گزينش روش نمونه‌برداري مناسب و مقايسه روش‌هاي هيدرولوژيك برآورد بار معلق رودخانه (بررسی موردي درحوزه آبخيز طالقان)[1]

امين ذرتي‌پور*[2]، محمد مهدوي[3]، شاهرخ حكيم‌خاني[4] و نگار شمس‌المعالي[5]
[2] عضو هيات علمي دانشگاه كشاورزي و منابع طبيعي رامين اهواز، ايران
[3] استاد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[4] استاديار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه اروميه، ايران
[5] كارشناس‌ارشد مهندسي بيابانزدايي، دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ٨٧/٨/٢٦، تاريخ تصويب: ٨٨/٢/٨)

چكيده

آگاهي از ميزان مواد جامد رسوبي كه توسط جريان آب حمل و يا رسوب‌گذاری مي‌شود، جزء داده ها لازم و نخستين براي اجراي بررسی‌های فرسايش و رسوب در آبخيزداري است. برآورد رسوب معلق با توجه به كمبود امكانات رسوب سنجي موجود در ايستگاه‌هاي هيدرومتري با تنگناهايی روبرو مي‌باشد. اين پژوهش با هدف مقايسه روش‌هاي هيدرولوژيكي برآورد رسوب معلق با ميزان ديده شده در ايستگاه هيدرومتري با انجام شيوه‌هاي مختلف برآورد دقت و درستی، و در نهايت گزينش مناسب‌ترين روش هيدرولوژيكي در شرايط نبود داده‌هاي مربوط به‌اندازه‌گيري پيوسته و همچنين تاثير نمونه‌برداري در برآورد بهتر رسوب ساليانه در ايستگاه هيدرومتري گلينك حوزه آبخيز طالقان انجام گرفته است. نتايج پژوهش نشان داد، كه تغييرات خطاي مطلق در روش‌هاي اصلاحي با روند تغييرات رسوب معلق رابطه مستقيم دارد. همچنين بهترين روش‌هاي برآورد بار معلق رودخانه، روش فائو و حدوسط دسته‌ها با ميزان خطاي (MAE) به ترتيب ٢١٧٩/٩ و ٢١٧٠/٦ تن در روز تعيين شدند. بر اين پايه نتيجه‌گيري شد كه روش‌هاي نمونه‌برداري با طبقه‌بندي جريان نسبت به روش‌هاي بدون طبقه‌بندي جريان، داراي درستی ودقت بالاتري هستند، زيرا در كليه برآوردهاي انجام گرفته در روش‌هاي هيدرولوژيكي برآورد رسوب اين موضوع به اثبات رسيد. همچنين ضرورت تهيه دستكم دو نمونه رسوب لحظه‌اي در طول هفته برای برآورد دقيق‌تري از رسوب ساليانه حوزه، مشخص شد.

واژه‌هاي كليدي: روش‌هاي هيدرولوژيكي، بار معلق، حدوسط دسته‌ها، نمونه‌برداري و حوضه طالقان

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٩١٦-٦٠٧٤٢٩٥ فاكس: ٠٢٦١-٢٢٤٩٣١٣ E-mail: Zoratipor@yahoo.com

١- اين پژوهش با اعتبارات قطب علمي مديريت پايدار حوزه‌هاي آبخيز انجام شده است.

مقدمه

در روش‌هاي اخير گرايش زيادي در مورد درک چگونگي و ميزان حمل مواد توسط رودخانه‌ها ديده مي‌شود زيرا اين داده‌ها در بررسي نرخ و الگوي فرسايش، هوازدگي فيزيکي و شيميايي، ارزيابي جريان مواد از سطح اراضي به سمت اقيانوسها، بيلان رسوب و اختصاص هزينه در حوزه‌هاي آبخيز و اکوسيستم هاي خشکي و مديريت آنها مي تواند بکار رود (Arabkhedri و Abdollahi،2001- Walling و Webb،1998).

آگاهي از ميزان فرسايش و رسوب حوزه‌هاي آبخيز، امکان مقايسه آنها و شناسايي حوزه‌هاي بحراني و اجراي طرح‌هاي آبخيزداري و حفاظت خاك را فراهم مي‌کند. بخش عمده رسوب حمل شده بوسيله بيشتر رودخانه‌ها را بار معلق تشکيل مي دهد. به همين علت تعيين ميزان بار معلق رسوب رودخانه در بررسی‌های مهندسي رودخانه و منابع آب دارای اهميت است(2). در اين رابطه پژوهشگران و کارشناسان امر در جهان روش‌هاي گوناگونی را ابداع کرده‌اند و ضرايب‌های اصلاحي زيادي طراحي نموده‌اند، که به دو دسته کلي تقسيم مي شوند: روش‌هاي هيدروليکي وروش‌هاي هيدرولوژيکي(1). در اين پژوهش از روش‌هاي هيدرولوژيکي که به برآورد رسوب حاصل از انواع فرسايش (متمرکز و غير متمرکز) در درون حوزه آبخيز مي پردازد بهره‌گيری شده است. اين پژوهش به منظور تأکيد بر کارايي روش‌هاي مختلف هيدرولوژيکي برآورد بار معلق و همچنين ارزيابي آنها در حوزه آبخيز طالقان انجام گرفته است. Horwits (2002)، با همکاري U.S.G.S [1] در بررسي هاي خود در امتداد رودخانه مي سي سي پي، براي برآورد غلظت رسوب معلق از منحني سنجه رسوب بهره گيری نمود، که در نهايت برآورد کمتر رسوبدهي با بهره گيری از رگرسيون خطي و غير خطي را نشان داد. همچنين در اين پژوهش مشخص شد که هر چه طول دوره آماربرداري بيشتر و فاصله بين اندازه‌گيري‌ها کمتر باشد ميزان‌های بيش برآورد و کم برآورد کمتر خواهد شد. Arabkhedri و همکاران (2003)، اعتبار روش‌هاي برون يابي در برآورد ميانگين رسوبدهي معلق سالانه در ١٧ ايستگاه هيدرومتري کشور انجام دادند، که روش تلفيق جريان روزانه و منحني سنجه حدوسط دسته‌ها به عنوان روش مبناي برآورد رسوبدهي با کمترين خطاي آماري را گزينش نمود. Mirzai (2002)، مقايسه روش‌هاي آماري برآورد رسوب معلق رودخانه‌ها را با بهره‌گيری از ٢١ روش آماري مختلف انجام داد. نتايج نشان داد که روش برآورد تلفيق دبي ميانگين روزانه با منحني سنجه حدوسط دسته‌ها (مقايسه با داده ديده شده) دقيق تر و درست تر است. همچنين روش نمونه گيري تصادفي- سيستماتيك پاسخ مناسب‌تري را نسبت به ديگر روش‌ها ارائه داد. Zhongwei و همکاران (2006) در بررسی خود با بهره گيری از روش‌هاي زمين آماري کريجينگ [2] (OK) و کوکريجينگ [3] (CK) اقدام به برآورد بار معلق روزانه نمودند. نتايج نشان داد که رسوب روزانه برآورد شده از روش کوکريجينگ و روش نمونه برداري داده به صورت هفتگي بهترين درستی ودقت آماري را با داده‌هاي اندازه‌گيري شده روزانه دارد. همچنين برآورد کوکريجينگ بهتر از منحني سنجه عمل مي کند زيرا متغيرهاي CK تصحيح آني در ميزان داده‌ها انجام مي دهد که اين عمل در منحني سنجه عمل نمي‌شود و نيز هنگامي که روش نمونه برداري از هفتگي به دو هفته يا ماهيانه تغيير مي‌يابد، خطاي برآوردي در روش CK نيز بيشتر مي‌شود. Quilbe و همکاران (2006) به منظور گزينش يک روش مناسب برای برآورد بار رسوبي سه روش برآوردي ميانگيني، برآوردي و روش‌هاي رگرسيوني را در منطقه جنوب کانادا با هم مقايسه کردند. آنها در اين بررسی از دبي و دو مشخصه فيزيکي حوزه آبخيز به عنوان مشخصه‌هاي بار رسوبي بهره گيری کرده و بيان نموده‌اند، در صورتي که ضريب تبيين (R^2) رابطه ميزان‌های باررسوبي و مشخصه‌هاي ورودي بيش از ٥٠درصد باشد روش‌هاي رگرسيوني به خوبي مي‌توانند تغييرات رسوب را همسانه سازي کنند و در صورتي که R^2 کمتر از ٥٠ درصد باشد بايد از روش

١- United States Geological Survey

٢- Ordinary Kiriging

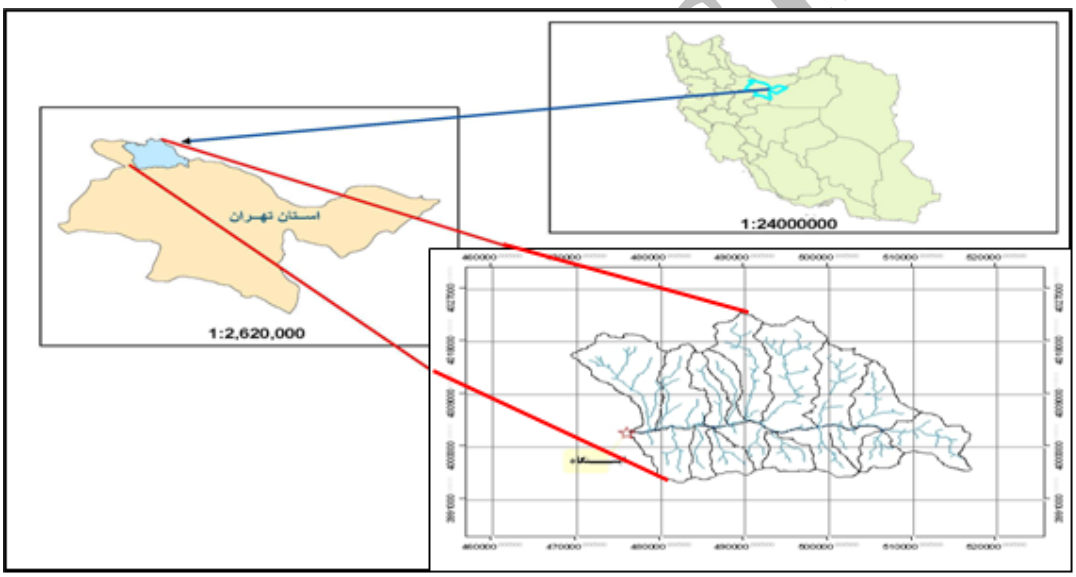
٣- Cokiriging

برآوردي بهره‌گيری كرد. علاوه بر اين پژوهشگران يادشده بيان مي كنند كه در صورتي كه داده‌ها پراكنش زيادي داشته باشند به منظور برآوردهاي دقيق‌تر پيش از آغاز تجزيه و تحليل بايد داده‌هارا بر پايه يک ويژگي معين به گروه‌هايي طبقه‌بندي كرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

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. حوزه آبخيز طالقان يكي از شاخه‌هاي آبخيز سفيد رود به شمار مي رود كه در دامنه رشته كوه البرز و در بخش شمال شرقي استان تهران واقع شده است. 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. در شكل ۱ موقعيت ومحدوده كلي منطقه مورد بررسی ارائه شده است (شكل۱).



شكل ۱- موقعيت ومحدوده كلي حوزه آبخيز طالقان

داشتن آمار و داده های درازمدت و دقيق نمونه‌برداري شده بويژه دبي رسوب روزانه و جريان لحظه‌اي متناظر در زمان اوج سيلاب جزء مهم ترين عامل هاي موثر در انجام اين پژوهش حاضر مي‌باشد. براي بدست آوردن ميزان رسوب واقعي، نياز به آمار مفصل رسوب (به طوري كه اين آمار، معرف تغييرات رسوب در طول دوره زماني مورد نظر باشد) و همچنين دبي جريان آب متناظر مي‌باشد. اين شرط پايهي ترين شرط گزينش ايستگاه است. براي گزينش نمونه روش‌هاي مختلفي وجود دارد، ولي بهر حال هر روشي كه بكار برده شود بايد طوري باشد كه درعمل بتوان نمونه را معرف جامعه مورد بررسی دانست يعني دليل منطقي و علمي وجود داشته باشد كه نتايج بدست آمده از اين نمونه، برآورد هايي قابل اعتماد هستند. مراحل انجام پژوهش در شكل ۳ آورده شده است. براين پايه روش راهبرد نمونه‌برداري از داده‌هاي نمونه‌برداري شده دبي آب و رسوب مورد بهره گيری در اين پژوهش بشرح زير ارائه شد:

طرح نمونه‌برداري

براي تهيه راهبرد نمونه‌برداري دو موضوع مهم مد نظر قرار گرفت:

١- تكرارنمونه‌برداري[١]، ٢- طرح يا الگوي نمونه‌برداري[٢]

- تكرار نمونه‌برداري

۴ تكرار نمونه‌برداري ١٢، ٢۶، ۵٢ و ١٠۴ تايي مورد بهره گيری قرار گرفت كه به ترتيب نشان دهنده نمونه‌برداري از داده‌ها به صورت هفته‌اي دونمونه، هفتگي، هر دو هفته يكبار و ماهيانه مي باشند.

- طرح يا الگوي نمونه‌برداري

نمونه‌برداري از داده‌ها، با طبقه‌بندي جريان

ابتدا توزيع داده‌هاي دبي با بهره‌گيری از نرم افزار SPSS آزمون شد كه توزيع نرمال لگاريتمي به عنوان مناسب‌ترين توزيع به دست آمد. پس با درنظر گرفتن معيار (دبي ميانگين لگاريتمي+ نصف انحراف معيار داده‌ها)، دبي‌هاي موجود به سه دسته تقسيم شدند: جريان‌هاي پرآبي، بيش از معيار تعيين شده بوده، جريان‌هاي كم آبي، كمتر از آن مي باشند وفاصله بين آنها را جريان‌هاي مياني تشكيل مي دهند. پس علاوه بر داده‌هاي موجود كه به روش‌هاي متداول توسط وزارت نيرو برداشت مي‌شود، داده‌هاي بيشتري برداشت شدند و به آنها اضافه شد.١۵٠نمونه اضافي از جريان‌هاي بالا وميانی به سه شيوه متفاوت زير گزينش و به داده‌هاي روش سيستماتيک افزوده شد (شكل٢). اين عمل به منظور ارزش دهي بيشتر به داده‌هاي رسوب در هنگام سيلابي رودخانه است.

- داده‌هاي برداشت شده سيستماتيک پيشين به علاوه ١۵٠ نمونه بالاتر از ميانگين لگاريتم داده‌ها

- داده‌هاي برداشت شده سيستماتيک پيشين به علاوه ١٠٠ نمونه از جريان‌هاي بالا به علاوه۵٠ نمونه از جريان‌هاي مياني

- داده‌هاي برداشت شده سيستماتيک پيشين به علاوه ٧۵ نمونه از جريان‌هاي بالا به علاوه ٧۵ نمونه از جريان‌هاي مياني (ترسيم شده در شكل٣).

نمونه‌برداري از داده‌ها، بدون طبقه‌بندي جريان

- روش نمونه‌برداري سيستماتيک
- روش نمونه‌برداري تصادفي سيستماتيک
- روش نمونه‌برداري تصادفي ساده

در اين روش با توجه به سه روش نمونه‌برداري بالا (روش‌هاي سيستماتيک، تصادفي سيستماتيک و تصادفي ساده)،نمونه‌هاي دبي- رسوب در ۴ نوع تكرار هفته‌اي دو نمونه، هفته‌اي، دوهفته يكبار و ماهانه، به كلامي ديگر ١٢، ٢۶، ۵٢ و ١٠۴ تايي، گزينش شدند. در نهايت روش‌هاي آماري برآورد بار معلق رسوب با داده‌هاي دبي– رسوب گزينش شده (نمونه‌هاي با طبقه‌بندي جريان و بدون طبقه‌بندي جريان) بررسي شدند.

- روش‌هاي هيدرولوژيكي برآورد رسوب عبارت اند از:

الف- منحني سنجه يک خطي

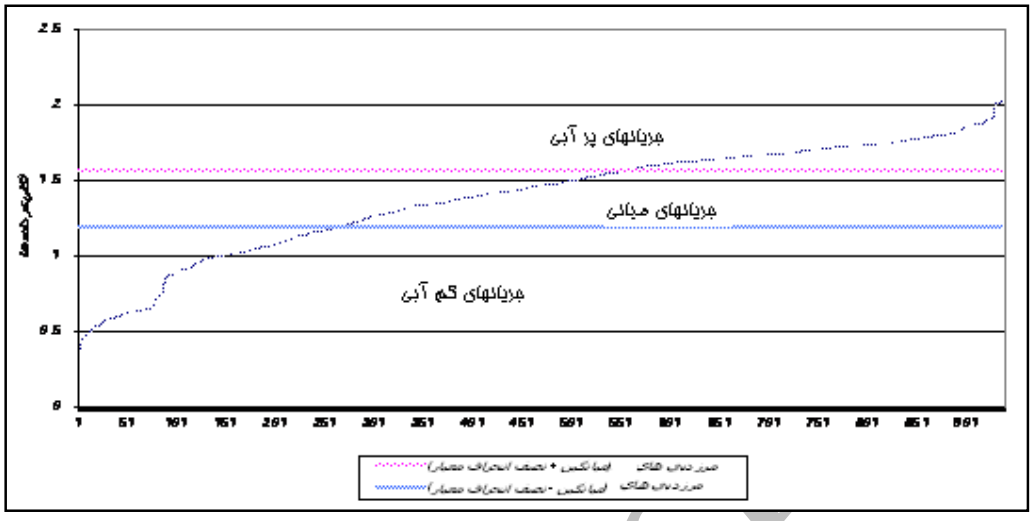
در اين روش به طورمعمول داده‌هاي غلظت يا دبي رسوب و دبي جريان متناظر آنها به يک محور مختصات لگاريتمي منتقل شده و بهترين خط برازش با بهره‌گيری از روش حداقل مربعات از ميان نقاط عبور داده مي‌شود. بنابراين از اين روش بدون توجه به چگونگی پراكنش نقاط تنها يک خط از بين نقاط عبور داده مي‌شود.

$$Q_S = aQ_w^{\ b} \qquad (١)$$

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

١- frequency

٢- Pattern



شكل ٢- فراواني تجمعي داده‌هاي لگاريتمي دبي در پيرامون ميانگين و جداگانه سه نوع جريان در رودخانه طالقانرود

ب- منحني سنجه دو خطي

اگر شرايط داده‌ها و پراكنش نقاط در منحني سنجه رسوب اجازه دهد، مي توان به جاي يک خط، چند خط از بين نقاط رد كرد. بنابراين در اين حالت بيش از يک معادله براي منحني سنجه رسوب وجود خواهد داشت.

پ- روش حد وسط دسته‌ها

در اين روش كه آنرا براي نخستين بار Jansson (1985) پيشنهاد كرده است دبي‌هاي جريان با يک نمو معين به شماری دسته تقسيم شده و براي دبي ميانگين هر دسته، دبي ميانگين رسوب اندازه‌گيري شده همان دسته تعيين مي‌شود و درآخر منحني سنجه رسوب با بهره‌گيری از آنها به دست مي‌آيد.

ت- روش فائو

در اين روش كه توسط Jones و همكاران (فائو1981) تشريح شده است، درآغاز بهترين خط را با معادله (١) به روش حداقل مربعات به ميزان لگاريتمي (نه ميزان واقعي) برازش مي دهند. ولي بهترين خط از معادله فوق كه از نقاط ميانگين هاي $LogQ_s$ و $LogQ_w$ عبور نمي كند و به جاي آن، خطي موازي با آن خط ولي با عرض از مبدأ $\bar{a}$، بگذرد. بنابراين معادله جديد به صورت زير خواهد شد:

(٢)

$$a' = \frac{\overline{Q}_s}{\overline{Q}^b_w}$$

ميزان a' از تقسيم ميانگين هاي Q_s و Q_w متناظر اندازه‌گيري شده به دست مي‌آيد (a' به جاي a در معادله اول قرار مي گيرد)

ث- روش اصلاح مشخصه‌اي ($\mathbf{CF_1}$)

براي اصلاح اثر تبديل لگاريتمي، توماس (1985) به نقل از ميلر ضريب اصلاحي زير راپيشنهادكرده است:

(٣)

$$CF_1 = EXP\left[2/65S^2\right]$$

- كه در آن S اشتباه استاندارد برآورد منحني سنجه رسوب در لگاريتم پايه ١٠ بوده واز رابطه زير محاسبه مي‌شود:

(٤)

$$S^2 = \frac{\sum\left(\log Q_{soi} - \log Q_{sei}\right)^2}{(n-2)}$$

n = شمار نمونه‌هاي غلظت، $\log Q_{soi}$ = لگاريتم ميزان ديده‌اي غلظت، $\log Q_{sei}$ = لكاريتم ميزان برآوردي غلظت

روش اصلاح غير مشخصي ($\mathbf{CF_2}$)

Kokh و Smillie (1986) با رد توزيع نرمال خطاهاي باقي‌مانده، ضريب اصلاحي غير مشخصه‌اي را براي حذف اريبي داده‌ها توصيه كرده‌اند، كه از رابطه زير بدست مي‌آيد:

(۵)

$$CF_2 = \frac{1}{n}\sum 10^{\varepsilon i}$$

(۶)

$$\varepsilon i = \log Q_{soi} - \log Q_{sei}$$

روش اصلاحي مشخصه‌اي و غير مشخصه‌اي نيز همانند ضريب اصلاحي فائو به صورت ضريبي براي معادله (۱) به كار مي‌روند.

- تجزيه و تحليل و ارزيابي روش‌ها

مقايسه آماري بين روش هاي مختلف برآورد بار معلق با ميزان رسوب واقعي ديده شده در ايستگاه با بهره‌گيري از شاخص‌هاي برآورد خطا مانند خطاي مطلق (MAE) شاخص درستی و انحراف از معيار داده‌ها (S_TD_{EV}) شاخص دقت انجام مي‌شود.

$$\text{ميزان خطاي مطلق استاندارد شده در هر برآورد} = |Q_{Sact} - Q_{Sest}|$$

$$\text{ميزان خطاي روش} = \text{جمع خطاي مطلق برآورد ها} / \text{شمار برآوردها}$$

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

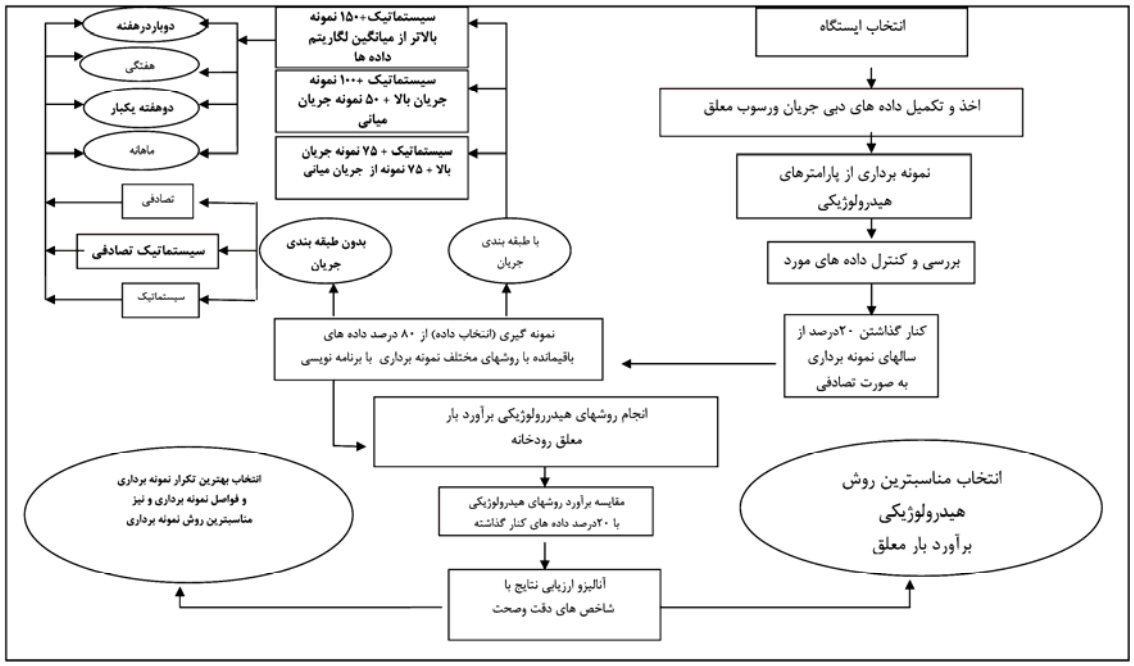
لازم به يادآوري است كه ميزان‌هاى MAE و S_TD_{EV} به طور مطلق و بر حسب تن بر روز محاسبه شده است.

نتايج

در اين پژوهش با ترسيم منحني سنجه روش‌هاي هيدرولوژيكي يادشده و مقايسه ميزان‌هاى رسوب برآورد شده از روش‌هاي هيدرولوژيكي با ميزان‌هاى رسوب روزانه ديده شده در ايستگاه در مدت ۳۵ سال (۱۳۸۵-۱۳۵۰)، در نهايت روش حدوسط دسته‌ها و فائو با كمترين ميزان خطاي مطلق (MAE) به ترتيب ۲۱۷۹/۹ و ۲۱۷۰/۶ تن در روز و روش غيرمشخصه‌اي با بيشترين خطاي مطلق به ميزان ۳۰۰۵/۱ تن در روز مشخص شدند(جدول۱). شمار كل برآورد هاي انجام گرفته بالغ بر ۲۲۴ مورد شد. ضريب همبستگي همه منحني هاي سنجه ترسيم شده در سطح ۱% معني دار مي باشند.

مقايسه روش‌هاي نمونه‌برداري با طبقه‌بندي جريان و بدون طبقه‌بندي جريان نشان داد كه روش‌هاي با طبقه‌بندي جريان نسبت به بدون طبقه‌بندي جريان داراي درستی بالاتري هستند، نتايج بدست‌آمده در جدول‌هاي ۲، ۳ و شكل (۵) آورده شده است. همچنين تغييرات محسوسي بين درستی روش‌هاي با طبقه‌بندي جريان ديده نشد (با توجه به جدول ۳)، ولي از نظر دقت از بين روش‌هاي مختلف با طبقه‌بندي جريان، روش سيستماتيك به علاوه ۷۵ داده از جريان بالايي وبه علاوه ۷۵ داده از جريان مياني دقت بالاتري را نشان داد.

نتايج بهره‌گيری ازروش‌هاي مشخصه‌اي CF_1 و غيرمشخصه‌اي CF_2 در شكل ۴ (چپ و راست) نشان داده شده است. نتايج نشان داد كه دبي‌هاي اوج (سيلابي) با ميزان رسوب بالا، خطاي برآوردي بالايي برآورد مي كنند.

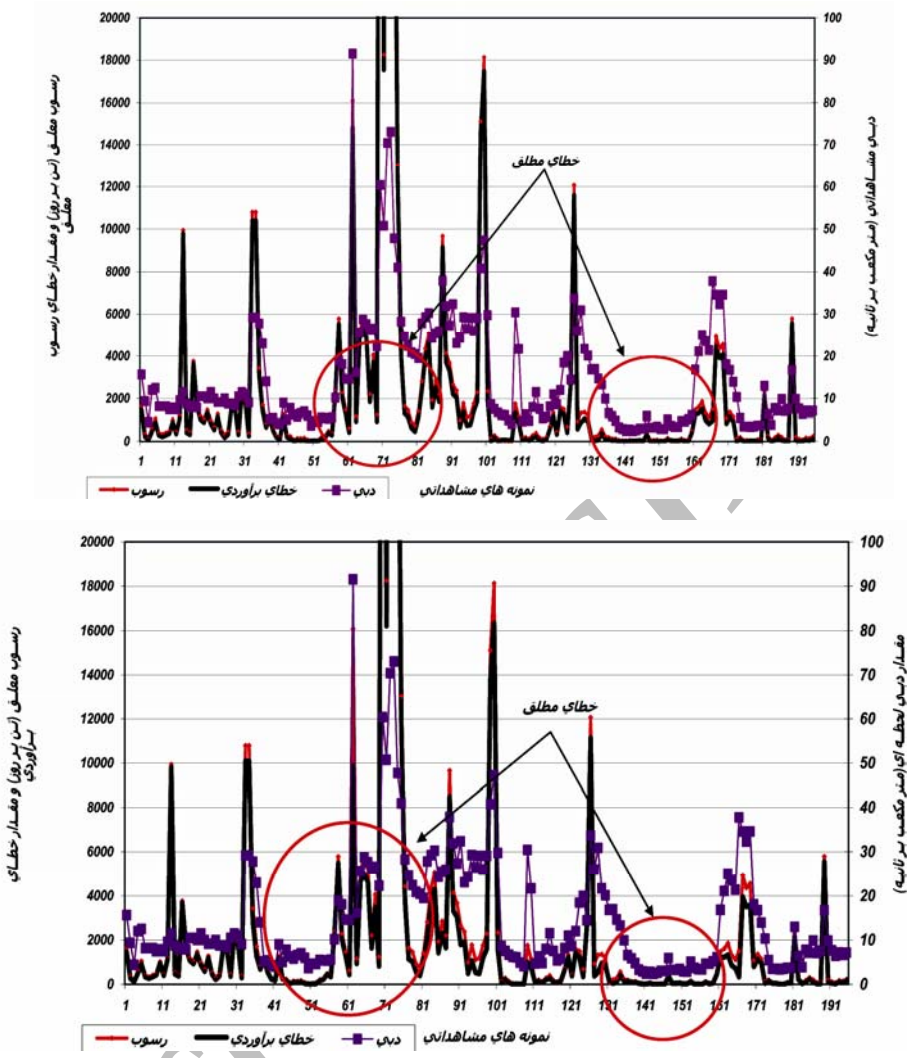


شكل ٣- نمايي از روند اجراي پژوهش

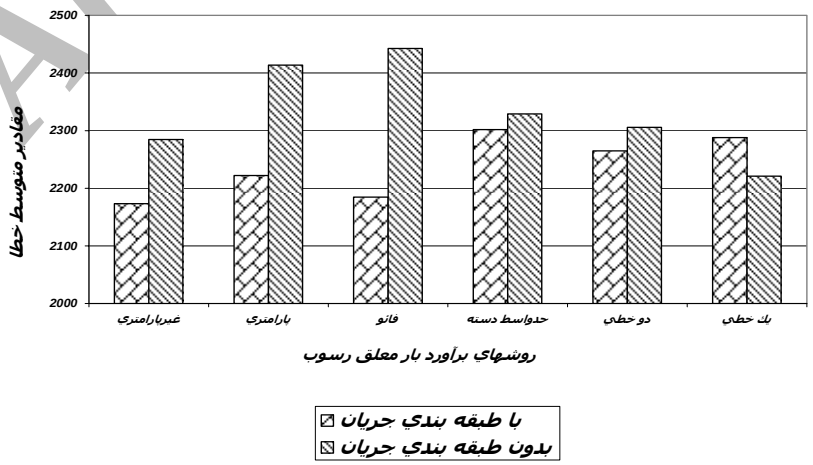
جدول ١- معادله‌های منحني سنجه و ميزان خطاهاي مطلق برآوردي روش‌هاي هيدرولوژيكي مختلف

نوع روش منحني سنجه	يك خطي	دوخطي	حدوسط دسته‌ها	فائو	مشخصه‌اي	غيرمشخصه
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 (MAE)	٢٣١١/٥	٢٣٢٥/٩	٢١٧٩/٩	٢١٧٠/٥٩	٢٨٧١/٦٧	٣٠٠٥/١٦

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



شكل ۴- (**a** چپ و**b** راست)- نمودار خطاي برآوردي روش مشخصه‌اي و غيرمشخصه‌اي نسبت به ميزان دبي و رسوب



شكل ۵- نمودار تغييرات درستی مقايسه روش‌هاي نمونه‌برداري با طبقه‌بندي و بدون طبقه‌بندي جريان

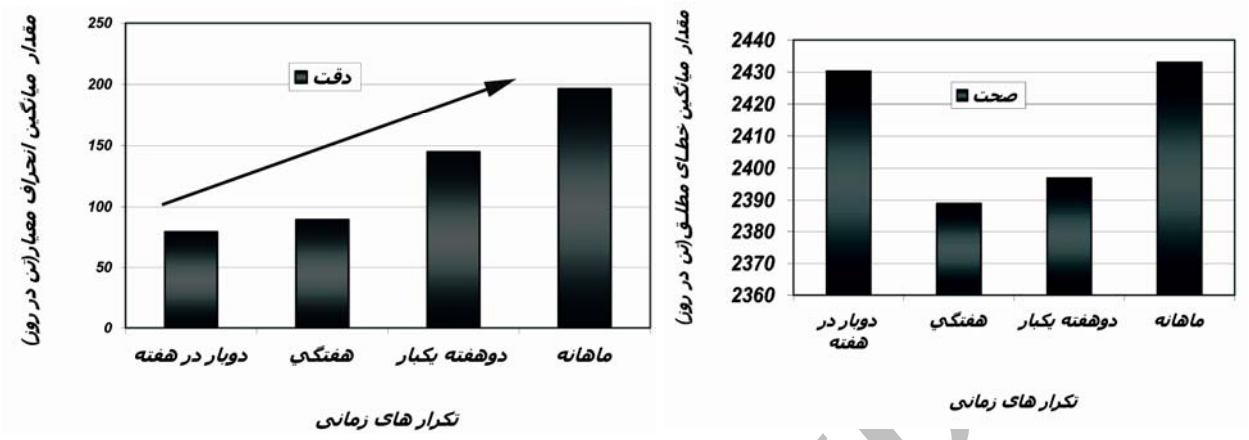
بهترين شمار نمونه‌گيري از داده‌هـاي موجـود، بـه‌منظـور برآورد رسوب دقيقتري از حوزه، از بـين نمونـه‌گيـري‌هـاي دوبار درهفته، هفتگي، دوهفته يكبار و ماهانه، نمونه‌هاي دو بار در هفته تعيين شد (با توجه به شكل ۶ (a))، به گونه‌اي كه كمترين انحراف معيـار بـرآوردي را در ۶ تكـرار بدسـت آورد. همچنين نمونه‌هاي هفتگـي، بيـشترين درسـتی را در ميان تكرارهاي زماني مختلف به خود اختـصاص دادنـد (بـا توجه به شكل ۶ (b)).

جدول ۲- ميزان خطاي برآوردي و انحراف از معيار روش‌هاي هيدرولوژيكينمونه‌برداري بدون طبقه‌بندي جريان

		روش گزينش و شمار نمونه	روش‌هاي هيدرولوژيكي برآورد بار معلق					
			يك خطي	دوخطي	حدوسط دسته‌ها	روش فائو	روش مشخصه‌اي	روش غير مشخصه‌اي
روش نمونه گيري بدون طبقه‌بندي جريان	روش سيستماتيك	دوبار درهفته	۲۲۵۳/۸	۲۳۸۲/۰۷	۲۳۳۶/۲	۲۲۴۵/۳	۲۳۶۳/۸۵	۲۲۵۴/۴
		هفتگي	۲۲۲۶/۸	۲۲۷۰/۵	۲۲۲۹/۹	۲۳۵۰/۰۵	۲۲۹۹/۶۵	۲۲۲۵/۵
		دوهفته يكبار	۲۱۸۸/۶	۲۱۹۸/۹	۲۲۵۶/۰۲	۲۶۹۱/۵	۲۴۱۳/۶	۲۲۸۵/۴۶
		ماهانه	۲۱۴۲/۵۷	۲۳۷۰/۳۸	۲۲۸۷/۸۹	۲۳۶۹	۲۵۶۳/۹	۲۴۶۱/۴۸
		انحراف از معيار	۴۸/۳۲	۸۶/۹۱	۴۵/۷۵	۱۹۲/۸۵	۱۰۰/۴	۱۰۶/۰۴
	روش سيستماتيك تصادفي	دوبار درهفته	۲۱۴۵/۹	۲۲۶۵/۳	۲۳۵۸/۴	۲۱۹۶/۷۷	۲۵۵۳/۵	۲۲۱۴/۷۶
		هفتگي	۲۲۱۱/۶۵	۲۲۱۰/۱۱	۲۲۲۵/۴۵	۲۲۵۹/۶۶	۲۲۱۱/۴	۲۱۵۸/۶۷
		دوهفته يكبار	۲۱۸۸/۳۴	۲۵۱۸/۷	۲۳۱۸/۴۴	۲۵۰۷/۷	۲۴۳۶/۵۵	۲۳۴۷/۹۵
		ماهانه	۲۲۰۷/۸۷	۲۲۲۹	۲۲۸۲/۳	۳۲۱۴/۳	۲۳۷۹/۳۶	۲۱۴۱/۹
		انحراف از معيار	۳۰/۱۴	۱۴۳/۷	۵۶/۴۵	۴۶۶/۲	۱۴۲/۳۶	۹۳/۴۳
	روش تصادفي ساده	۱۰۴	۲۲۷۴/۴	۲۲۸۷/۳	۲۳۷۵/۶	۲۳۱۲/۵	۲۳۴۸/۹	۲۲۷۶/۳
		۵۲	۲۲۴۹/۴	۲۲۵۸/۹	۲۴۸۲	۲۳۸۴/۵	۲۳۹۶/۷	۲۳۰۶/۹
		۲۴	۲۲۶۴/۰۴	۲۳۵۸/۶	۲۴۰۰/۴۱	۲۳۴۴/۳	۲۴۴۵/۳	۲۳۳۴/۹
		۱۲	۲۳۰۰/۵	۲۳۱۷/۲	۲۳۹۸/۳۳	۲۴۳۴/۰۵	۲۵۷۶/۱	۲۴۱۰/۷
		انحراف از معيار	۲۱/۵	۴۲/۶۶	۴۲/۶۵	۵۲/۵	۹۷/۸	۵۷/۵

جدول ۳- ميزان خطاي برآوردي و انحراف از معيار روش‌هاي هيدرولوژيكي نمونه‌برداري با طبقه‌بندي جريان

			روش‌هاي هيدرولوژيكي برآورد بار معلق					
		روش گزينش و شمار نمونه	يك خطي	دوخطي	حدوسط دسته‌ها	روش فائو	روش مشخصه‌اي	روش غيرمشخصه اي
روش نمونه گيري بدون طبقه‌بندي جريان	سيستماتيك +۱۵۰ نمونه بالاتر از ميانگين لگاريتم داده‌ها	دوبار درهفته	۲۲۶۲/۶	۲۳۰۱/۲۵	۲۴۶۶/۲	۲۲۱۰/۳	۲۲۹۱/۳	۲۱۹۷/۵
		هفتگي	۲۲۶۱/۹	۲۳۰۲/۳	۲۳۲۶/۵	۲۱۸۸/۹	۲۲۲۶/۹	۲۱۷۶/۷
		دوهفته يكبار	۲۲۶۳/۷۳	۲۳۲۸/۵	۲۳۲۹/۲	۲۱۷۱/۱۵	۲۲۰۵/۶	۲۱۶۱/۵
		ماهانه	۲۲۵۵/۲	۲۴۰۶/۹۲	۲۴۷۱/۰۶	۲۲۰۳/۲	۲۲۶۱/۳	۲۲۰۳/۱
		انحراف از معيار	۳/۸۴	۴۹/۷۳	۸۱/۳	۱۷/۲۹	۳۷/۸	۱۹/۲
	سيستماتيك +۱۰۰ نمونه از داده جريان بالا + ۵۰ نمونه از داد ه جريان ميانی	دوبار درهفته	۲۳۰۴/۹۵	۲۲۳۵/۵	۲۲۶۷/۹۷	۲۲۰۰/۸	۲۲۴۰/۷	۲۱۹۳/۱
		هفتگي	۲۳۱۲/۵	۲۲۴۳/۳۵	۲۲۱۳/۵۹	۲۱۷۹/۱۴	۲۱۸۲/۸	۲۱۶۱/۱
		دوهفته يكبار	۲۳۲۹/۱	۲۱۴۵/۸	۲۱۸۷/۶	۲۱۵۶/۱۶	۲۱۵۶/۳	۲۱۴۴/۳
		ماهانه	۲۳۲۹/۶۵	۲۲۶۸/۶۸	۲۲۹۳/۴	۲۱۷۱/۴	۲۱۷۹/۶	۲۱۶۳/۹
		انحراف از معيار	۱۲/۳	۵۳/۶	۴۸/۵۶	۱۸/۶	۳۵/۹	۲۰/۲۷
	سيستماتيك + ۷۵ نمونه از داده جريان بالا + ۷۵ نمونه از داد ه جريان ميانی	دوبار درهفته	۲۲۸۰/۶	۲۲۵۱/۱۳	۲۲۸۵/۴	۲۲۰۳/۵	۲۲۸۲/۷۵	۲۱۹۸/۳
		هفتگي	۲۲۸۲/۷	۲۲۳۵/۷۸	۲۲۲۷/۹	۲۱۸۴/۲	۲۲۱۸/۹	۲۱۶۴/۲۳
		دوهفته يكبار	۲۲۸۸/۸۶	۲۲۲۵/۳	۲۲۵۵/۱	۲۱۶۳/۸	۲۱۹۳/۸۶	۲۱۴۶/۶
		ماهانه	۲۲۸۵/۶۵	۲۲۳۲/۵۸	۲۹۹۵/۶	۲۱۷۹	۲۲۲۸/۸	۲۱۷۱/۹
		انحراف از معيار	۳/۶	۱۰/۸۷	۳۰/۶۷	۱۶	۳۷/۴۵	۲۱/۴۹



شکل ۶ - (**a** چپ و**b** راست)- نمودار میانگین خطاي مطلق و انحراف معیار شمار نمونه‌هاي یکسان در تکرارهاي زماني مختلف

بحث و نتیجه‌گیري

میزان‌هـای خطـاي مطلـق بـرآوردي در کلیـه روش‌هـاي اصلاحي بهره‌گیری شده در این بررسـی بـا میـزان عبـوري رسوب معلق از ایستگاه رابطه مستقیم دارنـد، ولـیکن ایـن روند در روش‌هاي متفاوت داراي شدت‌هاي متفاوتي اسـت. به بیان دیگر هر چه رسوب معلق عبوري در ایستگاه بـالاتر باشد، روش‌هاي اصلاحي با تقریـب بیـشتر وخطـاي مطلـق بالاتري بدست مي آیند. این موضـوع بـه حـساسیت بـالاي ضریب معادله سنجه در دبي‌هاي بالا و حساسیت پـایین آن در دبي‌هاي پایین صحه مي گـذارد. بـا تغییـر در نـوع داده مورد بهره‌گیری در روش‌هاي هیـدرولوژیکي ثابـت (۶ روش هیدرولوژیکي)، گزینش روش‌هاي مناسب تغییر مي‌یابد. در نهایت از بین روش‌هاي متـداول هیـدرولوژیکي بـرآورد بـار معلق رودخانه‌ها، روش حدوسط دسته‌ها و فـائو، بـه‌عنـوان روش‌هاي مناسب شناسایي شدند. که هرچـه تـوان معادلـه روش یـك خطـي بیـشتر شـود، ضـریب معادلـه فـائو (a´) کوچکتر مي‌شود. این موضوع بـه دلیـل قـرار گیـري تـوان معادله یک خطي در مخرج کسر تعیین ضریب معادله فـائو a´ و به طورطبیعی کاهش عرض از مبـداء معادلـه و سـپس کاهش میزان‌هاي رسوب برآوردي روش فـائو مـورد انتظـار است.روش‌هـاي بـا طبقـه‌بنـدي جریـان نـسبت بـه بـدون طبقه‌بندي جریان داراي درستی و دقت بالاتري هستند که مربوط به کلیه روش‌هاي برآورد هیدرولوژیکي مي باشـند و نشان دهنده تاثیر مناسب نمونه‌هاي اضافي از جریـان‌هـاي بالا و میاني بر بهبـود معادلـه سـنجه رسـوب اسـت. نتـایج بدسـت آمـده در ایـن موضـوع بـا نتـایج بدسـت‌آمـده از بررسـی‌هـای Mirzai (2002)، Arabkhedri (2003) همخواني دارد. ضرورت تهیـه دسـتکم دو نمونـه در هفتـه براي برآورد رسوب سالیانه دقیق‌تري از حـوزه مـورد اثبـات قرار گرفت. بدین گونه که داراي دقـت بـالاتري نـسبت بـه بقیه تکرار ها مشخص شـد. همچنـین نمونـه‌هـاي هفتگـي داراي درستی بالاتري نسبت به دیگر تکرارها بودنـد. نتـایج بدست آمده در این موضوع با نتایج بدست‌آمـده از بررسـی هـــای Zhongwei (2006)، Hakimkhani and Arabkhedri (2003) همخواني دارد.

منابع

1- Ahmadi, H,. 1999. Applied Geomorphology, Vol. 1, University of Tehran Press, 688 p (In Persian).

2- Arabkhedri, M,. Sh. Hakimkhani. 2003. Final report of Plan of Complication Several Statistical Methods for basins floody and snowy in the Gorgan Roud, Ministry of Agriculture, Pages: 12-43.

3- Arabkhedri, M,. Sh. Hakimkhani. 2003. Validation of Extrapolation of estimated of annual average the Delivery Suspended , Journal of agricultural Sciences and Natural Resources, No. 3, Page 17.

4- Arabkhedri, M., Kh,. Abdollahi, 2001. The Effect used of Hydrographs flood in the Accracy estimated Suspended Load, 2th Conference of nation Land use Managements, pages: 13.

5- Arabkhedri, M., Sh. Hakimkhani,. A. KHojeini,. 1998. Importance of Modify in the Delivery Suspended method, 5th Conference of international River Engineering, 429-438.

6- Asselman.N.E.M, 2002. Fitting and interpretation of sediment rating curves, Journal of Hydology, Vol .234, 228-248.

7- Barzegar, F,. 2005. Complication methods of estimating Suspended Load, A Thesis of Ms.c , Faculty of natural resources of Tehran university, Pages 48-56.

8- Cigizoglu, Kerem.H, 2003, Daily Suspended data by multilayer perceptions, Advances in Water Resources 27, 185-195.

9- Ferguson.R.I, 1986. River Load Underestimated by rating Curves, Water Resources Research 22(1) 74-76.

10- Fharokhzade, B, 2005. Evaluation Region of Suspended Load Curves, A Thesis of Ms.c, Faculty of natural resources of Tehran University, Pages 51-55.

11- Hakimkhani, Sh., 1998. To Make a regression Model of multimedia on effect indicators sedimentation suspended load: Urmia Lake, A Thesis of Ms.c, Faculty of natural resources of Tehran University, Pages 36-39.

12- Horowitz, A.J., 2002. the use of rating (Transport) curves to predict suspended sediment concentration: ammeter of temporal resolution, turbidity and other sediment surrogates workshop, 123-128.

13- 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, 271 P.

14- Koch.R.W. and G.M.Smillie, 1988. Comment on “River Loads Underestimated by rating curves”.Water Resources Research 22(13), 2121-2122.

15- Mahdavi, M. 2002. Applied Hydrology, Vol. 1, University of Tehran press, 235 p (In Persian).

16- Mirzai, M.R. 2002. Complication of Statistical Methods Estimated Suspended Load of Rivers, Ms.c thesis, University of Tehran (Abstract in English).

17- 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). Journal of Hydrology 326, 296-310.

18- Shafae Bajestan, M, 2004. Hydraulics of Sediment, No. 3, publication of Chamran University, 9-15.

19- Shabani, H., M., 2003. Evaluation of Changes Land use in the Delivery Suspended: Taleghan Basin, A Thesis of Ms.c, Faculty of natural resources of Tehran university, Pages 68-72.

20- Ussefvand, Fh., H,. Golmai, 2005. The Effect Classified Suspended Data on the Period sampling in the estimating Suspended Load, 5th Conferences of international Hydraulic Engineering.

21-Walling.D.E., Webb.B.W, 1998. the reliability of rating curves estimates of suspended sediment yield: som father comments. IAHS. PUBI, No.174, 337-349.

22- Zhongwei, Li, et.al, 2006. Cokriging Estimation of daily Suspended Sediment Loads, Journal of Hydrology 327, 389-398.

Selection of Sampling Approach for Comparison of Hydrological Methods of Estimating Suspended Sediment Load (Case study: Taleghan Basin)

A. Zoratipour[*1], M. Mahdavi[2], Sh. Hakimkhani[3] and N. Shams Almaali[4]
[1] Scientific member, Agricultural and Natural Resources University of Ramin, I.R. Iran
[2] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[3] Assistant professor, Faculty of Natural Resources, University of Urmia, I.R. Iran
[4] M. Sc. Graduate of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received: 16 November 2008, Accepted: 28 April 2009)

Abstract

Information is required for understanding of river suspended sediment for design and construction of water recourses management projects. Due to the importance of suspended sediment load and insufficient hydrometric gauging stations, this research was conducted in Glinak hydrometric station of Taleghan Rood basin in order to compare the sediment delivery yield based on hydrologic methods. It is necessary to determine the best method in the condition of deficit continuous data for the estimating suspended sediment from hydrological methods and evaluation of the sampling method to find out the best fitting amount on suspended sediment load. The results of this research showed that change in the absolute error in the methods has a direct relation with the variability of suspended sediment data. Also in some approaches, systematic sampling method and in the others methods combined sampling strategy showed the most appropriate results. Meanwhile the accuracy of randomized sampling method was the highest. Among hydrological methods, the "FAO" and the "Mean load within discharge classes" methods by MAE of 2170.9 and 2179.6 respectively had the most suitable results of the estimated suspended sediment for Taleghan Roud. Providing at least two sampling of instantaneous suspended sediment per week to increase the accuracy and precision of hydrological methods was as another result of current research.

Keywords: Hydrological methods, Sampling approach, Sediment load, Mean load within discharge, Taleghan Roud

*Corresponding author: Tel: +98 916 6074295 , Fax: +98 261 2249313 , E-mail: Zoratipor@yahoo.com