمینه فهم رفتار رسوب دهی سیلابی وکاربرد منحنی های سنجه رسوب در جهت برآوردبار رسوبی وقایع سیلابی انجام شده است. به منظور بررسی میزان خطای حاصله از کاربرد منحنی های سنجه رسوب در برآورد بار رسوبی وقایع سیلابی، مقادیر برآوردی ۱۰ نوع منحنی سنجه رسوب یک متغیره و چندمتغیره با رسوب مشاهداتی در شاخه های صعودی و نزولی هیدروگراف چند واقعه سیلابی در ایستگاه هیدرومتری پل دوآب (رودخانه قره چای استان مرکزی) مورد مقایسه قرار گرفت. با درنظرگرفتن شاخص های مختلف صحت و دقت مشخص گردید، روش فائو نسبت به بقیه روش ها عملکرد بهتری داشته و برآورد نسبتا نزدیکتری به مقدار واقعی بدست می دهد، از آنجائیکه ضریب فائو ضریب افزاینده ای به حساب می آید از این رو برآوردهای زیر حد واقعی منحنی های سنجه یک خطی و حدواسط را افزایش می دهد و به مقدار واقعی نزدیکتر می سازد.علیرغم کارایی موثر روش چندمتغیره در برآورد بار رسوبی سالیانه بعلت پراکنش نامناسب داده های سیلابی این روش در برآورد بار رسوبی هیدروگراف سیل ناکار آمدی خود را نشان داد.

کلمات کلیدی: : رسوب دهی، منحنی سنجه رسوب، هیدروگراف سیل، روش چند متغیره، حوزه آبخیز قره چای

www.SID.ir

Archive of SID

Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi) No 84 pp: 28-35

Evaluation and developing sediment rating curves models for estimating sediment yield of flood events (Case of study: Ghare Chay Basin)

By: F.Dadashzadeh Asl, MSc in Natural Resourus (Corresponding Author.Tel:0989113813851)

M.Mohseni Saravi. Academic Member of Tehran University

H.Ahmadi. Academic Member of Tehran University

J.Vervani. Academic Member of Islamic Azad University (Arak Branch)

Estimating flood events sediment yield is of the main and basic issues in watershed management strategies .On the other hand there are little investigations about sediment yield behavior of the flood events and applicability of the sediment rating curves to estimate sediment load of flood events. In this research in order to investigate bias and errors of the sediment rating curves in estimating sediment load of the flood events ,the estimated values of 10 kind of rating curves(one- variable and Multi-variable) compared by the observed values of some hourly monitored flood events in the Gharachay River of Markazi provinces .By considering accuracy and precision indexes the results shows that in this case the FAO's method has relatively closer estimates to the observed one because FAO coefficient is increaser coefficient, therefore increase one line and middle limit sediment rating curve under estimating in closed to actual value. and despite of suitable applicability of the Multi-variable sediment rating curve method in estimating annual sediment yield in reason of un suitable disperse of flood data , it could not prove to be applicable in the flood events cases.

Keywords: Sediment yield, Sediment rating curve,Flood hydrograph, Multi-variable Method, Sediment rating curve,

مقدمه

بررسی های علمی در مورد انتقال رسوب معلق رودخانه ها بیش از ۱۰۰ سال است که انجام می شود(Walling و همکاران ،۱۹۹۲)، به طوریکه نخستین نمونه برداری از بار معلق رودخانه ها در سال ۱۸۴۵ میلادی در رودخانه می سی سی پی انجام شد. پس از آن درسال ۱۸۶۳ در رودخانه های سن و مارن فرانسه و درسال ۱۹۳۹ در رودخانه نیل صورت پذیرفت و به تدریج در سرتاسر جهان توسعه یافت. رسوب خارج شده از آبخیزها بوسیله فرآیندهای برخورد، انتقال و شستشو مواد خاکی توسط بارندگی و رواناب ایجاد می گردد. برآورد بار رسوبی در طیف وسیعی از بررسی ها مانند طراحی مخازن و سدها، انتقال رسوب و آلودگی ها در رودخانه ها و دریاچه ها، طراحی کانال های پایدار سدها، محافظت از ماهی ها و جانداران زنده، تعیین اثرات مدیریت آبخیزها و ارزیابی تاثیرات محیطی مورد نیاز است.

اندازه گیری رسوب معلق رودخانه ها در ایران به صورت برنامه ای منظم از سال های دهه ۴۰ شمسی آغاز شد و هم اکنون حدود ۵۰۰ ایستگاه رسوب سنجی در سطح کشور وجود دارد. در بیشتر حالات، دستگاه ها بطور ممتد داده های دبی را اندازه گیری نمی کنند. داده های غلظت نیز به علت هزینه زیاد نمونه برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی با فراوانی کمتری اندازه گیری می شود. بنابراین محققان برای بدست آوردن غلظت یا بار معلق دراز مدت به روش های برآورد متوسل می شوند (میرمعینی ،۱۳۸۶).

به طور کلی روش های برآورد بار معلق رودخانه ها به دو دسته تقسیم شده اند. دسته اول روش های مبتنی بر قوانین دینامیک و مکانیک سیالات که عموما توسط متخصصان و صاحب نظران علم هیدرولیک ارائه شده است و دسته دوم روش های مبتنی بر اندازه گیری های مستقیم و تحلیل های آماری که بیشتر توسط صاحب نظران علم هیدرولوژی توصیه شده اند (میرابولقاسمی و مرید، ۱۳۷۴). این روش ها به دو شکل مورد استفاده قرار میگیرند.

۱- استفاده از داده های موجود و یافتن بهترین روش برآورد

۲- نمونه برداری و یافتن بهترین روش آن و کم کردن تعداد نمونه و بدست آوردن برآورد قابل قبول بار رسوبی.

تقسیم بندی دیگر توسط Preston و همکاران (۱۹۸۹) و Quilb و همکاران(۲۰۰۶)انجام گردید، که طبقه بندی جامع تری می باشد. که عبارتست از برآورد کننده های میانگین[1]، برآورد کننده های نسبتی[2]وبرآورد کننده های رگرسیونی[3] و برآورد سطح رسوب طراحی[4]. در هر طبقه، اصول آماری ویژه ای پیاده می شود و در صورتی که خصوصیات داده ها مشخص باشد می توان یکی از روش های مذکور را برای مطالعه و بررسی انتخاب نمود.

Lemk(۱۹۹۱) بیان می دارد که ساده ترین شکل معادلات رگرسیونی که مستلزم تغییر شکل لگاریتمی داده های غلظت و دبی می باشد به شکل $C=aQ^b$ بوده که در آن c غلظت رسوب معلق در رواناب و Q دبی جریان آب و a و b پارامترهای رگرسیونی می باشند. منحنی های سنجه رسوب را می توان به عنوان نمونه ای از مدل جعبه سیاه نام برد که ضرائب a و b در معادله هیچ مفهوم فیزیکی ندارند با وجود این تعدادی تفسیر فیزیکی اغلب به آنها نسبت داده می شود ضریب a شاخصی از شدت فرسایش است. مقادیر بالای ضریب نشاندهنده فرسایش بالای تشکیلات زمین شناسی حوزه آبخیز است که به آسانی منتقل می شوند. ضریب b توان فرسایندگی رودخانه است، با کمی افزایش در دبی، قدرت فرسایندگی به شدت افزایش می یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

دو نوع اریب به مدل های رگرسیون خطی وارد می شود. اریب نوع اول مربوط به نوع روشی است که برای بدست آوردن معادله رگرسیون به کار می رود و اریب نوع دوم که به علت تغییر حالت از لگاریتمی به حالت طبیعی ناشی می گردد. اریب نوع اول را می توان تا حدودی با کاربرد روش مناسب مثل حداقل مربعات که تا حدودی ناریب می باشد، کاهش داد. ولی در مورد اریب نوع دوم بایستی یکسری تصحیحات مثل اضافه کردن متغیرهای مستقل اضافی به معادله انجام داد(ذرتی پور،۱۳۸۶).

Cohn(۱۹۹۲) مدل ۷ پارامتری را ارائه می دهد که در آن دبی و زمان بصورت توابع مختلف در مدل رگرسیونی وارد می شوند که جزئیات این مدل در زیر آمده است.

$$Ln(C) = \beta_{0+}\beta_1 Ln(\frac{Q}{Q}) + \beta_2 (Ln(\frac{Q}{Q}))^2 + \beta_3 (T-t) + \beta_4 (T-t)^2 + \beta_5 \sin(2\pi t) + \beta 6\cos(2\pi t) + \varepsilon$$

ε: اشتباه، t: زمان، Q: دبی، : β پارامتر و TوQ مقدار متغیرهای متمایل به مرکز می باشند.

Zhongwei(۲۰۰۶) نیز به مقایسه این مدل ۷ پارامتره با روش کریکینگ[۵]و کوکریکینگ[۶]در رودخانه والنت کریک[۷] پرداخت. نتایج نشان داد که این مدل برآورد خوبی از غلظت رسوب می دهد اما مقادیر کم را کمتر از واقعیت و مقادیر بالا را بیشتر از واقعیت نشان می دهد.

عرب خدری و زرگر(۱۳۷۴) در تحقیقی که در البرز شمالی صورت گرفت و با تحلیل منطقه ای رسوب، روابط چند گانه بین میزان رسوب معلق سالیانه آبخیز و ویژگی‌هایی از قبیل آبدهی، اقلیم، پوشش گیاهی و فیزیوگرافی را به روش رگرسیون چندمتغیره مورد بررسی قرار دادند و با توجه به نتایج بدست آمده مناسب ترین مدل رسوب دهی را که در آن متغیرهای مساحت، شیب و دبی حداکثر متوسط روزانه با دوره بازگشت دوساله دخیل بودند را پیشنهاد می کنند.

رضایی‌فرد و همکاران(۱۳۸۱) با کاربرد منحنی سنجه یک خطی به برآورد بار رسوبی چند واقعه سیلابی پرداخته و برآوردهای مذکور را مبنای سنجش کارایی مدل معادله جهانی فرسایش خاک تغییریافته[۸] قرار می دهد.

صادقی و همکاران (۱۳۸۴) با نمونه برداری از چند واقعه سیلابی در حوزه آبخیز زرین درخت استان چهارمحال بختیاری معادلات مختلفی برای برآورد رسوب لحظه ای وقایع سیلابی ارائه می دهد که می تواند در تخمین رسوب لحظه ای هیدروگراف سیلابهای حوزه آبخیز زرین درخت بکار روند.

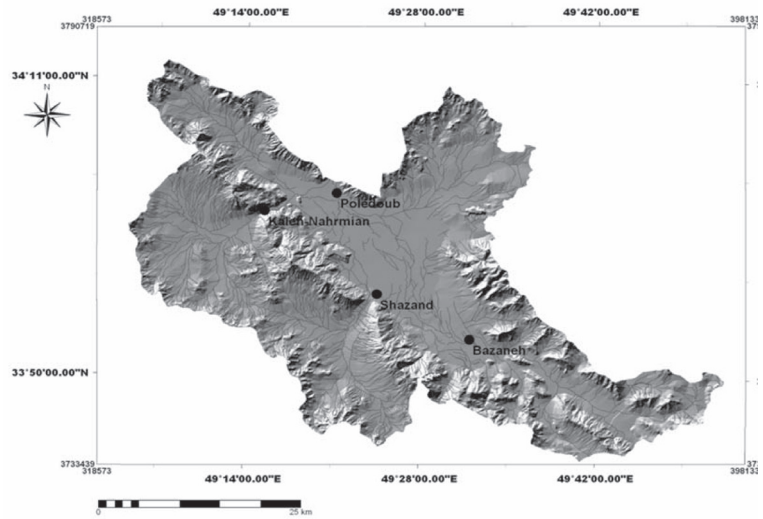
برزگری(۱۳۸۴) در بررسی مقایسه بین چند روش برآورد بار معلق، مطالعه موردی در حوزه آبخیز قزل اوزن به این نتیجه رسید که روش های متداول برآورد رسوب شامل USBR، جاماب و منحنی سنجه رسوب به ترتیب مقدار رسوب معلق را ۴۱/۴۷ و ۴۳ درصد کمتر برآورد می نماید و لذا به منظور برآورد رسوب معلق باید در روش های متداول تجدیدنظر صورت گیرد و یا در صورت استفاده از روش های موجود باید در سیستم نمونه گیری از رسوب اصلاحاتی صورت گیرد.

در زمینه کاربرد منحنی های سنجه رسوب در برآورد بار رسوبی سالانه مطالعات زیادی انجام شده است. لیکن با توجه به نقش زیاد رسوبدهی وقایع سیلابی در آورد رسوب سالانه، کاربرد منحنی‌های سنجه رسوب در برآورد بار رسوبی هیدروگراف سیل مطالعاتی درایران صورت نگرفته است. یکی از دلایل مهم این کار نبود پشتوانه آماری مناسب در این زمینه می باشد. مزیت تحقیق حاضر در جهت اعتبار سنجی کاربرد منحنی های سنجه رسوب در برآورد بار رسوبی وقایع سیلابی بوده است

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قره چای با مساحت ۱۷۵۰/۹۲ کیلومتر مربع در بین عرض جغرافیایی۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و طول ۴۹ درجه و ۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و۵۰ دقیقه شرقی قرارداد. طول آبراهه اصلی این حوضه ۷۱/۲ کیلومتر و ارتفاع حداقل آن ۱۸۳۴/۲ متر و حداکثر ارتفاع ۳۲۸۰ متر می باشد. ایستگاه هیدرومتری و رسوب سنجی پل دو



شکل۱-نمای سه بعدی حوزه آبخیز مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه هیدرومتری پل دوآب

Archive of SID

آب در خروجی این حوزه آبخیز قراردارد. اقلیم منطقه در طبقه بندی دو مارتن در محدود اقلیم نیمه خشک سرد قرار دارد. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۱/۸ سانتی گراد می باشد. شکل ۱موقعیت حوزه و ایستگاه پل دوآب را نشان می دهد

.

رسم منحنی سنجه رسوب یک خطی با استفاده از دادههای همزمان دبی جریان و رسوب و محاسبه ضرایب اصلاحی CF۱، CF۲، FAO و MVUE با استفاده از فرمول های زیر برای منحنی سنجه رسوب یک خطی

در روش[۹] MVUE(برآورد کننده نا اریب با حداقل واریانس) تصحیح اریب برای هر یک از مقادیر دبی روزانه به کار برده می شود (Cohn و همکاران ،۱۹۸۹). معادلات این روش به صور ت زیر است .

$$g_m = \frac{m+1}{2m}\{(1-V)S^2\}$$ رابطه (۱)

$$\hat{L}_{MVUE} = L_{g(t)}.g_m$$ رابطه (۲)

رابطه (۳)

$$V = \frac{1}{N} + \left[\frac{(\ln(Q_x) - \overline{\ln(Q)}^2}{\sum_{i=1}^{N}(\ln(Q_i) - \overline{\ln(Q)}^2}\right] = \frac{1}{N} + \left[\frac{(\ln(Q_x) - Q_{Bar})^2}{Q_{var}}\right]$$

در این معادلات $\hat{L}_{MVUE}$ رسوب برآورد شده از روشLRc(t)،MVuE بار رسوبی برآورد شده از منحنی سنجه برای هر روز t، gm تابع فینی ،Q_x میانگین دبی جریان روزانه ، Q دبی جریان لحظه ای ، N تعداد داده،Qvar واریانس دبی های جریان، QBar: متوسط دبی وS اشتباه استاندارد منحنی سنجه می باشد.

در روش فائو به جای ضریب a در رابطه$Q_s=aQw^b$ ضریب به شرح زیر توصیه شده است(Jones و همکاران،۱۹۸۱).

$$a = \frac{\overline{Q}_s}{a\overline{Q}_w^b}$$ رابطه(۴)

$\overline{Q}_w$ میانگین حقیقی دبی های جریان مشاهده ای و $\overline{Q}_s$ میانگین حقیقی دبی های رسوب معلق مشاهده ای در طول دوره آماری است.

معادله کلی روش QMLE[۱۷] (CF۱) به صورت زیر است:

$$\hat{L}_{QMLE} = L_{Rc}.\exp(\frac{S^2}{2})$$ رابطه(۵)

در این جا $\hat{L}_{QMLE}$ رسوب برآورد شده از روش QMLE می باشد

LRc :رسوب برآورد شده با استفاده از منحنی سنجه و S۲ مجذور میانگین اشتباه رگرسیون می باشد. این روش به نام روش پارامتری CF۱ نیز گزارش شده است .(Duan،۱۹۸۷، Ferguson،۱۹۸۳)

روش CF۲ که یک روش غیر پارامتری است شکل کلی معادله آن به صورت زیر است:

$$L_s = L_{RC}\frac{\sum_{i=1}^{N}\exp(ei)}{N}$$ رابطه(۶)

Ls: رسوب برآورد شده با استفاده از روش غیرپارامتری

ei: باقی مانده حداقل مربعات معادله منحنی سنجه بوده و در واقع تفاوت لگاریتم طبیعی رسوب مشاهده شده است. (Thomas،۱۹۸۵)

۳- ترسیم منحنی سنجه رسوب دو خطی: دراین روش داده ها به دوبخش تقسیم شده و برای هر بخش رابطه جداگانه ای برای برآورد رسوب بدست می آید.

۴- ترسیم منحنی سنجه رسوب حد وسط : برای ترسیم منحنی سنجه رسوب حدوسط، دبی رودخانه ها را دسته بندی کرده و از میانگین رسوب این دسته ها برای ترسیم منحنی استفاده می شود، سپس ضریب اصلاحی MVUE در مقادیر بدست آمده این روش اعمال گردید.

۵- ترسیم منحنی سنجه رسوب چند جمله ای: در منحنی سنجه رسوب چندجمله ای دبی به صورت توانی نیز وارد معادله می گردد.

۶- اعمال ضرایب تصحیح CF۱، CF۲، FAO و MVUE در مقادیر رسوب برآوردی ۵ واقعه سیلابی ایستگاه پل دوآب

۷- برآورد رسوب توسط روش منحنی سنجه رسوب چندمتغیره: .اساس کار در این روش معادله ۷ پارامتره کوهن می باشد. اولین مرحله در برآورد رسوب به وسیله منحنی سنجه رسوب چند متغیره استخراج پارامترهای مدل از داده های هم زمان دبی و رسوب می باشد، پس از آن متغیرهای ورودی به مدل با استفاده از روش گام به گام[۱۱] در نرم افزارآماری SPSS انتخاب و چندین مدل توسط نرم افزار ارائه می گردد که از این مدل ها مدلی را که بالاترین ضریب همبستگی یا ضریب تبیین را دارا باشد انتخاب کرده و آن را برای برآورد رسوب بکارمی گیرند.

۸- به کار گیری روابط بدست آمده از ۱۰ روش منحنی های سنجه برای ۵ واقعه سیلابی ایستگاه مورد نظر و برآورد رسوب به وسیله هر یک از این روش ها

۹- برآورد صحت و دقت هر یک از ۱۰ روش برای هر ۵ واقعه سیلابی به وسیله شاخص های مجذورمربعات میانگین[۱۲] و اریب[۱۳]به عنوان شاخص صحت و ضریب تغییرات به عنوان شاخص دقت و مقایسهٔ صحت و دقت روش های بکار برده شده در هر سیلاب و انتخاب بهترین روش برای واقعه سیلاب.

نتایج

- محاسبه مقادیر رسوب برآوردی به روش های مختلف برای ۵ واقعه سیلابی

مقادیر رسوب به وسیله ۱۰ روش مورد بررسی برای ۵ واقعه سیلابی ایستگاه پل دوآب برآوردگردید. به عنوان نمونه رسوب برآوردی برای یک سیلاب در جدول ۱ ارائه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱-نمقادیر برآوردی رسوب برای یک واقعه سیلابی(سیلاب۴)در ایستگاه پل دوآب

یک خطی	حدوسط	یک خطی MVUE	حد وسط MVUE	ضریب فائو	CF۱	CF۲	دو خطی	چندجمله ای	چندمتغیره
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۷/۲۳	۲۱/۲۶۱	۱۹	۲۲	۴۶/۷۶۱۲	۲۸/۷۲۳۴۹	۳۰/۷۱۲۱۱	۱۲/۹۲۲۰۲	۲۱۹۲۲/۲	۱/۵۳۲۶۸
۴۴/۱۲	۶۱/۰۸	۴۸	۶۳	۱۱۸/۹۷۴۹	۷۳/۴۲۵۳	۷۸/۶۱۶۹۸	۲۷/۱۱۵۴۹	۶۴/۷۹	۲/۹۳۰۹۰۷
۱۲۳/۱۲	۱۹۵/۵۹۱	۱۳۵	۲۰۲	۳۲۲/۰۱۱۱	۲۰۵/۱۸۲۹	۲۱۹/۳۸۴۴	۱۲۴/۶۴۳۱	۲۰۶/۷۷۲۲	۷/۱۲۱۷۶۱
۲۰۷/۵۳۶۵	۳۵۳/۵۸۷	۲۲۷	۳۶۵	۵۵۹/۶۲۵۹	۳۴۵/۸۵۱۲	۳۶۹/۷۹۵۵	۲۷۰/۸۵	۳۸۵/۸۲۶۲	۱۱/۹۹۲۲۳
۲۹۸/۶۷۶۸	۵۲۳/۷۲۷	۳۲۶	۵۵۱	۸۰۴/۶۰۷۱	۴۷۹/۲۴۷۴	۵۳۱/۶۷۶۹	۴۶۴/۵۷۷۳	۶۰۶/۵۳۴۴	۱۷/۷۱۵۱۳
۳۷۱/۶۲۲	۶۸۵/۲۷	۴۰۶	۷۰۷	۱۰۰۲/۶۷۲	۶۱۹/۶۵۱۷	۶۶۲/۵۵۲۱	۶۴۴/۳۳۳	۸۰۳/۵۳۴۴	۲۲/۶۸۳۹۱
۵۴۶/۵۷۸۶	۱۰۶۵/۳۰	۵۹۶	۱۰۹۷	۱۴۷۳/۹۰۸	۹۱۰/۸۷۵۵	۹۷۳/۹۳۸۳	۱۱۴۲/۳۳۳	۱۳۳۳/۰۹	۳۵/۶۸۶۶
۶۴۸/۵۸۳۴	۱۲۸۷/۴۴	۷۰۷	۱۳۲۹	۱۷۴۸/۹۸	۱۰۸۰/۸۶۷	۱۱۵۵/۶۹۳	۱۴۷۳/۱۴۷	۱۶۷۷/۰۷	۴۴/۰۰۰۸۴
۷۶/۷۹۹۷	۱۵۴۲/۸۴	۸۲۹	۱۵۹۲	۲۰۵۱/۹۷	۱۲۶۷/۸۷۵	۱۳۵۵/۶۵۴	۱۸۶۷/۴۷۵	۲۰۸۴/۶۱۴	۵۳/۷۳۴۶۴
۷۶۰/۷۹۹۴	۱۵۴۲/۸۴	۸۲۹	۱۵۹۲	۲۰۵۱/۵۷	۱۲۶۷/۸۷۵	۱۳۵۵/۶۵۴	۱۸۶۷/۴۷۵	۲۰۸۴/۶۱۴	۵۳/۷۳۴۶۴
۷۶۰/۷۹۹۴	۱۹۴۴/۹۲	۱۰۱۶	۲۰۰۷	۲۵۱۶/۳۸۲	۱۵۵۵/۱۲۵	۱۶۶۲/۷۹۱	۲۵۲۹/۷۳۶	۲۷۶۲/۱۸۱	۷۷/۸۳۷۵
۱۰۱۳/۸۱۱	۲۱۳۶/۶۱	۱۱۰۳	۲۲۰۵	۲۷۳۳/۸۵	۱۶۸۲/۵۲	۱۸۰۶۴/۹۱	۲۸۶۱/۴۰۹	۳۰۹۹/۷۶۲	۷۷/۸۳۵۵
۱۰۱۳/۸۱	۲۱۳۶/۶۱	۱۱۰۳	۲۲۰۵	۲۷۳۳/۸۵	۱۶۸۹/۵۲	۱۸۰۶۴/۹۱	۲۸۶۱/۴۰۹	۳۰۹۹/۷۶۲	۷۷/۸۳۵۵
۱۳۴۱/۸۱	۲۸۶۹/۲۵	۱۴۳۰	۲۹۶۰	۳۵۴۵/۵۲۶	۲۱۹۱/۱۳۶	۲۳۴۲/۸۳۵	۴۲۱۱/۰۹۳	۴۴۶۶/۸۸	۱۱۰/۲۱۰۳
۱۳۴۱/۸۱	۲۸۶۹/۲۵	۱۴۳۰	۲۹۶۰	۳۵۴۵/۵۲۶	۲۱۹۱/۱۳۱	۲۳۴۲/۸۳۵	۴۲۱۱/۰۹۳	۴۴۶۶/۸۸	۱۱۰/۲۱۰۳
۳۰۰۷/۶۹۱	۷۳۳۶/۳۶	۳۲۶۲	۷۵۵۷	۸۱۱۰/۵۶۱	۵۰۱۲/۲۲۹	۵۳۵۹/۳۴۹	۱۴۷۶/۱۴۷	۱۴۷۴۳/۱۳	۳۶۰/۱۷۱۳
۳۰۵۱/۴۰۷	۷۴۵۴/۵۴	۳۳۰۹	۷۶۸۱	۸۲۲۸/۴۲۷	۵۰۸۵/۸۲۹	۵۴۳۷/۲۹۴	۱۴۷۸/۰۶	۱۵۰۵۸/۷۹	۳۶۰/۱۷۱۳
۲۷۸۲/۷۵۷	۶۷۱۴/۸	۳۰۱۹	۶۹۲۰	۷۵۰۴/۰۰۲	۴۶۳۷/۶۷۹	۴۹۵۸/۵۴۳	۱۲۸۳۳/۹۵	۱۳۱۵۶/۸۴	۳۲۰/۶۴۵۵
۲۰۶۵/۲۹۶	۴۷۸۸/۲۸	۲۲۴۳	۴۹۳۷	۵۵۶۹/۲۶۲	۳۴۴۱/۸۲۵	۳۶۸۰/۱۴	۸۲۳۹/۹۳	۸۵۲۶/۴۵۲	۲۰۷/۲۷۸۲
۱۴۸۲/۹۰۹	۳۲۸۸/۷	۱۶۱۲	۳۳۹۳	۳۹۹۸/۸۲۳	۲۴۷۱/۲۷۴	۲۶۴۲/۳۶۸	۵۰۳۵/۶۷۵	۵۲۹۹/۱۹۱	۱۲۹/۹۶۴۶
۱۰۲۴/۶۷۹	۲۱۶۲/۶	۱۱۱۵	۲۲۳۲	۲۷۶۳/۱۵۸	۱۷۰۷/۶۳۳	۱۸۲۵/۸۵۷	۲۹۰۷/۱۲۱	۳۱۴۶/۲۲۲	۷۸/۹۳۷۷۴
۶۸۹/۱۲۱۹	۱۳۷۹/۷	۷۵۱	۱۴۲۴	۱۸۵۸/۲۹۱	۱۱۴۸/۴۲۴	۱۲۲۷/۹۳۴	۱۶۱۲/۰۱	۱۸۲۱/۴۵۱	۴۷/۴۴۷۳۵
۲۴۸۳/۴۴۵	۸۴۰/۳۵۲	۴۸۶	۸۶۷	۱۲۰۰/۶۶	۷۴۲/۰۰۸۱	۷۹۳/۳۷۹۷	۸۴۲/۲۳۸۱	۱۰۱۶/۱۰۲	۲۷/۹۵۰۴۳

- ارزیابی کارایی منحنی های سنجه رسوب

به منظور ارزیابی دقیق کارایی هر یک از منحنی های سنجه رسوب از شاخص های آماری صحت و دقت استفاده شد. برای ارزیابی صحت از شاخص های آماری میانگین اختلافات (BIAS) و مجذور میانگین مربع خطاها (RMSE) و برای ارزیابی دقت از ضریب تغییرات برآورد استفاده گردید.

در جدول شماره (۲) مقادیر برآوردی شاخص آماری مجذور میانگین مربع خطاها (RMSE)برای ۵ سیلاب آورده شده است. در تفسیر این شاخصها لازم به ذکر است که هر چه این مقادیر به صفر نزدیک باشند روش مورد بررسی از صحت بالاتری برخوردار است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲-مقادیر صحت روش های مختلف با استفاده از شاخص RMSE برای ۵واقعه سیلابی

یک خطی	حدوسط	یک خطیMVUE	حد وسط MVUE	ضریب فائو	CF۱	CF۲	دو خطی	چندجمله ای	چندمتغیره
۱/۱۲۶۵۲۴۸۶۵	۰/۹۳۵۶۹۸۵۲۶	۱/۰۸۵۹۷۸۸۷۳۴	۰/۹۲۲۱۲۸	۰/۷۰۰۹۲۸۶۶	۰/۹۰۶۷۹۱۰۹	۰/۸۷۸۰۶۷۵۸	۱,۱۲۱۹۴۲۸	۰,۸۹۷۷۳۸۵	۱,۵۳۳۸۹۷۶
۰/۵۵۴۵۲۵۳۰۹	۰/۵۲۶۱۱۶۳۱۷	۰/۵۰۳۶۰۱۵۷۵	۰/۴۷۶۱۸۱	۰/۱۳۴۶۲۵۶۵	۰/۳۳۴۸۹۴۰۳	۰/۳۰۶۳۳۹۱۲	۰,۶۱۰۲۰۸۹	۰,۷۷۲۰۴۸۶	۰,۲۸۰۷۵۴۳
۰/۷۹۳۹۲۳۹۸	۰/۶۴۴۴۸۲۶۸۹	۰/۷۶۱۰۶۵۱۰۴	۰/۶۳۴۶۸۶	۰/۴۹۷۶۵۷۲۲	۰/۶۲۲۰۵۰۳۸	۰/۶۰۱۹۴۸۲۶	۰,۸۱۶۹۱۶۲	۰,۶۲۴۲۱۵۵	۰,۹۲۳۲۱۱۴
۰/۴۹۳۰۵۳۴۳۱	۰/۳۴۵۲۲۳۹۶۵	۰/۴۶۵۹۱۱۰۸۶	۰/۳۴۲۱۷۴	۰/۳۳۵۴۳۶۴۲	۰/۳۵۹۸۷۵۶۱	۰/۳۴۹۱۶۴۱	۰,۳۹۹۴۷۶۲	۰,۳۶۱۸۸۲۶	۱,۵۲۶۹۶۶
۰/۶۹۹۳۵۹۲۹	۰/۴۲۱۱۶۳۱۵۹	۰/۶۶۱۷۰۵۹۷۱	۰/۴۰۷۶۸۲	۰/۲۷۳۳۲۱۳۴	۰/۴۷۸۹۲۳۳۶	۰/۴۵۰۱۳۷۱۷	۰,۴۳۳۰۹۷۲	۰,۳۲۷۰۷۴۵	۱,۶۳۸۶۷۲۷

در جدول شماره ۳ مقادیر برآوردی شاخص آماری میانگین اختلافات (BIAS) برای ۵ سیلاب آورده شده است..در این شاخص مقادیر منفی نشان می دهد که روش مورد بررسی رسوب را برآورد به بالا و مقادیر مثبت نشان می دهد که روش مورد بررسی رسوب را برآورد به پائین کرده است.

جدول۳-مقادیر صحت روش های مختلف با استفاده از شاخص BIAS برای۵ واقعه سیلابی

یک خطی	حدوسط	یک خطی MVUE	حد وسط MVUE	ضریب فائو	CF۱	CF۲	دو خطی	چندجمله ای	چندمتغیره
۱/۱۱۸۰۶۱	۰/۹۱۸۶۹۱۹۵	۱/۰۷۷۵۲۹۴۸۲	۰/۹۰۴۹۰۴۰۱	۰/۶۸۷۲۴۴	۰/۸۹۶۲۵۵	۰/۸۶۷۱۸۲	۱/۰۹۰۶۵۴	۰/۸۷۸۶۲۴	۱/۵۲۱۲۰۴
۰/۵۵۱۲۵۲	۰/۵۱۱۵۳۶۸۷	۰/۵۰۰۹۲۰۷۷۴	۰/۴۶۸۶۹۱۸۷	۰/۱۲۰۴۳۴	۰/۳۲۹۴۴۶	۰/۳۰۰۳۷۲	۰/۶۰۹۶۵۸	۰/۶۹۶۱۸	-۰/۱۵۷۶۳
۰/۶۵۹۵۰۹	۰/۴۸۱۴۴۵۶۶	۰/۶۱۹۱۵۴۸۷۱	۰/۴۶۸۲۸۵۴	۰/۲۲۸۶۹۲	۰/۴۳۷۷۰۳	۰/۴۰۸۶۳	۰/۷۱۲۸۴۵	۰/۴۵۵۸۱۵	۰/۸۲۵۴۳۱
۰/۳۶۶۹۶۳	۰/۰۷۶۹۵۴۵	۰/۳۲۹۶۱۲۰۲۱	۰/۰۶۳۱۲۸۹۱	-۰/۰۶۳۸۶	۰/۱۴۵۱۵۶	۰/۱۱۶۰۸۴	۰/۰۲۷۳۰۸	-۰/۰۵۷۷۷	۱/۴۹۰۷۸۷
۰/۶۹۶۲۹۹	۰/۴۲۰۴۰۵۳۷	۰/۶۵۸۳۷۴۷۰۹	۰/۴۰۶۹۱۰۵۹	۰/۲۶۵۴۸۲	۰/۴۷۴۴۹۳	۰/۴۴۵۴۲	۰/۴۱۹۳۳۹	۰/۳۲۳۰۴	۱/۶۳۸۱۷۱

در جدول شماره ۴ مقادیر برآوردی شاخص آماری ضریب تغییرات برای ۵ سیلاب آورده شده است. در تفسیر این شاخص لازم به ذکر است که هر چه این مقادیر به صفر نزدیک باشند روش مورد بررسی از دقت بالاتری برخوردار است.

جدول۴-مقادیر دقت روشهای مختلف با استفاده از ضریب تغییرات برای ۵واقعه سیلابی

یک خطی	حدوسط	یک خطی MVUE	حد وسط MVUE	ضریب فائو	CF۱	CF۲	دو خطی	چندجمله ای	چندمتغیره
۰/۸۹۶۲۹۸	۰/۹۷۹۲۰۴	۰/۸۹۳۵۹۳	۰/۹۷۹۰۶۹۲	۰/۸۹۶۲۹۸	۰/۸۹۶۲۹۸	۰/۸۹۶۲۹۸	۱/۱۵۲۷۷	۱/۰۲۳۷۵۶	۱/۰۷۵۰۱۵
۱/۱۲۱۳۲	۱/۱۸۹۰۵۳	۱/۱۱۱۱۶۷۸	۱/۱۴۹۰۴۸۵	۱/۱۲۱۳۲	۱/۱۲۱۳۲	۱/۱۲۱۳۲	۰/۹۹۹۶۸۹	۱/۴۱۴۲۱۴	۱/۲۷۳۶۹۷
۰/۰۵۶۲۶۵۲	۰/۶۲۴۳۲۷	۰/۵۶۰۰۷۳۷	۰/۶۲۴۱۱۱۹	۰/۵۶۲۶۵۲	۰/۵۶۲۶۵۲	۰/۵۶۲۶۵۲	۰/۷۶۰۱۲۴	۰/۶۳۴۲۸۵	۰/۶۹۸۶۵۱
۰/۹۱۹۹۱۴	۱/۰۲۵۱۳۷	۰/۹۱۷۴۲۹۴	۱/۰۲۴۳۱۳۲	۰/۹۱۹۹۱۴	۰/۹۱۹۹۱۴	۰/۹۱۹۹۱۴	۱/۲۸۹۸۵۷	۱/۲۳۸۳۳۲	۱/۲۰۲۶۲۵
۰/۸۹۳۱۶۲	۱/۰۰۷۸۹۸	۰/۸۹۰۳۸۸۸	۱/۰۰۷۶۹۰۱	۰/۸۹۳۱۶۲	۰/۸۹۳۱۶۲	۰/۸۹۳۱۶۲	۱/۲۸۸۰۵۳	۱/۱۹۴۵۱۸	۱/۱۷۵۴۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

در جـدول(۵) صحیـح ترین روش در هر ۵ سـیلاب از نظر شـاخص (BIAS) آورده شده است همانطور که مشاهده می کنید روش فائو در ۸۰ درصد برآوردها صحیح ترین برآورد بوده است.

جدول۵-انتخاب صحیح ترین روش براساس شاخص BIAS برای ۵ واقعه سیلابی

صحیح ترین روش براساس شاخص BIAS	وقایع سیلابی
فائو	واقعه سیلابی ۱
فائو	واقعه سیلابی ۲
فائو	واقعه سیلابی ۳
دوخطی	واقعه سیلابی ۴
فائو	واقعه سیلابی ۵

جدول(۶) صحیح ترین روش در هر ۵ سیلاب از نظر شاخص(RMSE) آورده شده است همانطور که مشاهده می کنید روش فائو در همه سیلاب ها صحیح ترین برآورد بوده است.

جدول۶-انتخاب صحیح ترین روش براساس شاخص RMSE برای ۵ واقعه سیلابی

صحیح ترین روش براساس شاخص RMSE	وقایع سیلابی
فائو	واقعه سیلابی ۱
فائو	واقعه سیلابی ۲
فائو	واقعه سیلابی ۳
فائو	واقعه سیلابی ۴
فائو	واقعه سیلابی ۵

در جدول شماره(۷) دقیق ترین روش در هر ۵ سیلاب از نظر شاخص ضریب تغییرات[۱۴](C.V)آورده شـده است همانطور که مشاهده می کنید روش یک خطیMVUE در ۸۰٪ برآوردها دقیق ترین برآورد بوده است می‌باشد.

جدول۷-انتخاب دقیق ترین روش براساس ضریب تغییرات برای ۵ واقعه سیلابی

دقیق ترین روش براساس ضریب تغییرات	وقایع سیلابی
یک خطیMVUE	واقعه سیلابی ۱
دوخطی	واقعه سیلابی ۲
یک خطیMVUE	واقعه سیلابی ۳
یک خطیMVUE	واقعه سیلابی ۴
یک خطیMVUE	واقعه سیلابی ۵

بحث و نتیجه گیری

از بررسـی روش های مختلف منحنی های سنجه رسوب به نظر می رسـد که روش فائو نسبت به سـایر موارد صحت و دقت بیشتری داشته و برآورد بار رسـوبی وقایع سـیلابی با این روش نسبتاً صحیح تر از سایر منحنی های سـنجه رسـوب است. این در حالی اسـت که در برآورد بار رسـوبی سالیانه کاربرد ضریب فائو باعث کاهش دقت و صحت برآوردهای منحنی های سنجه رسـوب مذکور می گردد. علت برآورد نسبتا مناسب روش فائـو در ایـن تحقیق بـه ماهیت داده ها و وضعیت سـیلابی بودن رودخانه بر می‌گردد . ضریب فائو از تقسیم متوسط رسوب مشاهده ای به مقدار برآوردی بدست می آید به طوریکه عملا ضریب افزاینده ای به حساب می آید . ضریب فائو تحت تاثیر دبی های سیلابی بوده و داده های غیرعادی و سـیلابی تاثیر زیادی برروی آن دارد.و از اینـرو برآورد های زیر حد واقعی منحنی های سـنجه یک خطی و حدوسـط را افزایش مـی دهد و به مقدار واقعی نزدیکتر می سازد.علت این موضوع محدود بودن تغییرات دبی جریان آب نسـبت به تغییرات بارمعلق رودخانه اسـت که باعث می شود مقدار Qs (دبی رسـوب)به صورت قابل ملاحظه ای نسـبت به مقدار Qw(دبی آب) افزایـش یابد. این نتایـج با نتایج عرب خـدری و همکاران(۱۳۸۲) مطابقت دارد.

میرمعینـی (۱۳۸۶) در مطالعه خود در حـوزه آبخیز گرگانرود بیان می کند که منحنی های خطی سـاده و حدوسـط و یک خطی با ضریب CF۱ و CF۲ و منحنی های چند متغیره در برآورد باررسـوبی سـالیانه دارای عملکرد بهتری نسـبت به روش فائو می باشـند. ضریب فائو بیشتر تحت تاثیر دبی های سـیلابی بوده و داده های بزرگ و اسـتثنایی تاثیر تعیین کننده ای بر آن دارند. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق مـی توان بیان داشـت که روش فائـو در رژیم های جریان سـیلابی که بقیـه روش ها رسـوب را زیر حد واقعی برآورد مـی کنند دارای عملکرد مناسب تری است.

از نظـر دقـت برآورد روش هـای مختلف تقریبا در یـک حد بوده و تفاوت چندانی بین دقت برآورد روش ها وجود ندارد .تغییرات این پارامتر از ۰,۵۶ بـرای روش یـک خطی MVUE تـا ۱,۲۸ درصد در روش دوخطی می باشـد .در این تحقیق به علت پراکنش نامناسـب داده های سیلابی برآورد رسوب به روش چندمتغیره از صحت پایین تری برخوردار بوده، ولی در مورد داده های سـالیانه روش چند متغیره روش مناسبتری است که با نتایج میرمعینی (۱۳۸۶) و ذرتی پور(۱۳۸۶) مطابقت دارد.

از یافته های این تحقیق چنین برمی آید که کاربرد روش های مختلف منحنی سـنجه رسـوب باید با احتیاط بیشتری انجام شـود و بسته به نوع هدف و شرایط داده ها هر یک از روش ها خصوصیات منحصر به فرد خود را دارا می باشـند .به علت محدودیت آمار دبی رسوب در شاخه های بالارونده و پایین رونده وقایع سـیلابی، ارزیابی دقـت و صحت روش های مختلف با مشـکل مواجه است . اما اعتبار داده های موجود در این تحقیق این امکان را میسـر نمود تا صحت و دقت برآورد ۱۰ نوع منحنی سنجه مورد ارزیابی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

پاورقی‌ها

1- Averaging Estimator
2-Ratio Estimator
3- Regression Estimator
4- Planing level load
5 - Kriging
6 -Qukriging
7-Wallent creek
8-Modified Universal Soil Loss Equation(MUSLE)
9-Minimum Variance Unbiased Estimator
10- Quasi-maximum likelihood estimator
11-stepwise
12 - RMSE
13- BIAS
14 -Coefficient variance

منابع مورد استفاده

۱ - برزگری،فاطمه(۱۳۸۴)مقایسه روش های برآوردبارسوب معلق ،پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران،۱۲۰صفحه.

۲ -ذرتی پور،امین(۱۳۸۶) مقایسه چند روش آماری برآورد بار معلق رودخانه(مطالعه مورد:رودخانه طالقان).پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری ، دانشگاه تهران،۱۸۰ص

۳ -رضایی فرد محسن ، عبدالرسول تلوری و محمود عرب خدری(۱۳۸۱) بررسی کارایی MUSLE در برآورد رسوب رویدادهای منفرد درزیر حوضه افجه در حوضه لتیان ، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی – فرسایش خاک و توسعه پایدار – اراک.

۴ -صادقی سید حمید رضا ، بهاره توفیقی و محمد مهدوی (۱۳۸۴) تهیه مدل تخمین رسوب لحظه ای در حوزه آبخیز زرین درخت ، مجله منابع طبیعی جلد ۵۸ .

۵ - عرب خدری محمود , اکبر.زرگر،(۱۳۷۴)مدل رگرسیونی برآورد میزان رسوب آبخیز در البرز شمالی ،سمینار ملی فرسایش و رسوب.

۶ -میرابوالقاسمی هادی و سعیدمرید(۱۳۷۴) بررسی روشهای هیدرولوژیکی برآورد بار معلق رودخانه ها، آب و توسعه شماره۱۰.

۷ - میرمعینی ،آمنه(۱۳۸۶) بررسی صحت و دقت منحنی سنجه رسوب چند متغیره در برآورد بار رسوب(رودخانه گرگانرود-قزاقلی).پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری ،دانشگاه گرگان،۱۶۰ص.

8-Cohn A. Timothy, Dana L .Caulder, Edward J. Gilory, Linda D.Zynjuk, Roubert M.Summers (1992) The Validity of a Simple Statistical Model for Estimating Fluvial Constituent Loads: An Empirical Study Involving Nutrient Loads Entering Chesapeake Bay, *Water Resources Research*, Vol: 28, No: 9

9-Cohn, T. A, L. L. Delong, E. J. Gilory, R. M. Hirsch and D.K. Wells(1989) Estimating constituent loads, *Water Resources Res*. Vol: 25. No: 5. pp: 937-942.

10-Duan, N. (1983) Smearing estimate, a nonparametric retransformation method: *Journal of the American Statistical Association*, 78, 383, pp: 605-610

11-Ferguson, R.I.(1987) Accuracy and precision of methods, for estimating river loads, *Earth Surface Processes and Land Forms*, 12, PP: 95-104.

12-Jansson, M.B.(1996) Estimating a sediment rating curves of the Reventzon River at Palomo using logged mean loads within discharge classes, *Journal of Hydrology*, 183:4, PP: 227-241 .

13-Jones,K.R.,O.Berney,D.P.Carr and E.C.Barret (1981) *Arid zone hydrology for agricultural development*,FAO Irrigation and Drainage paper,No.37,271.

14-Preston, Stephen, victor, J. Bierman(1989) An evaluation of methods for the Estimation of Tributary Mass Loads, *Water Resources Research*. Vol: 25, No: 60.

15-Quilb R, A.N Rousseau, M Dnchemin, A Poulin, G Gangbazo, J-P Villeneuve(2006) Selecting a calculation method to estimate sediment and nutrient load in stream: Application to the Beaurivage River, *Jurnal of Hydrology*, Vol: 326, PP: 295-310.

16-Thomas, R.B.(1985) Estimating total suspended sediment yield with probability sampling .*Water Resources Research*, 21, PP: 1381-1388.

17-Walling D. E, B. W. Webb, J. C. Wood(1992) *Some sampling consideration in the design of effective strategy for monitoring sediment associated transport*, IAHS, Publ: No: 210.

18-Wang, Ping, Lewis. Linker(1999) An *alternative regression method for constituent loads from steams*, USE PA CBPO.

19-Zhongwei L, Y.K Zhang, K Schilling andM Skopec(2006) Cokriging estimation of daily suspended sediment load, *Jurnal of Hydrology*, Vol: 237, PP: 398-398.

www.SID.ir