

برآورد رسوب‌دهی کل نیز نشان نداد. نتایج حاکی از ضعیف بودن برآوردهای دوره بارانی و در مقایسه مناسب بودن برآوردهای دوره برفی-بارانی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رسوب‌دهی معلق، منحنی سنجه رسوب، نمونه‌گیری، دوره برفی-بارانی، دوره بارانی و رودخانه گرگانرود

مقدمه

بطور کلی روش‌های برآورد رسوب معلق را به سه دسته کلی مشتمل بر روش‌های میانگین‌گیری، معادله همبستگی و نسبی تقسیم می‌کنند [۱۳]. روش‌های معادله همبستگی که روش منحنی سنجه نیز نامیده می‌شوند بطور گسترده‌ای در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۷]. مطالعات انجام شده در بسیاری از موارد نشان داده‌اند که در برآوردهای روش متداول منحنی سنجه عدم قطعیت وجود دارد [۸] و به طور معمول روش متداول منحنی سنجه میزان رسوب معلق را خیلی کم برآورد می‌کنند [۲۳]، [۳۰]، [۷]، [۹]، [۳۰] و [۶].

عرب‌خدری [۲] سه عامل موثر بر اشتباه در برآورد رسوب‌دهی معلق رودخانه‌ها را به شرح زیر اعلام کرده است:

۱- به دلیل پدیده Hysteresis، مقادیر غلظت برای یک دبی جریان معین بسیار متفاوت است و منحنی سنجه رسوب متداول تحت تاثیر خطای تبدیل لگاریتم به جای عبور از میانگین حسابی از میانگین هندسی عبور می‌کند.

۲- با آمارگیری تقویمی بیش‌تر نمونه‌ها در دبی‌های کم برداشته می‌شوند و تعداد کمی نمونه در دبی‌های بالا وجود دارد که بر روند منحنی سنجه رسوب اثر می‌گذارد.

۳- بدلیل داده‌های کم در دبی‌های بالا، برون‌یابی منحنی سنجه رسوب می‌تواند بر عدم اطمینان بیفزاید.

برای غلبه بر مشکل اول استفاده از ضرایب اصلاحی عاملی، [۲۰]؛ [۱۰] غیر عاملی [۱۸]، فائو [۱۷] و روش منحنی سنجه حدوسط دسته‌ها [۱۶]، پیشنهاد شده است. کارایی نسبی ضریب اصلاحی عاملی توسط توماس [۲۴]؛ عرب‌خدری و همکاران [۵] اندرنی و همکاران [۱۱] مشخص شده است. تاثیر ضریب اصلاحی غیر عاملی بر بهبود قابل توجه برآورد رسوب نیز در پژوهش هورویتز [۱۴] و [۱۵] گزارش شده است.

میرابوالقاسمی و مرید [۲۱] و ذرتی‌پور و همکاران [۳۰] نیز روش فائو را در پژوهش خود به عنوان روش برتر اعلام کرده‌اند. کارایی منحنی سنجه حدوسط نیز در بررسی‌های عرب‌خدری و

اثر تفکیک دوره‌های برفی و بارانی در میزان صحت برآورد رسوب‌دهی معلق در حوزه گرگانرود

محمود عرب‌خدری^۱، محمد رضا میرزایی^۲، داود نیک‌کامی^۳
و صمد شادفر^۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۶/۱۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر تفکیک دوره‌های برفی و بارانی در میزان صحت برآورد رسوب‌دهی معلق در ایستگاه قزاقلی روی گرگانرود انجام شد. در این ایستگاه در مدت کم‌تر از شش سال حدود ۲۰۰۰ اندازه‌گیری غلظت رسوب معلق رودخانه موجود است. در یک پژوهش مقایسه‌ای ابتدا از طریق نمونه‌گیری نظام مند هفته‌ای، ۲۰ مجموعه ۵۲ نمونه‌ای در سال (۳۰ نمونه برای دوره برفی - بارانی و ۲۲ نمونه برای دوره بارانی) در چهار تیمار و پنج تکرار برداشت شد. سپس ۲۰ مجموعه نمونه اضافی به طور کامل تصادفی در چهار اندازه متفاوت (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵) از سیلاب‌های دو دوره بطور جداگانه اخذ و به نمونه‌های اولیه هر یک از تیمارها اضافه شد. به این ترتیب، در کل ۶۰ گروه نمونه (۲۰ مورد برای دوره بارانی، ۲۰ مورد برای دوره برفی - بارانی و ۲۰ مورد با ترکیب داده‌ها) تولید و برای پردازش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار رسوب‌دهی معلق هر گروه نمونه با پنج نوع منحنی سنجه رسوب مشتمل بر یک خطی، حدوسط دسته‌ها و ضرایب اصلاحی فائو، عاملی و غیرعاملی با کاربرد جریان روزانه برآورد شد. به این ترتیب ۱۰۰ برآورد جداگانه برای چهار تیمار کل داده‌ها، دوره بارانی، دوره برفی-بارانی و مجموع دو دوره با هم (در مجموع ۴۰۰ برآورد) بدست آمد. در این مرحله برای ارزیابی تیمارها علاوه بر تعیین رسوب‌دهی معلق مشاهداتی سه شاخص خطا، ضریب تغییرات و جذر متوسط مربعات خطای نرمال شده نیز محاسبه گردید. منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها و ضریب عاملی بهترین برآوردها با کم‌ترین خطای برآورد و دقت و صحت قابل قبول تولید کردند. تفکیک دو دوره تاثیر در بهبود

۱- نویسنده مسئول عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

arabkhedri@scwmri.ac.ir

۲- دانشگاه یاسوج ایمیل نویسنده مکاتبه‌کننده: arabkhedri@scwmri.ac.ir

۳- اعضاء هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری



شکل ۱- موقعیت ایستگاه و آبخیز آن

نسبت به جداسازی سیل از آب پایه اقدام شد. به این ترتیب دبی معینی به عنوان پایه در نظر گرفته نشد. در نهایت تمام نمونه‌های برداشته شده در زمان سیل به تفکیک دو دوره مورد نظر مجزا شدند.

در برنامه نمونه‌گیری از جامعه آماری، ابتدا از طریق نمونه‌گیری تصادفی نظام‌مند هفته‌ای، ۵۲ نمونه در سال (۲۲ نمونه برای دوره برفی - بارانی و ۳۰ نمونه برای دوره بارانی) برداشت شد. سپس تعداد صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ نمونه اضافیه طور کامل تصادفی از سیلاب‌های دو دوره بطور جداگانه اخذ و به نمونه‌های اولیه اضافه شد. همچنین مجموع نمونه‌های دو دوره با هم به عنوان کل دوره مورد استفاده قرار گرفت. با لحاظ پنج تکرار برای هر گروه نمونه، در کل ۶۰ گروه نمونه (۲۰ مورد برای دوره بارانی، ۲۰ مورد برای دوره برفی - بارانی و ۲۰ مورد کل دوره) تولید و برای پردازش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

روش برآورد رسوب‌دهی معلق

در این مطالعه از روش‌های برون‌یابی یا منحنی‌سنجه رسوب استفاده شد. به طور معمول غلظت رسوب و جریان همزمان بصورت لحظه‌ای در ایستگاه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. سپس بین غلظت یا دبی رسوب و دبی جریان آب، رابطه همبستگی برقرار می‌شود و سپس بر اساس معادله مذکور و با استفاده از آمار دبی جریان رسوب‌دهی معلق برای دوره زمانی مورد نظر برون‌یابی می‌شود. سازمان‌ها و پژوهشگران مختلف، روش‌های متفاوتی را برای برآورد رسوب‌دهی معلق ارائه و به‌کار برده‌اند که فرق آن‌ها یا از نظر اصلاحات انجام گرفته بر روی منحنی سنجه رسوب و یا در نحوه استفاده از آمار دبی جریان است. سه روش استفاده از دبی جریان وجود دارد که در این مطالعه روش استفاده از دبی متوسط روزانه بکار گرفته شد. مطالعات موجود [۱]، [۲۲] و [۳] روش استفاده از دبی متوسط روزانه را مورد تایید قرار داده است و از لحاظ منطقی نیز استفاده مستقیم از داده‌های اندازه‌گیری شده جریان به‌صورت روزانه نسبت به داده‌های ماهانه و یا منحنی تداوم جریان ارجحیت دارد. پنج نوع منحنی سنجه رسوب به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفت:

همکاران [۵]، میرزایی و همکاران [۲۲]، ذرتی‌پور و همکاران [۳۰] و خانچوال و جانسون [۱۹] تایید شده است. برای حل مشکلات دوم و سوم برداشتن نمونه‌های بیش‌تر از دبی‌های بالا و سیلابی پیشنهاد شده است [۲۹]، [۲۵]؛ [۲۶]، [۹].

به رغم وجود اختلافات روش‌های مذکور و وجود دلایل نظری و تجربی در مورد ضعف و قوت برخی از آن‌ها، مقایسه بین آن‌ها می‌تواند مبنایی برای انتخاب روش‌های مناسب‌تر به منظور استفاده در شرایط فقدان داده‌های کافی باشد. به‌علاوه با اطلاع از میزان اختلافات موجود می‌توان تا حدی نسبت به اصلاح برآوردهای موجود اقدام نمود. از طرف دیگر اگر چه پژوهش‌های متعددی در مورد این موضوع انجام شده؛ تا کنون توجهی به اثر رژیم جریان رودخانه بر برآورد رسوب‌دهی معلق رودخانه‌های مختلف نشده است. در این مقاله، اثر انواع منحنی سنجه رسوب و کیفیت داده‌های اولیه در دو رژیم جریان بارانی و برفی - بارانی بر میزان خطا، دقت و صحت برآورد رسوب‌دهی معلق مورد بررسی قرار گرفته است.

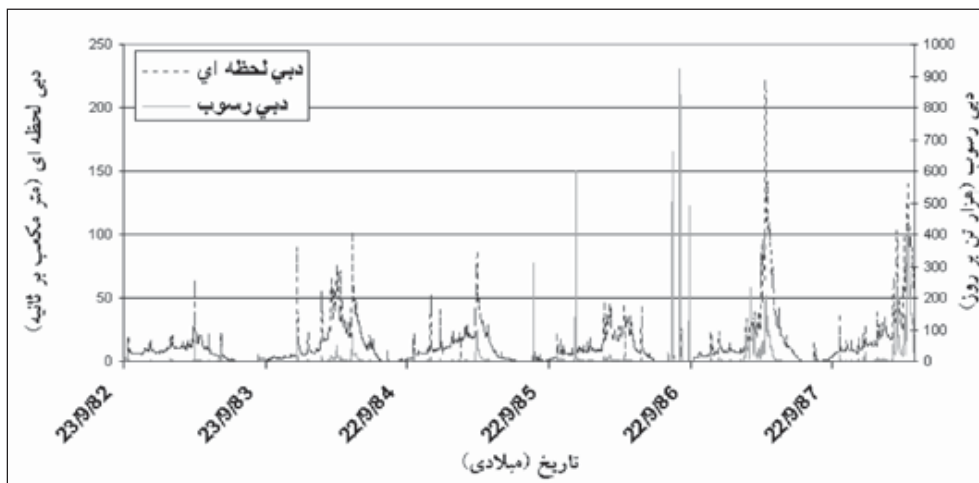
ایستگاه مورد مطالعه و آمار موجود

گرگانرود که از ارتفاعات البرز سرچشمه گرفته و در نهایت به گوشه جنوب شرقی دریاچه خزر می‌ریزد؛ در طول سال دارای دو رژیم آبی مختلف است. در دوره ای از سال رژیم آن به طور کامل در مقابل دوره ای دیگر ذوب برف و باران به طور مشترک جریان رودخانه را کنترل می‌کنند. ایستگاه رسوب‌سنجی قزاقلی واقع بر روی این رودخانه که با کد ۰۲۳-۱۲ براساس تقسیم‌بندی مرکز تحقیقات منابع آب (تماب) شناخته می‌شود به دلیل دارا بودن آمار مفصل برای این پژوهش انتخاب شد. مساحت حوزه بالادست این ایستگاه که در ورودی دریاچه سد وشمگیر قرار دارد؛ ۷۰۶۲ کیلومتر مربع است. موقعیت این حوزه در شکل (۱) مشاهده می‌شود.

آمار موجود مشتمل بر ۱۹۶۳ نمونه هم زمان دبی جریان و غلظت رسوب در یک دوره حدود شش سال می‌باشد که توسط تماب اندازه‌گیری شده است. فواصل زمانی اندازه‌گیری‌ها تا حدودی کم می‌باشد. بطوریکه در روزهای دارای جریان حداقل یک بار و در مواقع سیلابی هر دو ساعت یکبار اندازه‌گیری انجام شده است. شکل (۲) نمودار تغییرات رسوب معلق و دبی رودخانه گرگانرود در ایستگاه قزاقلی را در طول دوره آماری نشان می‌دهد که حاکی از تغییرات شدید دبی بین حدود صفر تا ۲۲۰ متر مکعب در ثانیه و رسوب معلق بالغ بر ۹۰۰ هزار تن در روز می‌باشد.

برنامه نمونه‌گیری از داده‌ها

ابتدا با توجه به وضعیت تغییرات جریان و رژیم بارش سال به دو دوره بارانی و برفی - بارانی تقسیم شد. از ابتدای دی ماه تا آخر اردیبهشت دوره برفی - بارانی و ۷ ماه باقی‌مانده دوره بارانی در نظر گرفته شد. سپس در هر دوره با بررسی آبنمود جریان، حدود تقریبی سیل‌ها مشخص و با توجه به تغییرات شیب آبنمود در طول زمان،



شکل ۲- نمودار تغییرات دبی و رسوب معلق گرگانرود در ایستگاه فزاقلی از تاریخ ۶۱/۷/۱ تا ۶۷/۲/۱۵

$$CF_1 = EXP[2.65S^2] \quad (3)$$

اشتباه استاندارد برآورد منحنی سنج رسوب در S که در آن لگاریتم پایه ۱۰ بوده و از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$S^2 = \sum (\log c_i - \hat{\log} c_i)^2 / (n-2) \quad (4)$$

در این رابطه n تعداد نمونه‌های غلظت، $\hat{\log} c_i$ لگاریتم مقدار برآوردی غلظت و $\log c_i$ لگاریتم مقدار مشاهده‌ای غلظت هستند.

ه- ضریب اصلاحی غیر عاملی: کوچ و اسمیلی [۱۸] با رد توزیع نرمال خطاهای باقیمانده، ضریب اصلاحی غیر عاملی CF_p را برای حذف اریبی داده‌ها توصیه کرده‌اند که از روابط (۵) و (۶) قابل محاسبه است:

$$CF_p = 1/n \sum 10^{\epsilon_i} \quad (5)$$

$$\epsilon_i = \log c_i - \hat{\log} c_i \quad (6)$$

در این روابط ϵ_i خطای برآورد و بقیه علائم مشابه قبل هستند. به این ترتیب با در نظر گرفتن ۶۰ نمونه و پنج روش آماری برآورد رسوب دهی در مجموع ۳۰۰ برآورد مختلف از رسوب دهی بدست آمد. با لحاظ مجموع دو دوره بارانی و برفی-بارانی، ۱۰۰ برآورد جدید و در کل ۴۰۰ برآورد حاصل شد.

محاسبه رسوب معلق واقعی

با توجه به آمار مناسب موجود، در ابتدا و انتهای هر بازه زمانی رسوب معلق اندازه‌گیری شده (به ترتیب Q_{s1} و Q_{s2}) برای محاسبه رسوب عبوری در آن مدت (Q_s) بکار رفت (بعلت فاصله زمانی کم اندازه‌گیری‌ها بویژه در سیلاب‌ها). اگر t_1 ابتدای بازه زمانی و t_2 انتهای آن باشد، داریم.

$$Q_s = (Q_{s1} + Q_{s2})/2 * (t_2 - t_1) \quad (7)$$

Q_{s1} : میزان رسوب معلق در لحظه t_1 (تن بر روز)

Q_{s2} : میزان رسوب معلق در لحظه t_2 (تن بر روز)

$(t_2 - t_1)$: اختلاف زمانی دو اندازه‌گیری باهم (روز)

از جمع مقادیر رسوب بازه‌های زمانی در طول دوره آماری، میزان

الف- منحنی سنج رسوب یک خطی: در این روش به طور معمول داده‌های غلظت یا دبی رسوب و دبی جریان متناظر آن‌ها به یک محور مختصات تمام لگاریتمی منتقل شده و بهترین خط برازش با استفاده از روش حداقل مربعات از میان نقاط عبور داده می‌شود. بنابراین در این روش بدون توجه به نحوه پراکنش نقاط فقط یک خط از بین نقاط عبور داده می‌شود. معادله بدست آمده به شکل زیر می‌باشد:

$$Q_s = a Q_w^b \quad (1)$$

که در آن، Q_s دبی رسوب و Q_w دبی جریان a و b و به ترتیب ضریب و نمای معادله می‌باشند.

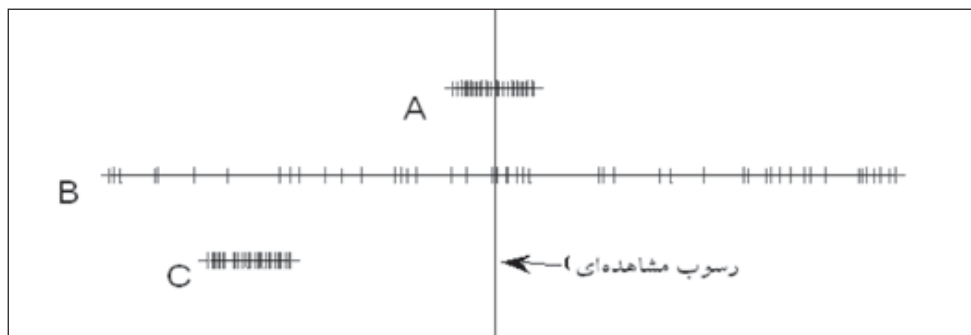
ب- روش حدوسط دسته‌ها: در این روش که آن را جانسون [۱۶] پیشنهاد کرده است؛ دبی‌های جریان با یک نمو معین به تعدادی دسته تقسیم شده و برای دبی متوسط هر دسته، دبی رسوب متوسط اندازه‌گیری شده همان دسته تعیین می‌شود و در آخر منحنی سنج رسوب با استفاده از آن‌ها به روش حداقل مربعات بدست می‌آید.

ج- ضریب اصلاحی فائو: در این روش که توسط جونز و همکاران [۱۷] تشریح شده است ابتدا بهترین خط با معادله شبیه رابطه (۱) برازش می‌یابد. ولی از معادله فوق که از نقاط میانگین $\log Q_w$ و میانگین $\log Q_s$ عبور می‌کند؛ استفاده نمی‌شود و به جای آن معادله خطی موازی که از میانگین Q_w ها و میانگین Q_s ها متناظر با آن می‌گذرد به کار می‌رود. بنابراین معادله جدید به صورت رابطه (۲) خواهد بود.

$$Q_s = \hat{a} Q_w^b \quad (2)$$

مقدار \hat{a} از تقسیم میانگین Q_s ها بر میانگین Q_w های متناظر اندازه‌گیری شده بدست می‌آید.

د- ضریب اصلاحی عاملی: برای اصلاح اثر تبدیل لگاریتمی توماس [۲۴] به نقل از میلر ضریب اصلاحی (۳) را پیشنهاد کرده است:



شکل ۳- مفهوم ترسیمی صحت، دقت و اریبی؛ A: صحیح (نااریب و دقیق)، B: نااریب (ولی فاقد دقت) و C: دقیق (ولی اریب)؛
عرب‌خدری [۱]

نتایج

نتایج متناسب با مراحل روش پژوهش به تفکیک ارائه می‌شود.
۱- نتایج مربوط به محاسبه رسوب واقعی: رسوب معلق واقعی ۱۸۹۰۸۹۰۸ تن در طول دوره آماری بدست آمد. رسوب مربوط به دوره برفی - بارانی ۱۳۰۹۲۱۹۰ تن و دوره بارانی ۵۸۱۶۷۱۸ تن محاسبه شد که به ترتیب برابر ۶۹٪ و ۳۱٪ کل دوره می‌باشند. مهم‌ترین ماه انتقال رسوب ماههای فروردین و شهریور به ترتیب با سهم حدود ۲۵٪ و ۲۱٪ می‌باشند. در شکل (۴) تغییرات رسوب‌دهی برحسب زمان مشاهده می‌شود. بررسی نمودار نشان می‌دهند که در ۸۰٪ از دوره آماری (کم آبی)، فقط ۵٪ رسوب از ایستگاه عبور کرده است. در مقابل بیش از ۵۰٪ رسوب متعلق به ۲٪ از طول دوره (پرآبی) می‌باشد و حدود ۲۵٪ از گذر رسوب نیز فقط به نیم٪ زمانی (پرآبی) مربوط است.

۲- نتایج مقایسه و ارزیابی میزان خطا و دقت روش‌ها
میزان خطای هر برآورد: مطابق روش ذکر شده میزان خطای هر برآورد (متفاوت از نظر نوع منحنی سنجه و شیوه نمونه‌گیری) محاسبه شد. بالغ بر ۷۲٪ برآوردها، خطایی بیش از ۲۰٪ نشان دادند؛ که از میان آن‌ها، خطای ۲۵٪ برآوردها بیش از ۱۰۰٪ بود. درصد موارد برآورد قابل قبول در سه سطح خطای ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد به تفکیک نوع منحنی سنجه، تعداد نمونه اضافی و دوره انتخاب نمونه در جدول (۱) آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در بین دوره‌های انتخاب نمونه، دوره برفی - بارانی رتبه اول و پس از آن به ترتیب کل داده‌ها، مجموع دو دوره و در نهایت بارانی قرار می‌گیرند. از نظر اثر تعداد نمونه اضافی اختلاف زیادی بین تیمارها مشاهده نمی‌شود. از نظر نوع منحنی سنجه، روش حد وسط و ضریب اصلاحی عاملی و یک خطی بیش‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند و دو روش فائو و غیر عاملی صفر و یا در حد صفر هستند. بدلیل ضعف دو منحنی سنجه مذکور در ادامه نتایج آن‌ها مورد تحلیل قرار نمی‌گیرند.

۳- نتایج خطای متوسط، دقت و صحت: جداول (۲- الف) و (۲- ب) نتایج محاسبات درصد انحراف نسبی، ضریب تغییرات و مجذور مربعات خطای نرمال شده را به تفکیک عوامل موثر نشان می‌دهد.

رسوب‌دهی معلق مشاهده‌ای کل بدست می‌آید. همین روش برای محاسبه رسوب‌دهی معلق دوره‌های زمانی کوتاه‌تر از قبیل دوره بارانی و دوره برفی - بارانی نیز به کار رفت.

معیارهای مقایسه روش‌ها

ابتدا درصد خطای هر برآورد (e_i) از روش انحراف نسبی استاندارد شده مطابق فرمول زیر محاسبه شد.

$$e_i \% = \frac{\hat{Q}_s - Q_s}{Q_s} \times 100 \quad (8)$$

که در آن،

e_i %: درصد انحراف یا خطای نسبی هر برآورد در دوره مورد نظر

Q_s : رسوب مشاهده‌ای در دوره مورد نظر

\hat{Q}_s : رسوب برآوردی در دوره مورد نظر

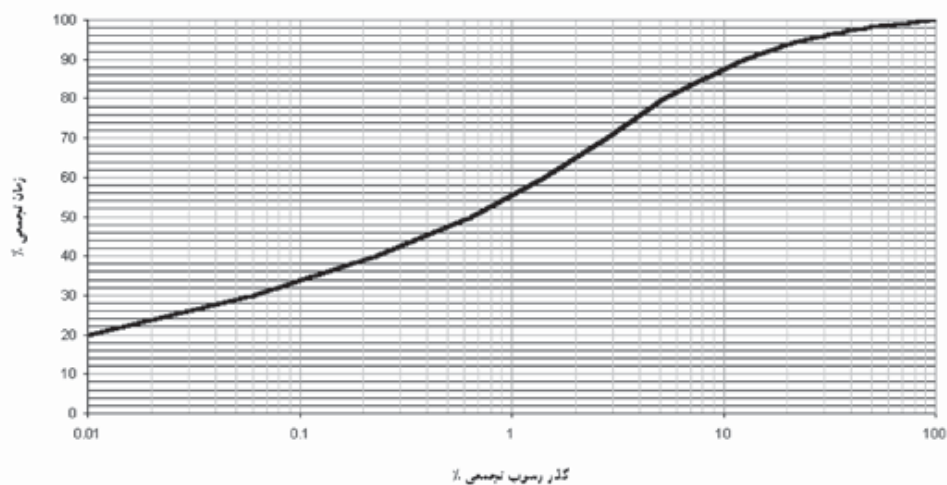
سپس مقدار میانگین و واریانس برای تکرارهای هر گروه از برآوردها تعیین گردید و بر اساس آن‌ها، درصد خطای میانگین نسبت به رسوب مشاهده‌ای، ضریب تغییرات و مجذور مربعات خطای نرمال شده به ترتیب با استفاده از روابط زیر بدست آمد.

$$Bias[\hat{Q}_s] \% = \frac{E[\hat{Q}_s] - Q_s}{Q_s} \times 100 \quad (9)$$

$$CV = 100 \left(V[\hat{Q}_s] \right)^{\frac{1}{2}} / E[\hat{Q}_s] \quad (10)$$

$$NRMSD[\hat{Q}_s] = \left(\left\{ V[\hat{Q}_s] + \left(Bias[\hat{Q}_s] \right)^2 \right\} / E[\hat{Q}_s] \right)^{\frac{1}{2}}$$

به عنوان معیار اریبی یا خطای برآورد، به عنوان معیار دقت و به عنوان معیار صحت برآوردها مورد استفاده قرار گرفتند. شکل ۳ مفهوم این سه آماره را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۴- نمودار سهم گذر رسوب نسبت به زمان

جدول ۱- درصد موارد قابل قبول در سه سطح خطا به تفکیک عوامل مختلف

نوع منحنی سنج					تعداد نمونه اضافی				دوره				سطح خطا
غیر پارامتری	پارامتری	فقط	حدوسط	تکرار خطی	صفر	۲۵	۵۰	۷۵	بارانی	برفی-بارانی	مجموع دو دوره	کل داده‌ها	
۱	۱۶	۰	۱۹	۸	۹	۹	۷	۱۰	۳	۱۵	۶	۱۱	۵٪
۱	۱۹	۰	۵۰	۱۴	۱۹	۱۶	۱۵	۱۷	۵	۲۶	۱۳	۲۳	۱۰٪
۱	۴۰	۰	۷۳	۲۴	۳۰	۲۸	۲۵	۲۷	۸	۴۱	۲۹	۳۲	۲۰٪

خطا در برآوردهای مربوط به مجموع دو دوره و داده‌های مشترک را به خود اختصاص داده و بقیه موارد متعلق به روش عاملی است. نکته جالب توجه آن که روش عاملی در تیمارهای دارای داده اضافی کم‌تر خطای کم‌تری را نشان داده است.

از نظر دقت، در اکثر موارد برآوردهای بدست آمده از داده‌های تفکیک شده، روش یک خطی کوچک‌ترین ضریب تغییرات را به خود اختصاص داده است. حال آنکه در برآوردهای ناشی از داده‌های مشترک روش‌های عاملی و حد وسط بیش‌ترین دقت را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که محدود تغییرات CV روش‌های مختلف در مقایسه با درصد خطا آن‌ها کم‌تر می‌باشد.

از نظر صحت، کم‌ترین مقادیر NRMSD با داده‌های دوره بارانی مربوط به روش عاملی و سپس حد وسط است. روش اخیر به‌ترین صحت را با بیش‌ترین تعداد داده اضافی تولید کرده است. در حالیکه در دوره برفی-بارانی روش حد وسط و در مرحله بعد روش یک خطی بهترین نتایج را به خود اختصاص داده اند. به هر حال با

مطابق جدول (۲- الف) در دوره بارانی، روش یک خطی مقدار رسوب را بیش از ۸۰ درصد کمتر از مشاهده ای برآورد می‌کند و افزودن نمونه‌های اضافی از سیلاب تاثیر چندانی بر روی برآوردها ندارد. در مقایسه خطای روش‌های حدوسط و عاملی کم‌تر بوده و افزودن نمونه اضافی از سیلاب نیز بر کاهش خطای برآورد تاثیر چشمگیری نشان می‌دهد. به طوریکه خطای متوسط برای روش عاملی و حدوسط با ۷۵ نمونه اضافی به ترتیب به حدود ۱- و ۱۱- درصد می‌رسد. در مورد دوره برفی نتایج تا حدی متفاوت است. خطای روش حدوسط در اکثر موارد بسیار ناچیز (بین ۲- تا ۵ درصد)، روش یک خطی در حد ۱۰-درصد و در روش پارامتری در حدود ۳۵درصد بدون اثر روشن افزایش تعداد نمونه‌های اضافی از سیلاب می‌باشد.

مطابق جدول (۲- ب) خطای روش یک خطی برای مجموع دو دوره در حدود ۳۲-درصد و برای داده‌های مشترک در حدود ۶۲-درصد می‌باشد. روش حد وسط در بیش‌تر موارد کم‌ترین میزان

جدول ۲- الف) نتایج برآورد آماره‌های خطا، دقت و صحت برای دو دوره بارانی و برفی - بارانی

داده‌های آبیاری	آماره	بارانی				برفی - بارانی					
		یک خطی	حد وسط	روش فائو	عاملی	یک خطی	حد وسط	روش فائو	عاملی	غیر عاملی	
۰	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۸۷/۵۰	-۶۰/۳۷	۱۳۷/۹۶	-۴۷/۳۵	۵۶/۸۰	-۱۰/۳۳	۱/۹۲	۲۰۹/۳۷	۳۱/۹۰	۴۷/۲۸
	CV (%)	۹/۳۲	۱۶/۵۰	۲۶/۶۵	۴/۰۷	۲۳/۶۲	۶/۳۰	۹/۰۴	۷/۳۵	۷/۲۸	۷/۴۷
	NRMSD	۰/۸۸	۰/۶۱	۱/۵۲	۰/۴۷	۰/۶۸	۰/۱۲	۰/۰۹	۲/۱۱	۰/۳۳	۰/۴۹
۲۵	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۸۴/۶۵	-۴۱/۸۳	۱۴۸/۲۴	-۳۳/۱۰	۴۹/۰۱	-۵/۷۲	۴/۹۵	۲۰۵/۱۷	۳۸/۹۵	۵۵/۵۱
	CV (%)	۸/۰۸	۱۷/۹۹	۱۳/۸۲	۹/۲۸	۱۷/۸۱	۵/۶۵	۹/۱۴	۵/۵۸	۶/۹۸	۶/۷۴
	NRMSD	۰/۸۵	۰/۴۳	۱/۵۲	۰/۳۴	۰/۵۶	۰/۰۸	۰/۱۱	۲/۰۶	۰/۴۰	۰/۵۶
۵۰	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۸۱/۹۶	-۴۳/۷۹	۱۱۷/۵۸	-۹/۸۷	۱۱۹/۱۲	-۸/۶۹	۱/۶۹	۱۸۶/۱۴	۳۵/۸۴	۵۸/۵۳
	CV (%)	۲۲/۴۰	۱۲/۹۸	۸/۰۹	۳۹/۱۸	۲۱/۹۲	۶/۵۳	۴/۶۰	۷/۷۰	۷/۵۶	۸/۸۹
	NRMSD	۰/۸۲	۰/۴۴	۱/۱۹	۰/۲۹	۱/۲۴	۰/۱۱	۰/۰۵	۱/۸۸	۰/۳۷	۰/۶۰
۷۵	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۸۰/۷۰	-۱۱/۱۹	۱۶۴/۸۸	-۰/۸۵	۱۴۰/۳۰	-۱۱/۴۱	-۱/۴۰	۱۶۸/۶۵	۳۲/۲۵	۵۳/۱۶
	CV (%)	۱۳/۲۶	۱۶/۵۸	۱۹/۷۵	۲۹/۰۳	۳۴/۶۶	۸/۹۴	۱۱/۳۲	۱۷/۵۹	۹/۵۲	۱۰/۵۲
	NRMSD	۰/۸۱	۰/۱۸	۱/۷۳	۰/۲۹	۱/۶۳	۰/۱۴	۰/۱۱	۱/۷۵	۰/۳۵	۰/۵۶

معلق عبور کرده فوق برای رودخانه Creedy انگلستان به ترتیب در حدود یک و چهار روز از منحنی تجمعی ارایه شده قابل استخراج است. این مسئله ضرورت نمونه‌برداری از غلظت در سیلاب‌ها را روشن می‌کند.

۲- میزان خطا در بررسی انفرادی برآوردها و عوامل مؤثر بر آن: از نتایج بررسی انفرادی برآوردها، این گونه استنباط می‌شود که دوره برفی - بارانی کم‌ترین خطا و دوره بارانی بیش‌ترین خطا را داشته است و این مسئله تایید کننده تغییرپذیری بیش‌تر رسوب معلق در رودخانه‌هایی با رژیم بارانی در مناطق خشک و نیمه خشک است. خطای برآوردهای کل دوره به هر دو روش بین خطاهای دو دوره قرار دارد که منعکس کننده اثر آن‌ها می‌باشد. خطای برآوردهای مربوط به منحنی سنجه حدوسط کم‌تر از دیگر منحنی‌ها است و پس از آن روش عاملی و یک خطی قرار دارند. این مسئله مناسب‌تر بودن روش حد وسط را نشان می‌دهد. اثر مثبت روش حدوسط دسته‌ها و ضریب اصلاحی عاملی به ترتیب در پژوهش‌های خانجوال و جانسون [۱۹] و اندرنی و همکاران [۱۱] نشان داده شده است. در ارتباط با نامشخص بودن اثر تعداد نمونه‌های اضافی و حتی اثر عکس آن و به منظور کاهش اثر متقابل سایر عوامل، فقط داده‌های مربوط به دو روش حدوسط و عاملی که به‌ترین نتایج را داده بودند مورد بررسی تکمیلی قرار گرفت. جدول (۳) تعداد

داده‌های این دوره، روش یک خطی به طور مطلق کم‌ترین مقدار ضریب تغییرات را نشان می‌دهد. در مجموع دو دوره و با داده‌های مشترک روش عاملی با داده‌های اضافی کم‌تر و روش حد وسط با داده‌های اضافی بیش‌تر، کم‌ترین مقدار NRMSD را تولید کرده‌اند.

بحث و نتیجه گیری

۱- اهمیت سیلاب‌ها در حمل رسوب: رسوب مشاهده شده مربوط به دوره برفی - بارانی و دوره بارانی به ترتیب برابر ۶۹ درصد و ۳۱ درصد کل دوره تعیین شد که نشان دهنده اهمیت بیش‌تر دوره برفی - بارانی از نظر انتقال رسوب در این حوزه می‌باشد. بررسی آمار ماهانه مشاهداتی نیز نشان می‌دهد که ۷۶ درصد از رسوب در ۴ ماه فروردین، مرداد، شهریور و اسفند حمل می‌شود. نصف این مقدار به ماههای اسفند و فروردین که ذوب برف در جریان آن نقش دارد و نصف دیگر به شهریور و مرداد که جریان آن از باران نشات می‌گیرد مربوط است. نکته مهم آن است که ماه‌های فروردین و اسفند ۵۱ درصد از حجم جریان را به خود اختصاص می‌دهند و در مقابل سهم مرداد و شهریور فقط ۲ درصد می‌باشد. بررسی میزان حمل رسوب با توجه به زمان حمل نشان دهنده نقش مهم رویدادهاست. بطوری که سیلاب‌ها در طول کم‌تر از ۲ روز در سال حدود ۲۵ درصد و در حدود ۸ روز از سال ۵۰ درصد رسوب را از حوزه خارج می‌کنند. در گزارش والینگ و وب [۲۸] مقادیر رسوب

جدول ۲- ب) نتایج برآورد آماره‌های خطا، دقت و صحت برای مجموع دو دوره و داده‌های مشترک

داده اضافی	آماره	مجموع دو دوره									
		یک خطی	حد وسط	روش فائو	عاملی	غیر عاملی	یک خطی	حد وسط	روش فائو	عاملی	
۰	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۳۴/۰۷	-۱۷/۲۴	۱۸۷/۴۰	۷/۵۲	۵۰/۲۱	-۶۵-۸۵	-۴/۸۲	۱۳۳/۹۸	-۴/۰۰	۲۰۵/۸۶
	CV (%)	۶/۰۴	۶/۵۶	۴/۹۰	۶/۱۱	۷/۸۸	۹/۸۶	۸/۱۶	۱۴/۵۷	۵/۱۳	۲۰/۶۷
	NRMSD	۰/۳۴	۰/۱۸	۱/۸۸	۰/۱۰	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۰۹	۱/۳۸	۰/۰۶	۲/۱۵
۲۵	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۳۰/۰۰	-۹/۴۴	۱۸۷/۶۶	۱۶/۷۹	۵۳/۵۱	-۶۵/۸۵	-۴/۸۲	۱۳۳/۹۸	-۴/۰۰	۲۰۵/۸۶
	CV (%)	۴/۹۷	۵/۰۳	۷/۳۹	۶/۲۰	۹/۲۲	۹/۸۶	۸/۱۶	۱۴/۵۷	۵/۱۳	۲۰/۶۷
	NRMSD	۰/۳۰	۰/۱۰	۱/۸۹	۰/۱۸	۰/۵۵	۰/۶۶	۰/۰۹	۱/۳۸	۰/۰۶	۲/۱۵
۵۰	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۳۱/۲۳	-۱۲/۳۰	۱۶۵/۰۵	۲۱/۷۸	۷۷/۱۷	-۵۹/۵۰	۳/۱۸	۱۱۷/۵۲	۲۸/۱۲	۲۶۸/۶۳
	CV (%)	۶/۶۱	۴/۹۹	۶/۲۷	۹/۸۹	۹/۸۹	۱۲/۱۳	۳/۶۰	۸/۹۷	۲۰/۲۵	۱۱/۰۷
	NRMSD	۰/۳۲	۰/۱۳	۱/۶۶	۰/۲۵	۰/۷۹	۰/۶۰	۰/۰۵	۱/۱۹	۰/۳۵	۲/۷۱
۷۵	Bias[\bar{Q}_s] (%)	-۳۲/۷۳	-۴/۴۱	۱۶۷/۴۹	۲۲/۰۷	۷۹/۹۶	-۵۷/۲۰	۱۹/۷۷	۱۴۱/۵۴	۳۶/۸۹	۳۰۰/۶۲
	CV (%)	۹/۰۳	۱۰/۸۹	۱۷/۶۳	۱۳/۱۷	۱۹/۹۶	۹/۶۴	۹/۰۶	۱۹/۴۶	۱۹/۹۹	۳۲/۱۲
	NRMSD	۰/۳۳	۰/۱۱	۱/۷۴	۰/۲۷	۰/۸۸	۰/۵۷	۰/۲۳	۱/۴۹	۰/۴۶	۳/۲۷

جدول ۳- تعداد برآوردهای با خطای کم‌تر از ۲۰ درصد به دست آمده از دو منحنی سنجح حد وسط دسته‌ها و عاملی

داده اضافی	دوره	منحنی سنجح				حد وسط دسته‌ها				عاملی	
		بارانی	برفی- بارانی	مجموع دو دوره	کل داده‌ها	بارانی	برفی- بارانی	مجموع دو دوره	کل داده‌ها	مجموع دو دوره	کل داده‌ها
صفر	۰	۰	۵	۴	۵	۰	۱	۵	۵	۵	
۲۵	۰	۰	۵	۵	۴	۰	۰	۳	۵	۵	
۵۰	۰	۰	۵	۵	۵	۱	۰	۲	۲	۲	
۷۵	۳	۵	۵	۵	۳	۲	۱	۲	۲	۲	

نتایج نداشته و حتی ممکن است نتیجه عکس داشته باشد. دلیلی که می‌توان بیان کرد، اثر تغییرات زیاد رسوب در دبی‌های بالا بر ضریب اصلاحی عاملی است. بطوریکه با افزایش داده‌های اضافی این ضریب اثر معکوسی بر خطای برآوردها می‌گذارد. در حالیکه در روش حد وسط به دلیل متوسط‌گیری در داخل دسته‌ها اثر تغییرات زیاد رسوب خنثی می‌شود.

۳- میزان خطا، دقت و صحت در بررسی گروهی برآوردها و عوامل مؤثر بر آن:

روش‌های فائو و غیر عاملی در اکثر موارد خطایی بالاتر از ۱۰۰ درصد را نشان دادند. از نظر CV و NRMSD نیز این دو منحنی سنجح -به غیر از موارد استثنایی- ضعیف‌ترین نتایج را تولید

برآوردهای با خطای کم‌تر از ۲۰ درصد از هر ۵ تکرار را به تفکیک دوره و داده اضافی نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در منحنی سنجح حد وسط با افزایش ۷۵ داده اضافی در دوره بارانی، نتایج قابل قبول به ۳ مورد از ۵ تکرار رسیده است و در دوره برفی - بارانی در تمام موارد نتایج رضایتبخش است. کل دو دوره نیز نتایج بسیار خوبی داشته است. البته مجموع دو دوره نسبت به کل داده‌ها نتیجه بهتری داشته که دلیل خاصی به غیر از عامل تصادفی بودن برای آن به نظر نمی‌رسد. در منحنی سنجح عاملی، تاثیر افزودن داده اضافی در دوره بارانی اندک، در دوره برفی-بارانی نامشخص و در دو مورد دیگر منفی بوده است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در روش عاملی افزودن داده اضافی سیلاب تأثیری در بهبود

پارامتری را بهبود بخشیده ولی در دوره برفی اثر خاصی نداشته است. مطابق یافته‌های والینگ و وب [۲۹] در رودخانه Creedy افزودن داده‌های اضافی از سیلاب‌ها ۲۵ درصد در افزایش برآوردهای روش‌های عاملی نقش داشته است.

منابع

1- Arabkhedri, M. 2009. Sampling designs and estimation methods for sediment load prediction in two rivers in Iran and Malaysia. PhD Thesis, University Putra Malaysia. 236 p. (In Persion)

2- Arabkhedri, M., 2011. Improving the estimation of logged mean load within discharge classes sediment rating curve applying adaptive cluster sampling. Proc. of 4th Iraninan Water Resources Management Conf. 2-3 May 2011, Tehran., Iran. (In Persion)

3- Arabkhedri, M., S. Hakimkhani, and A. Vali-Khojeini, 1999. The need for revising in conventional suspended sediment estimation method. The Proc. Of 5th River Engineering Conf. Ahwaz, Iran. Shahid Chamran University Press. 429-438. (In Persion)

4- Arabkhedri, M., S. Hakimkhani, and D. Nikkami, 2003. Comparison of some statistical methods in estimation of suspended load in a watershed with snowy-rainy hydrological regime. Final report of research plan, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. Pub. Code: 79-0500035000-15, 63P.

5- Arabkhedri, M., S. Hakimkhani, and J. Varvani. 2004. The Validity of Extrapolation Methods in Estimation of Annual Mean Suspended Sediment yield. Journal of Agricultural Sciences And Natural Resources. 11 (3), 123-132. (In Persion)

6- Arabkhedri, M., Lai, F.S., Noor Akma, I., and Mohamad Roslan, M. K., 2010. "An application of adaptive cluster sampling for estimating total suspended sediment load", J. Hydrol. Res. 41(1), 63-73.

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

8- Cheviron, B., Delmas, M., Cerdan, O., and Mouchel, J.-M. 2011. Parameter uncertainty and

کردند. در مورد روش یک خطی، برآورد کم‌تر از مقدار واقعی در تمام موارد مشاهده می‌شود که با نتایج پژوهش‌های توماس [۲۳]، توماس [۲۴] و والینگ و وب [۲۹] همخوانی دارد. با این همه خطای بالا (حدود ۸۰-درصد) در دوره بارانی و خطای تاحدودی کم (حدود ۱۰-درصد) در دوره برفی-بارانی و خطای متوسط (حدود ۶۵-درصد) با داده‌های مشترک به طور قطع به اثر میزان پراکندگی اندازه گیری‌ها و خطای تبدیل لگاریتمی ناشی از آن مربوط است. اثر پراکندگی داده‌ها بر خطای تبدیل لگاریتمی توسط پژوهشگران متعدد از جمله‌هان، [۱۲]؛ جانسون، [۱۶]؛ کوهن، [۹] و عرب‌خدری، [۱] بیان شده است. پراکندگی اندازه‌گیری‌ها در دوره بارانی بیش‌تر و خطای تبدیل لگاریتمی نیز افزون‌تر می‌باشد. از خطای کم روش یک خطی در دوره برفی-بارانی می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال در مناطق معتدل بدون بارش‌های تابستانی، روش یک خطی برآوردهای قابل قبول‌تری در مقایسه با مناطقی که رژیم بارانی نقش اصلی در رسوب‌دهی دارد تولید کند. ضریب تغییرات برآوردهای این روش در اکثر موارد کم‌تر از سایر روش‌ها است. ولی به دلیل خطای زیاد به غیر از دوره برفی-بارانی، صحت برآوردهای آن مناسب نیست (NRMSD بالا). به عبارت دیگر در دوره برفی-بارانی خطای کم و ضریب تغییرات پایین منجر به صحت قابل قبول‌تر این روش شده است.

همانطور که در قسمت نتایج گفته شد، روش عاملی و حد وسط دسته‌ها در مجموع، برآوردهای صحیح‌تری در مقایسه با سایر روش‌ها داشتند و برای استفاده در شرایط مشابه توصیه می‌شوند. اثرات مثبت ضریب عاملی و حدوسط دسته‌ها در بهبود برآوردها با نتایج پژوهش‌های عرب‌خدری و همکاران [۵]، عرب‌خدری و همکاران [۴] و میرزایی و همکاران [۲۲] همخوانی دارد. یک مزیت مهم استفاده از منحنی سنجه رسوب حدوسط دسته‌ها را می‌توان خنثی کردن اثر وجود نمونه‌های بیش‌تر در دبی‌های کم در روش آمارگیری تعویمی ذکر کرد. زیرا با متوسط گیری از داده‌ها در دسته‌های جریان تعداد زیاد مشاهدات در دبی‌های پایه دیگر اثری بر روند منحنی سنجه نخواهد داشت. اثر افزایشی ضریب عاملی بر برآورد رسوب معلق بین ۵ تا ۱۳۲ درصد توسط توماس [۲۳] و والینگ و وب [۲۹] اعلام شده است در این مطالعه این افزایش از ۴۲ تا ۹۲ درصد می‌باشد و در محدوده فوق قرار دارد.

به رغم نتیجه گیری کلی مبنی بر مناسب‌تر بودن این دو منحنی سنجه ، صحت برآوردهای آن دو در دوره بارانی دو تا سه برابر کم‌تر از سایر دوره‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر باید اذعان نمود که هیچ کدام از روش‌های اصلاحی قادر نیست عبور قریب یک میلیون تن رسوب معلق در روزی تابستانی توسط جریان سیلابی پس از رگبار تند را شبیه سازی کند؛ در حالیکه در روزهای قبل و بعد این رویداد جریان پایه در حد صفر بوده است. افزودن داده‌های اضافی از سیلاب‌ها در دوره بارانی تا حدود ۳۰ درصد برآوردهای روش

1- Hann

Sediment rating curves developed on stage and seasonal means in discharge classes for the Mellah Wadi, Algeria. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 90(3), 227-236.

20- Miller, D. M. (1984). Reducing transformation bias in curve fitting. *The American Statistician*, 38(2), 124-126.

21- Mirabolghsemi, H. and S. Morid. 1996. A study on the hydrologic methods for suspended sediment yield estimations in rivers. *J. Water and Development*. 10, 54-67

22- Mirzaee, M. R., M. Arabkhedri, S. Feiznia, and H. Ahmadi. 2005. A comparison of methods of estimation of suspended sediment in rivers. *Iranian Journal of Natural Resources*. 58 (1), 301-313. (In Persian)

23- Thomas, R. B. 1985. Estimating total suspended sediment yield with probability sampling. *Water Resources Research*. Vol. 21, pp. 1381 – 1388.

24- Thomas, R.B., 1988. Monitoring baseline suspended sediment in forested basins: the effects of sampling on suspended sediment rating curves. *Hydrological Sciences*, 33(5): 499-514.

25- Thomas, R.B. and J. Lewis, 1993, A Comparison of selection at list time and stratified sampling for estimating suspended sediment loads. *Water Resource Research*, 19: 1247-1256.

26- 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.

27- U.S.E.P.A., 2002, A protocol for establishing sediment TMDLS, By the sediment TMDL technical advisory group. 31 pp.

28- Walling, D.E., and B.W. Webb .1981. The reliability of suspended sediment load data. In: *Erosion and sediment transport*(Proc. of Florence Symp. June 1981). IAHS. Publ. No. 133. pp. 177 – 194.

29- Walling, D.E., and B.W. Webb. 1988. The reliability of rating curve estimates of suspended sediment yield: Some further comments. In: *Sediment budgets* (Proc. of Porto Alegre Symp. Dec.

sensitivity analysis in sediment flux calculation, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 8, 1469-1506, doi:10.5194/hessd-8-1469-2011.

9- Cohn, T.A., 2005. Estimating contaminant loads in rivers: An application of adjusted maximum likelihood to type 1 censored data. *Water Resources Research*, 41(7): 1-13.

10- Ferguson, R.I. 1986. River loads underestimated by rating curves, *Water Resources Research*, Vol. 22, No. 1, pp. 74-76.

11- Endreny, T.A., Hassett, J.M. and S.E. Wolosoff, 2005. Robustness of pollutant loading estimators for sample size reduction in a suburban watershed. *International Journal of River Basin Management*, 3(1): 53–66.

12- Hann. C.T. 1977. *Statistical methods in hydrology*, The Iowa State University Press, 378p.

13- Hodgkins, A. Glenn. 2001, Total phosphorus loads for selected tributaries to Sebago Lake, Maine, U.S. Geological Survey, *Water_ Resource Investigation Report 01-4003*

14- Horowitz, A.J., 2002. The use of rating (transport) curves to predict suspended sediment concentration: a matter of temporal resolution, *Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop*, Reno, NV, pp. 3p.

15- Horowitz, A.J., 2003. An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculations. *Hydrological Processes*, 17: 3387-3409.

16- Jansson, M.B. 1996. Estimating a sediment rating curves of the Reventazon River at Palomo using logged mean loads within discharge classes. *Journal of Hydrology*. Vol. 183. No. 4. pp. 227-241.

17- Jones, K. R., O. Berney, D. P. Carr and E. C. Barrett. 1981. *Arid zone hydrology for agricultural development*. FAO Irrigation and drainage paper. No.37. 271 p.

18- Koch, R.W., and G.M. Smillie. 1986. Comment on “ River loads underestimated by rating curves” by R.I. Ferguson, *Water Resources Research*, Vol. 22, No. 13, pp.2121-2122.

19- Khanchoul, K., and Jansson, M. B. (2008).

the improved estimation of suspended sediment load using hydrological methods (Case study: Taleghan Basin) Iranian Journal of Natural Resources. 61 (5), 809-819. (In Persian)

1988), IAHS Publ., pp. 337-350.

30- Zoratipour, A., M. Mahdavi, S. Khalighi-Sigaroudi, A. Salajegeh and N. Shams-al_moali. 2009. Assessment of the effect of classification on