بررسي تاثير طبقه‌بندي رسوب بر بهبود روش‌هاي هيدرولوژيكي برآورد بار معلق رودخانه‌ها (مطالعه موردي: حوزه آبخيز طالقان)

امين ذرتي‌پور[*1]، محمد مهدوي[2]، شهرام خليفي‌سيگارودي[3]، علي سلاجقه[3] و نگار شمس‌المعالي[4]
[1] دانشجوي دكتري و مربي دانشگاه كشاورزي و منابع طبيعي رامين اهواز، ايران
[2] استاد گروه احياء مناطق خشك و كوهستاني، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[3] استاديار گروه احياء مناطق خشك و كوهستاني، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[4] كارشناس‌ارشد بيابان‌زدايي، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۶/۷/۱۴، تاريخ تصويب: ۸۷/۵/۱۹)

چكيده

از مهم‌ترين عوامل تصميم‌گيري در احداث سازه‌هاي رودخانه‌اي و تعيين عمر مفيد سدها، داشتن داده‌های دقيق از ميزان رسوب حمل شده توسط رودخانه‌ها است. روش‌هاي چندی براي محاسبه بار معلق رودخانه‌ها پيشنهاد شده است. يكي از اين روش‌ها، روش هيدرولوژيكي منحني‌سنجه رسوب است. از منشاءهاي خطا در برآورد صحيح بار معلق رودخانه‌ها در منحني سنجه رسوب، ناديده گرفتن اختلاف‌های فصلي مي‌باشد. هدف از اين تحقيق بررسي اثر كلاسه‌بندي فصلي داده‌هاي رسوب، با تجزيه هيدروگراف خروجي حوزه به ماه‌هاي بارش (تر)، خشک و سيلابي، در گزينش بهترين روش و مناسب‌ترين فصل از ميان ۶ روش هيدرولوژيكي متداول و ۳ فصل كلاسه‌بندي شده در برآورد بار معلق رودخانه است، كه در ايستگاه گلينك حوزه طالقان مورد بررسی قرار گرفت. نتايج بدست آمده نشان داد نوع و كيفيت داده‌هاي اوليه در دقت و درستی برآورد روش‌هاي هيدرولوژيكي موثر است. بدين گونه كه كلاسه‌بندي كلي داده‌ها به فصول مختلف تاثير بالايي در كاهش ميزان خطاي برآوردي روش‌هاي هيدرولوژيكي دارد و باعث بالا رفتن درستی (كاهش MAE) و دقت (كاهش S_TD_{EV}) برآوردها بترتيب به ميزان ۶ و ۷۷/۸ درصد مي‌شود. نتيجه‌گيري مي‌شود كه روش حدوسط دسته‌ها و فائو براي داده كلي، روش غيرمشخصه‌اي براي طبقه داده فصول بارش (تر)، روش يك خطي براي طبقه داده فصول سيلابي و روش فائو براي طبقه داده فصول خشك، به عنوان روش‌هاي مناسب برای برآورد بار معلق رودخانه شناسايي شدند. همچنين ميزان دبي- رسوب فصل سيلابي به عنوان مناسب‌ترين طبقه، برای برآورد بار معلق سالانه با بيشترين دقت گزينش شد.

كلمات كليدي: منحني سنجه رسوب، روش هيدرولوژيكي، برآورد رسوب معلق، كلاسه‌بندي فصول، طالقان

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۶-۶۰۷۴۲۹۵ فاكس: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۳ Email: Zoratipour@ruanr.ac.ir

مقدمه

بخش عمده رسوب حمل شده بوسیله بیشتر رودخانه‌هارا بار معلق تشکیل مي‌دهد. به همین علت تعیین میزان بار معلق رسوب رودخانه در بررسی های مهندسي رودخانه و منابع آب دارای اهمیت است. از آنجا که خسارت وارد توسط رسوبات به طبیعت، کشاورزي و سازه‌هاي آبي ساخته شده بر روي یا در کنار رودخانه‌ها بسیار گسترده و زیان آور است، شناخت دقیق آن از اهداف مهم مهندسان آبیاری و آبشناسی مي‌باشد (۳). براي جلوگیري و یا به کمینه رساندن خسارت وارد باید سه فرایند فرسایش، انتقال و ته نشیني مواد رسوبي را مورد بررسی قرار داد (۹). در این رابطه پژوهشگران و کارشناسان امر در جهان روش‌هاي متنوعي را ابداع کرده، که به دو دسته کلي تقسیم مي‌شوند: الف) روش‌هاي آبیاری ب) روش‌هاي هیدرولوژیکي. در این پژوهش از روش‌هاي هیدرولوژیکي که به برآورد میزان کل رسوب بدست آمده از فرسایش رودخآناني و دیگر انواع فرسایش در درون حوزه آبخیز مي‌پردازد بهره گیری شده است (۱۴). در روش‌هاي هیدرولوژیکي از منحني سنجه رسوب، به عنوان روش مبنا زیر بناي دیگر روش‌ها بهره‌گیری مي‌شود. منحني سنجه رسوب، معادله‌اي است که برپایه بهترین خط منحني برازش یافته بین میزان دبي جریان عبوري و رسوب معلق متناظر آن به دست مي‌آید و به صورت زیر مي‌باشد (۶).

$$Q_s = aQ_w{}^b$$

که در آن:

Q_s = دبي رسوب معلق (به طور معمول بر حسب تن در روز)،

Q_w = دبي جریان متناظر آن (به طور معمول بر حسب مترمکعب بر ثانیه)،

a و b = ضریب‌های معادله مي‌باشند.

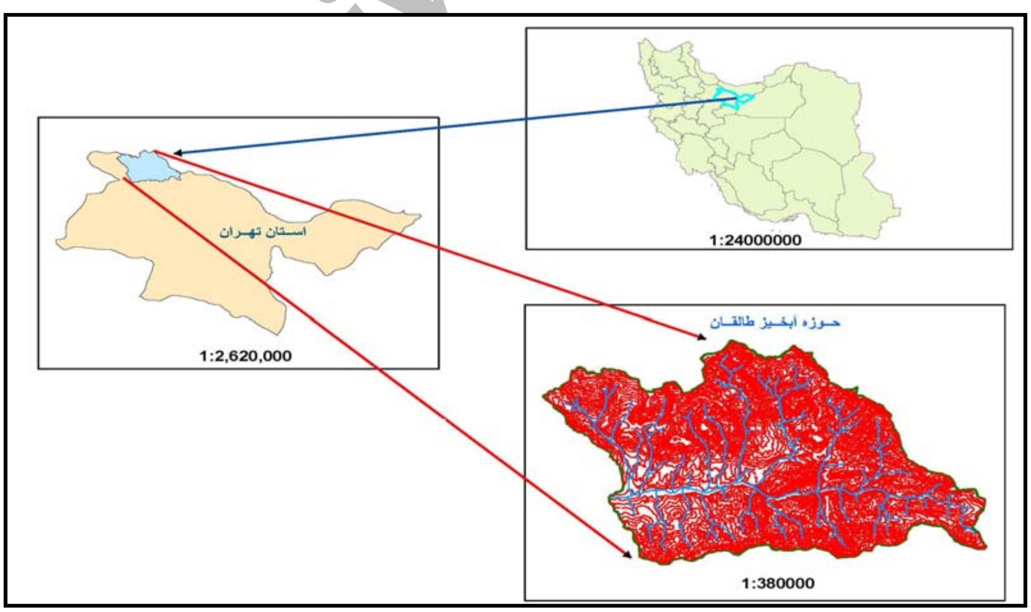
ژانگ وي لي و همکاران (۲۰۰۶) در یک بررسی بـا بهـره گیــری از روش‌هــاي زمــین آمــاري کریجینــك (OK) و کوکریجینگ (CK) اقدام به برآورد بار معلق روزانه نمودند. به گونه‌اي که از رسوب معلق و دبي لحظه‌اي روزآنانیستگاه به طور هفتگي، دوهفته یکبار و ماهانه نمونه برداري کرده و آنان را با روش منحني سنجه مورد آزمون قرار دادند. میزان برآورد شده در برابر میزان اندازه‌گیري شده روزانـه در طـي دوره ۹ ساله آماري قرار گرفت. نتایج نشان داد کـه رسـوب روزانــه بــرآورد شــده از روش کوکریجینـگ و روش نمونـه برداري داده به صورت هفتگي بهترین درستی ودقت آماري را با داده‌هاي اندازه‌گیري شده روزانـه دارد. همچنـین روش منحني سنجه بر پایه همان داده‌ها دقت بالا، ولـي درسـتی پاییني برآورد نمـود، بـه گونـه‌اي کـه داده‌هـاي اوج را کـم برآورد کرده و داده‌هاي پائین را زیاد برآورد مـي‌کنـد (۱۶). کویلبي ودوچمین (۲۰۰۶) به منظور گزینش روش مناسب برای برآورد بار رسوبي سه روش برآورد کننده‌هاي میانگین، برآورد کننده‌هاي نسبي و روش‌هاي رگرسیوني را در منطقه جنوب کانادا با هم مقایسه کردند. آنـان در ایـن بررسـی از دبـي و دو مشخــصه فیزیکــي حوضــه بــه عنــوان بــرآورد کننده‌هاي بار رسوبي بهره گیری و بیان مي‌کنند در صورتي که ضریب تعیین رابطه میـزان باررسـوبي و مشخـصه‌هـاي ورودي (R^2) بیش از ۵۰درصد باشد، در سطح اطمینـان ۱ درصد، روش‌هاي رگرسیوني به خوبي مي‌تواننـد تغییرهـاي رسوب را همانند سازي کنند و در صورتي کـه R^2 کمتـر از ۵۰ درصد باشد باید از برآوردکننده‌هاي نسبتي بهره‌گرفـت. ایـن پژوهـشگران نیـز بیـان مـي‌کننـد در صـورتي داده‌هـا پراکنش زیادي داشته باشند به منظور برآوردهاي دقیق تـر پیش از آغاز تجزیه و تحلیـل بایـد داده‌هـارا بـر پایـه یـک ویژگي معین به گروه‌هایي طبقـه بنـدي کـرد (۱۳). برزگـر (۱۳۸۴)، در بررسي مقایسه‌اي بین چنـد روش بـرآورد بـار معلق، بررسی موردي در حوزه قزل اوزن به‌این نتیجه رسید که روش‌هاي متداول برآورد رسوب شامل USBR، جاماب و منحني سنجه رسوب به ترتیـب میـزان رسـوب معلـق را ۴۱،۴۷ و۴۳ درصد کمتر برآورد مـي‌کنـد ولـذا بـه منظـور برآورد رسوب معلق باید در روش هاي متداول، تجدید نظـر و یا در صورت بهره‌گیری از روش‌هاي موجود باید در سامانه نمونه گیري از رسوب اصلاح‌هایی صورت گیـرد (۱). عـرب خدري وحکیم خاني (۱۳۸۲)، اعتبار روش‌هاي بـرون یـابي در برآورد میانگین رسوبدهي معلق سـالانه در ۱۷ ایـستگاه

هيدرومتري كشور انجام دادند، روش تلفيق جريان روزانه و منحني سنجه حدوسط دسته‌ها به عنوان روش مبناي برآورد رسوبدهي با كمترين خطاي آماري گزينش شد (۵). ميرزايي (۱۳۸۱)، مقايسه روش‌هاي آماري برآورد رسوب معلق رودخانه‌ها را با بهره‌گيری از ۲۱ روش آماري مختلف انجام داد. نتايج نشان داد كه روش برآورد تلفيق دبي ميانگين روزانه با منحني سنجه حدوسط دسته‌ها دقيق تر و درست‌تر است و به عنوان بهترين روش گزينش شد همچنين در اين روش برآورد رسوب، نمونه گيري تصادفي– سيستماتيك پاسخ مناسب‌تري را نسبت به ديگر روش‌ها مي‌دهد (۷). يوسفوند و گلمائي (۱۳۸۴)، در بررسی‌انجام شده در رودخانه قره سو اثر كلاسه‌بندي داده‌هاي رسوب بر پايه زمان اندازه‌گيري را در برآورد بار معلق رودخانه‌ها مورد بررسی قرار داد. ايشان در اين بررسی با در نظر گرفتن شرايط هيدرولوژيكي و بر پايه طبقه بندي زمان نمونه گيري به ماه‌هاي پرآب و كم آب آزمون ۳ مدل را انجام دادند كه در نهايت، مدل طبقه بندي داده‌ها به ماه‌هاي كم آب و پرآب با كمترين ميانگين مربعات خطا (۱۶%)، مدل بهينه گزينش شد (۸). هدف از اين بررسی بالا بردن دقت معادله سنجه رسوب با انجام طبقه بندي داده‌هاي دبي رسوب و جريان رودخانه، به فصول مختلف مي‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

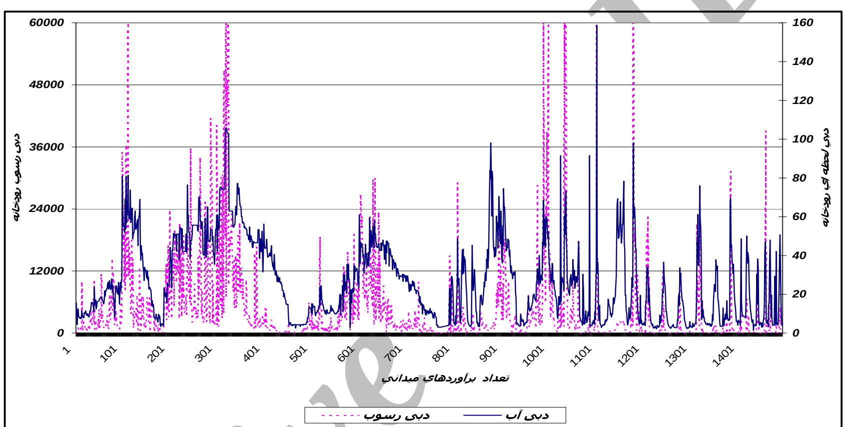
حوزه آبخيز طالقان يكي از شاخه‌هاي آبخيز سفيد رود است كه در دامنه رشته كوه‌هاي البرز و در بخش شمال غربي تهران واقع شده و با آن ۹۰ كيلومتري فاصله دارد. منطقه مورد بررسی قسمتي از حوزه آبخيز طالقان است كه بخش سراب و مياني طالقان را در برگرفته و خروجي آن بر روي ايستگاه هيدرومتري گلينک مي‌باشد. گستره منطقه مورد بررسی ۸۰۴۲۸/۸۲ هكتار ومحيط آن ۱۵۱/۳ كيلومتر مي‌باشد كه بين عرض هاي شمالي "۱۷/۴۵، ′۵۰، °۳۶ تا "۴۵/۹۳، ′۲۰، °۳۶ و طول هاي شرقي "۳۳/۳۹، ′۳۹، °۵۰ تا "۲۶/۵، ′۱۱، °۵۱ واقع شده است. شكل ۱ موقعيت منطقه مورد بررسی را نشان مي‌دهد (۴).



شكل ۱- موقعيت و محدوده كلي حوزه آبخيز طالقان

مواد و روش‌ها

درآغاز از میان ایستگاه‌هاي موجود، ایستگاهي كه به داشتن آمار رسوب و دبي كامل روزانه، از پراكنش نمونه برداري خوبي در فصول مختلف برخوردار و نیز موقعیت قرارگیري ایستگاه پیش از تاسیسات سد بود گزینش شد (شكل۲). پس از آزمون درستی و همگني داده‌ها (داده دبي آب و رسوب معلق) و نیز حذف داده‌هاي ناقص و پرت، در نهایت این بررسی با ۱۵۰۰ داده نمونه برداري شده دبي و رسوب معلق بر روي ایستگاه گلینك حوزه آبخیز طالقان رود انجام گرفت. ۲۰ درصد از شمار سالهاي نمونه برداري شده از رسوب ایستگاه به منظور ارزيابي روش‌هاي هیدرولوژیكي، به صورت تصادفي كنار گذاشته و روش‌هاي هیدرولوژیكي با۸۰ درصد داده‌هاي باقي‌مانده برآورد شدند. البته لازم به یادآوري است، نمونه‌هاي كنارگذاشته شده به صورت تصادفي باید بیانگر جامعه آماري باشند، یعني میانگین وانحراف ازمعیار داده‌هاي كنار گذاشته شده با میانگین وانحراف ازمعیار جامعه آماري داده‌هاي مورد بهره گیری برابر و یا نزديك باشد.



شكل ۲- نمودار تغییرات دبي لحظه‌اي رودخانه به دبي رسوب معلق رودخانه طالقانرود در ایستگاه گلینك

سپس كلاسه‌بندي فصول مختلف سال بر پایه تجزیه هیدروگراف سالیانه دبي به سه طبقه، فصول خشك (از اول خرداد ماه تا آخر شهریور)، فصول بارش (تر) (از اول مهرماه تا آخر دي ماه) و فصول سیلابي (از اول بهمن ماه تا آخر اردیبهشت ماه)، انجام و برآورد میزان رسوب روزانه و ترسیم منحني سنجه رسوب با بهره‌گیری از روش‌هاي هیدرولوژیكي (۶ روش مختلف) انجام گرفت كه همه این روش‌ها بر پایه روش منحني سنجه رسوب مي‌باشند:

۱- منحني سنجه یک خطي: در این روش داده‌هاي غلظت یا دبي رسوب و دبي جریان متناظر آنان به یک محور مختصات لگاریتمي‌منتقل شده و بهترین خط برازش با بهره گیری از روش كمینه مربعات از میان نقاط عبور داده مي‌شود. بنابراین از این روش بدون توجه به چگونگی پراكنش نقاط تنها یک خط از بین نقاط عبور داده مي‌شود (۳).

$$Q_S = aQ_w^{\ b} \qquad (۱)$$

كه در آن:

Q_s = دبي رسوب روزانه به تن در روز ، Q_w = دبي روزانه آب به متر مكعب در ثانیه ، a و b = ضرائب منطقه‌اي

۲- عبور دادن بیش از یک خط از نقاط (منحني سنجه دو خطي): در صورتي كه شرایط داده‌ها و پراكنش ابر نقاط در منحني سنجه رسوب اجازه دهد، مي‌توان به جاي یک خط، چند خط از بین ابر نقاط عبور داد. بنابراین در این

حالت بيش از يک معادله براي منحني سنجه رسوب وجـود خواهد داشت (۵).

۳- روش حدوسط دسته‌ها:در اين روش دبي‌هـاي جريـان با يک نمو معين به چندي دسته تقسيم شده و بـراي دبـي ميانگين هر دسته، دبي ميانگين رسوب انـدازه‌گيـري شـده همان دسته تعيين مي‌شود و منحني سنجه‌اي با بهره‌گيری از دبي ميانگين هر دسته و رسوب ميانگين متنـاظر همـان دسته به دست مي‌آيد (۱۰).

۴- روش ضريب اصلاحي فـائو: در ايـن روش کـه توسـط جونز و همکاران تشريح شـده اسـت (۱۱)، درآغـاز بهتـرين خط را با معادله رابطه (۱) به روش کمينه مربعات به ميزان لگاريتمي (نه ميزان واقعي) برازش مي‌دهند. ولي پس از آن از معادلـه فـوق کـه از نقـاط ميـانگين‌هـاي $LogQ_s$ و $LogQ_w$ عبور مي‌کند بهره‌گيری نمي‌شود و به جاي آن از معادله خطي مـوازي بـا آن کـه از ميـانگين‌هـاي Q_s وQ_w متناظر مي‌گذرد منحني سـنجه ترسـيم مـي‌شـود. معادلـه جديد به صورت زير است:

$$a' = \frac{\overline{Q}_s}{\overline{Q}^b_w} \quad (۲)$$

که در آن:

ميــزانa' از تقــسيم ميــانگين‌هــاي Q_s وQ_w متنــاظر اندازه‌گيري شده به دست مي‌آيد (a' به جـاي a در معادلـه اول قرار مي‌گيرد).

۵-۵- ضــريب اصــلاحي مشخــصه‌اي (CF_1): يکــي از منشاءهاي خطا در منحني سنجه خطـاي ناشـي از تبـديل لگاريتمي‌ميزان دبي- رسـوب اسـت (۵). بـراي اصـلاح اثـر تبديل خطاي لگاريتمي، توماس ضريب اصـلاحي زيـر را بـا فرض توزيع نرمال خطاي باقي‌مانده، پيشنهاد کرد (۱۵):

$$CF_1 = EXP\left[2/65S^2\right] \quad (۳)$$

که در آن:

S: اشـتباه اسـتاندارد بـرآورد منحنـي سـنجه رسـوب در لگاريتم پايه ۱۰ بوده واز رابطه زير محاسبه مي‌شود:

$$S^2 = \frac{\sum\left(\log Q_{so\,i} - \log Q_{sei}\right)^2}{(n-2)} \quad (۴)$$

که در آن:

n= شمار نمونـه‌هـاي غلظـت، $\log Q_{soi}$= لگـاريتم ميـزان مـشاهده‌اي غلظـت، $\log Q_{sei}$ = لکـاريتم ميـزان بـرآوردي غلظت

۶-۵- ضـريب اصـلاحي غيـر مشخـصه‌اي (CF_2): کـخ واسميليه (۱۹۸۶) با رد توزيع نرمال خطاهـاي بـاقي‌مانـده، ضريب اصلاحي غير مشخصه‌اي را براي حذف اريبي داده‌ها توصيه کرده‌اند، که از رابطه زير بدست مي‌آيد (۱۲):

$$CF_2 = \frac{1}{n}\sum 10^{\varepsilon i} \quad (۵)$$

$$\varepsilon i = \log Q_{soi} - \log Q_{sei} \quad (۶)$$

ضريب اصلاحي مشخصه‌اي و غير مشخصه‌اي نيز هماننـد ضريب اصلاحي فائو به صورت ضريبي براي معادلـه (۱) بـه کار مي‌روند. در نهايت هر کدام از فـصول و همچنـين کـل داده‌ها به طـور جداگانـه بـرآورد شـدند. برآوردهـاي انجـام گرفته در طبقه‌هاي فصول مختلف، با ۲۰ درصـد داده‌هـاي خام کنار گذاشته شده، با بهره‌گيری از شاخص هاي برآورد خطا مانند انحراف نسبي (MAE) به منظور تعيين درستی روش و انحراف از معيار (S_TD_{EV}) مقايسه و مناسـب‌تـرين طبقـه فـصلي و بهتـرين روش بـرآورد بـار معلـق از ميـان روش‌هاي پيشنهادي، از نظر دقت ودرستی تعيين شد.

ميـزان خطـاي نـسبي = | $Q_{Sact} - Q_{Sest}$ | / Q_{Sact} استاندارد شده هر برآورد

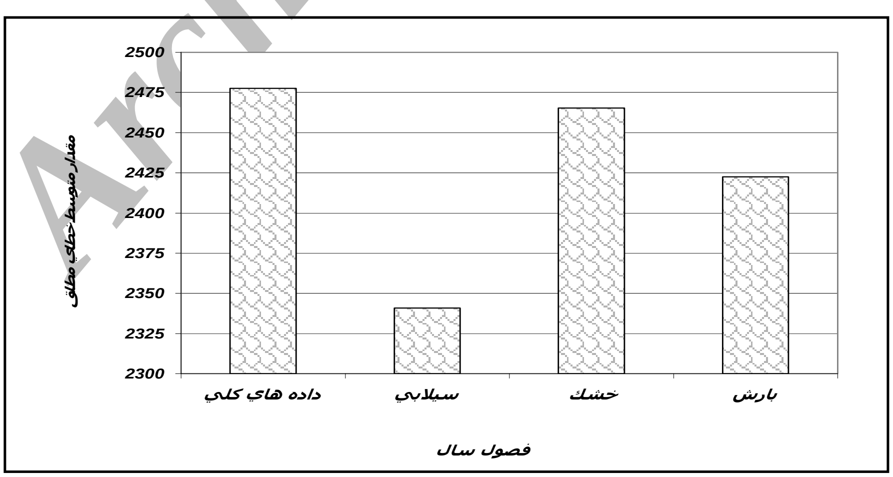
شمار برآوردها / جمع خطاي نسبي برآورد ها = ميزان خطاي روش

كه در آن:

Q_{Sact}: ميزان واقعي رسوب معلق، Q_{Sest}: ميزان برآوردي بار معلق

نتايج

نتايج تجزيه و تحليل ۶ روش هيدرولوژيكي برآورد بار معلق و همچنين مقايسه كلاسه‌بندي فصول مختلف سال در جداول ۱ و ۲ و شكل ۳ آورده شده است. ۳ روشي كه خطاي MAE آنان كمتر از روش‌هاي ديگر مي‌باشد، با رنگ زمينه خاكستري در جدول مشخص شده و به عنوان روش بهينه گزينش شدند. نكته قابل توجه‌اين است كه با تغيير در نوع داده مورد بهره‌گيری (منظور فصل بندي آمار دبي- رسوب يك ايستگاه) با روش‌هاي هيدرولوژيكي واحد (۶ روش هيدرولوژيكي)، گزينش روش مناسب تغيير يافته است (جدول۱). نتايج جدول‌های ۱ و ۲ نشان مي‌دهد كه خطاي مطلق و انحراف ازمعيار، از داده‌هاي كلي به داده‌هاي فصل سيلابي به ترتيب از ۲۴۷۷/۴ و۳۶۵/۲ به ۲۳۴۰/۹ و ۸۰/۸ كاهش يافته است. براي داده‌هاي كلي، روش حدوسط و فائو با ميزان خطاي به ترتيب ۲۱۷۹/۹ و ۲۱۷۰/۶ تن در روز و براي طبقه داده‌هاي فصول سيلابي، روش يك خطي با ميزان خطاي مطلق يكسان ۲۲۰۳ تن در روز و براي طبقه داده‌هاي فصول بارش (تر)، روش غيرمشخصه‌اي با ميزان خطاي مطلق ۲۰۹۱ تن در روز و براي طبقه داده‌هاي فصول خشك روش فائو با ميزان خطاي مطلق بترتيب ۲۱۳۳/۲ تن در روز مشخص شدند (جدول ۲). ميزان خطاي روش غيرمشخصه‌اي، براي داده‌هاي كلي با ميزان بالا و براي طبقه‌هاي فصول مختلف، با ميزان پايين برآورد شد. بهره گيری از ضريب CF_1و CF_2 در دبي‌هاي اوج (سيلابي) با ميزان رسوب ديده‌شده بالا داراي خطاي برآوردي بالا برآورد شد. اين موضوع به دليل حساسيت بالاي ضرايب مورد بهره‌گيری دبي‌هاي بالا در برآوردهاي روش‌هاي هيدرولوژيكي و بدنبال آن در ميزان رسوب برآوردي و برعكس حساسيت پايين در دبي‌هاي مياني و پايه مي‌باشد. در نهايت از بين كلاسه‌بندي فصول، طبقه فصول سيلابي با ميزان ميانگين خطاي مطلق و انحراف از معيار كم كه به ترتيب ۲۳۴۰/۹ و ۸۰/۸ تن در روز بدست آمد (جدول ۲).



شكل ۳- مقايسه ميزان ميانگين خطا با روش هاي هيدرولوژيكي در فصول مختلف سال

روش نخست، كه كمترين ميزان ميانگين خطاي مطلق را برآورد شده‌اند با رنگ زمينه خاكستري مشخص شده‌اند.

جدول ١- معادله‌های منحني سنجه و ميزان خطاهاي برآوردي روش‌هاي هيدرولوژيكي مختلف با توجه به كلاسه‌بندي فصول در ايستگاه گلينك

كلاسه‌بندي فصول		يك خطي	دوخطي	حدوسط دسته‌ها	فائو	مشخصه‌اي	غيرمشخصه
		نوع روش منحني سنجه					
فصول خشك	معادله	$Y=1.6646x^{1.986}$	$Y=1.5311x^{1.9904}$ $Y=0.6474x^{2.2922}$	$Y=8.1179x^{1.7561}$	$Y=4.208x^{1.986}$	$Y=0.56x^{1.986}$	$Y=3.882x^{1.986}$
	خطا	٢٥٦٨/٨	٢٧٤٨/٥	٢١٩۶/٢	٢١٣٣/٢	٢٩٨٧/٨	٢١٥٧/٥٣
فصول بارش (تر)	معادله	$Y=1.7028x^{2.095}$	$Y=0.7101x^{2.6349}$ $Y=2.9531x^{1.8395}$	$Y=4.5137x^{1.8168}$	$Y=5.848x^{2.095}$	$Y=0.5483x^{2.095}$	$Y=3.9675x^{2.095}$
	خطا	٢٣٥٧/٢	٢٥٥٩/٣	٢٣٣۶/٣٩	٢٣٠٠/۴	٢٨٩٠/١	٢٠٩١/٩
فصول سيلابي	معادله	$Y=14.476x^{1.615}$	$Y=2.1215x^{2.5155}$ $Y=43.225x^{1.2764}$	$Y=32.564x^{1.5176}$	$Y=25.7x^{1.615}$	$Y=25.477x^{1.615}$	$Y=23.393x^{1.615}$
	خطا	٢٢٠٣/١	٢٢٩۴/۶٥	٢۴٠١	٢۴٠٧/٥	٢۴٠٠/٢	٢٣٣٩
داده‌هاي كلي	معادله	$Y=3.5426x^{1.9033}$	$Y=0.9636x^{2.6286}$ $Y=14.155x^{1.5155}$	$Y=11.841x^{1.7522}$	$Y=8.322x^{1.9033}$	$Y=1.15x^{1.9033}$	$Y=7.37x^{1.9033}$
	خطا	٢٣١١/٥	٢٣٢٥/٩	٢١٧٩/٩	٢١٧٠/٥٩	٢٨٧١/۶٧	٣٠٠٥/١۶

جدول ۲- ميزان ميانگين خطاي نسبي و انحراف از معيار روش هاي هيدرولوژيكي

نوع داده / روش‌هاي هيدرولوژيكي	انحراف معيار روش‌ها	ميانگين ميانگين خطاي روش‌ها	بارش (تر)	خشك	سيلابي	داده‌هاي كلي
يك خطي	۱۵۳,۳۸	۲۳۶۰,۱۵	۲۳۵۷,۲	۲۵۶۸,۸	۲۲۰۳,۱	۲۳۱۱,۵
دو خطي	۲۱۳,۳۸	۲۴۸۲,۰۲	۲۵۵۹,۰۳	۲۷۴۸,۵	۲۲۹۴,۴	۲۳۲۵,۹
فائو	۱۲۵,۵۲	۲۲۵۲,۹۳	۲۳۰۰,۴	۲۱۳۳,۳	۲۴۰۷,۵	۲۱۷۰,۹
حدوسط	۱۰۷,۷۹	۲۲۷۸,۳۸	۲۳۳۶,۴	۲۱۹۶,۲	۲۴۰۱	۲۱۷۹,۹
مشخصه‌اي	۲۶۳,۱۵	۲۷۸۷,۴۵	۲۸۹۰,۱	۲۹۸۷,۸	۲۴۰۰,۲	۲۸۷۱,۷
غيرمشخصه‌اي	۴۱۷,۸۲	۲۳۹۸,۴	۲۰۹۰,۹	۲۱۵۷,۵	۲۳۳۹	۳۰۰۵,۱

بحث

در اين بررسی نتيجه‌گيري مي‌شود که با تغيير در نوع داده مورد بهره‌گيری در روش‌هاي هيدرولوژيكي ثابت (۶ روش هيدرولوژيكي)، گزينش روش‌هاي مناسب تغيير مي‌كند، عرب خدري و حكيم خاني (۱۳۸۲) نيز كيفيت داده‌هاي اوليه را در گزينش روش مناسب برآورد رسوب رودخانه موثر مي‌دانند. كلاسه‌بندي كلي داده‌ها به فصول مختلف در كاهش ميزان خطاي برآوردي و پايين آمدن انحراف از معيار گروهي روش هاي هيدرولوژيكي مختلف موثر است. كلاسه‌بندي داده‌ها به فصول مختلف باعث بالا رفتن درستی و دقت برآوردها مي‌شود، بدين گونه كه دقت و درستی برآورد روش‌هاي هيدرولوژيكي را به ترتيب ۵/۸ و ۷۷/۸ درصد افزايش مي‌دهد، يوسفوند و گلمائي (۱۳۸۴) در بررسی خود در رودخانه قره سو، مدل طبقه بندي داده‌ها به ماه‌هاي كم آب و پرآب را به عنوان بهترين روش برآورد رسوب با داشتن كمترين ميانگين مربعات خطا (۱۶%) گزينش مي‌كند. با تغيير فصل، روش بهينه برآورد بار معلق رودخانه تغيير مي‌يابد بدين گونه كه روش حدواسط دسته‌ها و فائو براي داده كلي، روش غيرمشخصه‌اي براي طبقه داده فصول بارش (تر)، روش يك خطي براي طبقه داده فصول سيلابي و روش فائو در طبقه داده فصول خشك، روش‌هاي مناسب به منظور برآورد بار معلق در فصول مربوطه مي‌باشند، كه با نتايج يوسفوند و جانسون (۱۹۹۶) برابري مي‌كند. همچنين از بين روش‌هاي هيدرولوژيكي برآورد بار معلق در ۴ تكرار (۳ فصل به علاوه كل داده‌ها)، روش حدوسط دسته‌ها روش بهينه با درستی ودقت بالا و فراواني بيشتر نسبت به روش‌هاي ديگر گزينش شد، حكيم خاني در بررسی خود نيز به‌اين موضوع اشاره كرده است. پس ازروش يادشده روش‌هاي فائو، غيرمشخصه اي، يك خطي، دو خطي و پارامتراي به ترتيب در رديف پسي مناسب بودن قرار گرفتند، اين نتايج با نتايج حكيم خاني (۱۳۷۷)، ميرزايي (۱۳۸۱)، عرب خدري (۱۳۸۲) و برزگر (۱۳۸۴) همخواني دارد. مشخص شد هرچه توان معادله روش يك خطي بيشتر شود، ضريب معادله فائو ($\bar{a}$) كوچكتر مي‌شود. اين موضوع به دليل قرار گيري توان معادله يک خطي در مخرج کسر تعيين ضريب معادله فائوa و دربی آن كاهش عرض از مبداء معادله و سپس كاهش ميزان رسوب برآوردي روش فائو مورد انتظار است. در اين بررسی ميزان دبي- رسوب فصل سيلابي (از اول بهمن ماه تا آخر ارديبهشت ماه) به عنوان بهترين طبقه، براي برآورد بار معلق سالانه با كمترين خطاي مطلق گزينش شد.

پيشنهادها

با توجه به عبور ميزان زيادي از رسوبات رودخانه در مواقع سيلابي و نبود نمونه برداري‌هاي بهنگام در اين زمان ها توصيه مي‌شود وزارت نيرو با در نظر گرفتن توجيه

اقتصادي، برنامه‌هايي را براى آمار برداري از ايـن پديـده تـا حد ممكن با فواصل زماني كوتاه اتخـاذ تـا بتـوان تغييـرات دقيق رسوب- دبي رودخانه را دست‌كم در زمان كوتاهي در دسترس داشته و در نهايت ميزان صـحيح رسـوب عبـوري، برآورد شود. همچنين با توجـه بـه نتـايج بدسـت آمـده در بررسی‌های پيشين، ميزان خطاي برآوردي از منحني هـاي سنجه رسوب از يك حوزه به حوزه ديگر يكسان نيست (۵). در نتيجه نتايج بدست‌آمده از اين بررسـی قابـل تعمـيم بـه مناطق ديگر نخواهد بود، لذا پيشنهاد مي‌شود ايـن بررسـی در منــاطق ديگــري انجــام و در صــورت داشــتن كــارايي و اثربخشي بالا، به عنوان روش‌هاي پايه مورد بهـره‌گيـری در بررسی‌های آبشناسی قرار گيرند.

منابع

۱- برزگر، فاطمه، ۱۳۸۴، مقايسه روش‌هاي برآورد بار رسوب معلق، پايان نامه كارشناسي ارشد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ۱۲۰ ص.

۲- حكيم خاني، شاهرخ، ۱۳۷۷، ارائه مدل رگرسيوني چند متغيره بر پايه عوامل موءثر بررسوبدهي معلـق حوضـه‌هـاي آبخيـز درياچه اروميه، پايان نامه كارشناسي ارشد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ۱۷۰ ص.

۳- شفاعي بجستان، محمود، كتاب هيدروليک رسوب، ۱۳۸۳، انتشارات دانشگاه شهيد چمران اهواز، چاپ سوم، ۴۷۰ ص.

۴- شعباني، حيدر آبادي، محمد،۱۳۸۲، بررسي تغيير كاربري اراضي در رسوبدهي حوزه‌هاي آبخيز (بررسی موردي:حوزه آبخيز طالقان)، پايان نامه كارشناسي ارشد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ۱۸۵ ص.

۵- عرب خدري، محمود، ش. حكيم خاني، ۱۳۸۲، گزارش نهايي طرح تحقيقاتي مقايسه چند روش آماري بـرآورد رسـوبدهي در حوزه‌هاي باراني و برفي در حوزه آبخيزگرگانرود، مركز تحقيقات حفاظت خاك وآبخيزداري كـشور، وزارت جهـاد كـشاورزي، شماره ثبت: ۸۳/۹۶۶، ۶۳ص.

۶- مهدوي، محمد، هيدرولوژي كاربردي، جلد ۱و۲، ۱۳۸۱،تهران، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران،۴۷۵ص.

۷- ميرزايي، محمد رضا، ۱۳۸۱، مقايسه روش‌هاي آماري برآورد بار معلق رودخانه‌ها، پايان نامـه كارشناسـي ارشـد دانـشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران،۱۹۶ص.

۸- يوسفوند، فريبرز، سيدحسن گلمائي، ۱۳۸۴، اثر كلاسه‌بندي داده‌هاي رسوب بر پايه زمان اندازه‌گيري در بر آورد بار معلق، پنجمين كنفرانس هيدروليك ايران، دانشگاه شهيد باهنر كرمان،۸ ص.

9-Cigizoglu, Kerem.H, 2003, Daily Suspended data by multilayer perceptrons, Advances in Water Resources, Vol.27, 185-195.

10- Jansson , M.B.,1996, Estimating a Sediment rating curve of The Reventazon river at Palamo using logged mean loads within discharge classes , Journal of Hydrology, No.183 (1994),227-241.

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

12-Koch.R.W. And G.M.Smillie, 1986, Comment on “River Loads Underestimated by rating curves” .Water Resources Research, Vol.22, No.13, 2121-2122.

13-Quilbe, R.,Rousseau, A.N.Duchemin, 2006, selecting a Calculation Method to estimate sediment and Nutrient Load in Streams: Application to the Beaurivage River (Quebec, Canada).jounal of Hydrorogy, Vol.326, 296-310.

14-Sarangi, A.,Madramootoo, C.A.,Enright, P.,2005, Performance evaluation of ANN and Geomorphology- based models for runoff and sediment yield prediction for a Canadian Watershed, CURRENT SCIENCE 89 , 12-25.

15-Tomas, R.B, 1985, Estimating total Suspended Sediment Yield with probability Sampling, Water Resources Research, Vol.21, 1381-1388.

16-Zhongwei, Li, You. Kuan Zhang, 2006, Cokriging Estimation of daily Suspended Sediment Loads, Journal of Hydrology,Vol.327, pp 389-398.

Assessment of the effect of classification on the improved estimation of suspended sediment load using hydrological methods (Case study: Taleghan Basin)

A. Zoratipour*[1], M. Mahdavi[2], Sh. Khalighi Sigaroudi[3], A. Salajegheh[3] and N. Shams Almaali[4]
[1] Ph. D. student, University of Tehran & Instructor of Natural Resources and Agricultural University of Ramin, Ahvaz, I. R. Iran
[2] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[3] Assistant prof, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[4] M. Sc. student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received: 6 October 2007, Accepted: 09 August 2008)

Abstract
One of the important issues in design of river structures as well as determination of proper life time is having adequate information of sediment load in the rivers. Thus, several methods have been suggested for estimation of suspended loads. One of the hydrological techniques is rating curves method that is based on the best fitting line to drawing between values of flow discharge and suspended loads respectively. Seasonal variability is one of the errors which origins in sediment rating curves that disregarded to accurate estimation of suspended load. In this research seasonal classification, by analyzing annuals hydrograph on the sampling time with 6 hydrological methods in 3 different seasons for estimated suspended loads and the best fitting method and season was determined in Glinak hydrometric station of Taleghan Basin. The results showed that the quality of primary data is the most important parameter in accuracy and precision of the estimations. However classified total data have considerable affect on decreasing error estimate and also due to the increasing precision (decreases MAE) and accuracy (StDev decreasing) estimates 6 and 77.8%, respectively. Finally, the best determination methods for estimating process in the research which are suitable for total data, two rating curves and FAO methods for rainy season data, CF_2 method for flood season data classes, one rating curve method for dry season class and FAO method. Also, discharge-sediment load data from flooding season are the best seasonal classes among the methods in case of minimum error.

Keywords: Rating curve, Hydrological methods, Suspended load, Seasonal classification, Taleghan Basin, Iran

* Corresponding author: Tel: +98 916 6074295 , Fax: +98 261 2249313 E-mail: Zoratipour@ruanr.ac.ir