Archive of SID

بررسی آماری تغییرات رسوب معلق و تحلیل عوامل موثر (مطالعه موردی: ایستگاه مندرجان)

مسعود نصری*[۱]، سادات فیض‌نیا[۲]، محمد جعفری[۲]، حسن احمدی[۲] و سعید سلطانی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

[۲] استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[۳] دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۶، تاریخ تصویب: ۸۸/۴/۲۲)

چکیده

بار معلق بخش عمدهٔ رسوب حمل شده توسط رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهد. نتایج اندازه‌گیری بار معلق معمولاً در بررسی‌ها و پژوهش‌های در ارتباط با فرسایش و رسوبدهی، مهندسی منابع آب، آبخیزداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. رسوب ناشی از فرسایش حوزه‌های آبخیز از مهم‌ترین مشکلات مدیریت حوزه‌های آبخیز است. استفاده از روش‌های آماری برای تحلیل آمار رسوبدهی حوزه‌های آبخیز یکی از رهیافت‌های مهم بررسی روند رسوب زایی در حوزه‌های آبخیز است. در این مطالعه آمار رسوب‌دهی ایستگاه مندرجان در دوره زمانی ۱۳۵۸-۱۳۸۳ مورد بررسی قرار گرفت. آمار توصیفی و روند تغییرات آن نشان‌داد سری مشاهداتی (با میانگین و انحراف معیار به ترتیب ۵۹/۶۶ و ۳۴۸/۴۷ میلیگرم بر لیتر) دارای روند کاهشی است و در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. با این وجود، رسم نمودار تجمعی سری استاندارد شده وجود سه دوره متفاوت را نشان داد، به طوری‌که مقادیر آمارهٔ من-کندال برای سه سری مشاهداتی به ترتیب ۰/۲۶۵، ۰/۱۱۹-، و ۰/۱۶۶- است و به ترتیب در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد معنی‌دار هستند. سه آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها، واریانس‌ها و تابع توزیع احتمال با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری نشان داد بین سه سری مشاهداتی اختلاف معنی‌داری از لحاظ میانگین، انحراف معیار و تابع توزیع فراوانی وجود دارد. این موضوع، به‌ویژه تفاوت واریانس گروه دوم و سوم نشان‌دهندهٔ تغییرات رسوب‌دهی و کاهش آن در دوره سوم به دلیل عملیات آبخیزداری انجام شده در سطح ۷۱۳۵ هکتار به همراه احداث ۱۷۴ مورد سازه‌های کنترل فرسایش و سیل با حجم اجرایی ۳۸۱۵ مترمکعب در حوزه‌آبخیز مندرجان بوده بوده‌است. باتوجه به انباشت و ذخیره ۲۷۵۲۳۲/۳ مترمکعب رسوب در نتیجه وجود سازه‌ها و عملیات آبخیزداری، اهمیت اجرای این طرح‌ها در سطح حوزه‌های آبخیز در اولویت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رسوب، ایستگاه مندرجان، آزمون ناپارامتری، عملیات آبخیزداری

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۳۶۲-۵۲۴۲۰۴۸ فاکس: ۰۳۶۲-۵۲۴۲۰۴۷ E-mail: PS_Sepahan@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در مطالعات آبخیزداری فرسایش و رسوب از اهمیت زیادی برخوردار است. مقدار رسوب حاصل از فرسایش در حوزه‌های آبخیز مختلف متفاوت است. رسوب حوزه‌های آبخیز تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند اقلیم، پستی و بلندی و فعالیت‌های انسانی است. تغیرات رسوب‌دهی در حوزه‌های آبخیز، چگونگی تغییرات زمانی و مکانی آن، اندازه و دانه‌بندی رسوب از مهم‌ترین متغیرهای رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز هستند. تعیین و برآورد مقدار فرسایش خاک یکی از ضرورت‌های آبخیزداری و حفاظت خاک است (Ahmadi, 1999). آگاهی از مقدار تولید رسوب آبخیزها و بررسی رسوبدهی رودخانه در شناسایی مناطق بحرانی اهمیت زیادی دارد (Brushkeh et al. 2004). در بسیاری از مناطق فرسایش خاک باعث تاثیرگذاری بر پایداری اکوسیستم‌ها شده که اغلب موجب تخریب غیرقابل بازگشت اراضی شده است (Verstraeten et al. 2003)، از طرف دیگر تغییرات محیطی- انسانی در مقیاس جهانی موجب افزایش فعالیت فرآیند زمین ریختی و جریان‌های رسوبی در قسمتهای زیادی از جهان شده است (Turner et al. 1990). بررسی شاخص‌های آماری رسوب‌دهی حوزه آبخیز یکی از روش‌های بررسی تغییرات زمانی رسوب است. به‌طوری‌که محققین زیادی سعی کرده‌اند این شاخص‌ها را با تغییرات فیزیکی حوزه آبخیز ارتباط دهند. Arabkhedri and Zargar (۱۹۹۵) در منطقه البرز شمالی و به منظور تحلیل منطقه‌ای رسوب، روابط همبستگی چند متغیره ارایه کردند. Varvani te al. (۲۰۰۲) نیز رابطه چند متغیره عوامل مؤثر در تولید رسوب حوزه گرگان رود را برآورد کردند. Soltani and Modarres (۲۰۰۶) با استفاده از روش‌های آماری به بررسی تغییرات رسوبدهی حوزه آبخیز قلعه شاهرخ پرداختند و روند کاهشی در آمار رسوب این حوزه را تعیین کردند.

مقادیر تولید رسوب معلق در مقیاس جهانی کمتر از دو تن در کیلومتر مربع در سال و بیشترین مقدار تولید رسوب معلق بیشتر از ۱۰۰۰۰ تن در کیلومتر مربع در

یکی از عوامل مؤثر و مهم در فرسایش و رسوبدهی حوزه‌های آبخیز، ویژگی‌های زمین شامل پوشش سنگ و خاک می‌باشد. در مناطقی مانند ایران که دارای ناهمواری‌های جوان هستند، ویژگی‌های خاک به طور بیشتری تحت تاثیر ویژگی‌های سنگ است (Feiznia, 1995)، بنابراین شناخت حساسیت سنگها اهمیت زیادی در برآورد رسوبدهی حوضه‌ها دارد. به‌طوری‌که در بعضی از حوزه‌های آبخیز با وجود کوچک بودن سطح واحدهای سنگی حساس به فرسایش، ولی منشأ تولید حجم قابل ملاحظه‌ای از رسوبات می‌باشند. Anderson (۱۹۷۵) روش رگرسیون منطقه‌ای را بین ویژگی‌های حوضه و شاخص‌های آماری رسوب استفاده‌کردند. Janson and Painter (۱۹۷۹) بین مقدار رسوب و ویژگی‌های توپوگرافی و اقلیمی حوزه‌های آبخیز رابطه رگرسیون را بهبودبخشیدند. Rompaey et al. (۲۰۰۵) در ایتالیا آمار طولانی مدت رسوب مربوط به ۴۰ سد مخزنی را به‌منظور واسنجی و اعتبار سنجی مدل تحویل رسوب توزیعی مکانی به‌کار بردند. نتایج بررسی مجموعه داده‌های رسوب حوزه‌هایی با کاربری اراضی کشاورزی و نیمه بکر، در شمال، مرکز و جنوب ایتالیا، نشان داد که عملکرد مدل مذکور در حوضه‌های کوهستانی ضعیف است و برای کاربرد این مدل نیاز به ساده سازی آن بوده. همچنین عملکرد مدل در حوضه‌های غیرکوهستانی که از نقطه نظر مدیریتی مهمتر هستند بطور معنی‌داری بهتر بوده‌است.

تحلیل آماری رسوب معلق در حوزه‌های آبخیز به‌منظور بررسی عوامل تاثیرگذار و ارایه مدل منطقه‌ای توسط محققین مختلفی انجام شده است (Purkhalatbari and Ghadimi ؛Rostami et al. 2002 ؛Soheili, 1997 Najafi, 2003 ؛Arusmahale and Sobhani, 1999 و Vafakhah, 2002) و هر کدام به ذکر عوامل تاثیرگذار و توجه به آن در کنترل فرسایش و رسوب پرداخته‌اند. بررسی‌های Hadley et al. (۱۹۸۵) نشان داد کوچکترین سال است. Woodward (۱۹۹۵) به نقل از منابع مختلف مقدار رسوبدهی ویژه چندین رودخانه حوزه مدیترانه را که بیشترین مقادیر رسوبدهی را داشته‌اند، گزارش کرده

www.SID.ir

Archive of SID

است. در اغلب آنها رسوبدهی بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ تن در کیلومترمربع در سال محاسبه شده است. البته مواردی از رسوبدهی بیش از ۲۲۰۰۰ تن در کیلومترمربع در سال نیز گزارش‌شده که جزء بیشترین مقادیر رسوبدهی در سطح جهانی است. بااین وجود بررسی روند تغییرات رسوب حوزه‌های آبخیز که بیشتر می‌تواند ناشی از تغییر کاربری‌اراضی و توسعه فعالیت انسانی یا تغییرات اقلیمی باشد کمتر مورد توجه محققین ایرانی قرار گرفته است. در مقیاس بین‌المللی می‌توان به مطالعه Walling and Fang (۲۰۰۳) در مورد روند رسوب سالانه ۱۴۵ رودخانه مهم جهان اشاره کرد که با استفاده از روش من-کندال نشان دادند مقدار رسوب سالانه در ۵۰ در صد این رودخانه‌ها دارای روند افزایشی یا کاهشی هستند. به عنوان نمونه، رودخانه دانوب، می‌سی سی پی و رودخانه زرد دارای روند کاهشی و چند رودخانه در شوروی سابق دارای روند افزایشی بار رسوبی هستند. آنها با رسم نمودار تجمعی رسوب در مقابل دبی رودخانه تغییرات زمانی رسوب‌دهی را بررسی کردند. مطالعه Heede (۱۹۷۹) روی حوضه‌ای در غرب کلرادوی مرکزی در آمریکا نشان داد که احداث سدهای رسوبگیر بر روی آبراهه اصلی و شاخه‌های مهم آن، مقدار رسوب را در طول ۱۱ سال در حدود ۹۰ درصد کاهش داد. Brovitskaya et al. (۲۰۰۳) نیز برای بررسی روند تغییرات رسوبدهی ۱۳ حوزه در منطقه اوراسیا و سیبری از روشی مشابه استفاده کردند. آن‌ها همچنین با محاسبه شاخص‌های آماری دوره‌های رسوب‌دهی؛ با استفاده از روش کلموگروف- اسمیرنوف به مقایسه شاخص‌های آماری دوره‌های رسوب‌دهی هر ایستگاه پرداختند و برای تعیین دوره‌های مختلف از روش تعیین همگنی و شاخص تجمعی انحراف از میانگین استفاده کردند. نتایج بررسی نقش سازه‌های اصلاحی در کاهش بار رسوب پایین در حوزه آبخیز غازمحله کردکوی، نشان‌داد که میانگین رسوب سالانه‌این حوضه حدود ۹۰ درصد نسبت به دوره قبل از احداث سدهای اصلاحی کاهش یافته است (Parsamehr, 2000). نتایج حاصل از مقایسه مقدار رسوب و فرسایش ویژه در قبل و بعد از عملیات اجرایی نشان داد، اراضی مرتعکاری شده و همچنین بندهای رسوبگیر در سرشاخه‌های بالادست آنها کاهش چشمگیری درهدررفت خاک اراضی طبیعی داشته‌اند. البته در اراضی زراعی هم می‌توان شخم با رعایت اصول صحیح را به عنوان یکی از راه‌های کاهش رواناب سطحی و فرسایش در برنامه مدیریت حوزه‌های آبخیز گنجاند (Najafi Nejad, 1997).

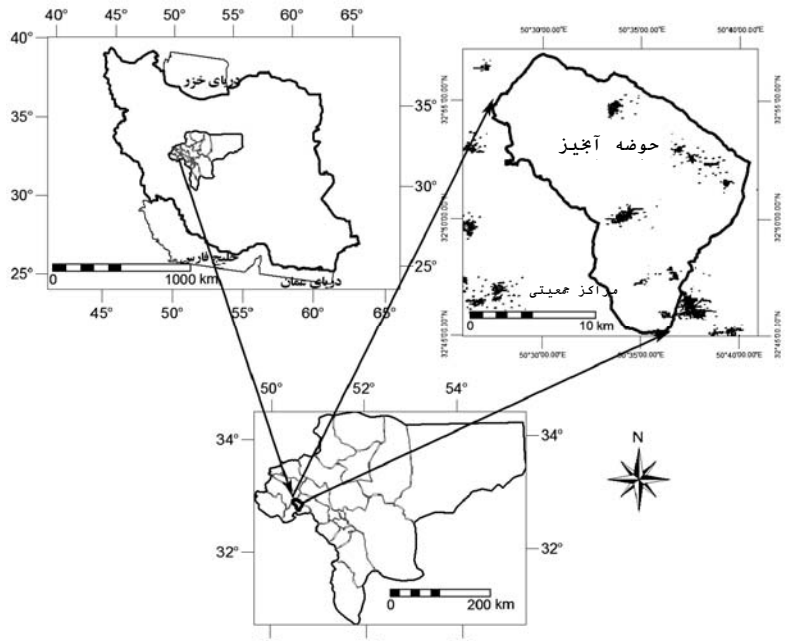
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز مندرجان با مساحت ۲۲۹۴۴ هکتار یکی از زیرحوزه‌های سد زاینده‌رود، واقع در شهرستان چادگان و در محدوده جغرافیایی طول شمالی ″۱۹ ′۲۷ °۵۰ تا ″۳۳ ′۴۰ °۵۰ و عرض شرقی ″۰۴ ′۴۵ °۳۲ تا ″۰۳ ′۵۷ °۳۲ می‌باشد. در فاصله ۱۲۰ کیلومتری غرب اصفهان و مشرف بر دریاچه سد زاینده‌رود است. مراکز جمعیتی منطقه شامل روستاهای علی عرب، معروف‌آباد، قرقره، سمندگان، آنالوجه، منصوریه و مندرجان و شهرهای رزوه در محدوده مرکزی و چادگان در جنوب شرقی و خارج از منطقه می‌باشد. ارتفاع متوسط حوزه ۲۳۹۶ متر از سطح دریا و شیب متوسط حوزه ۱۲/۶۷ درصد است. ارتفاع حداکثر آن در کوه چال گاو (اسکندر اوچان) با ارتفاع ۳۶۳۹ متر و ارتفاع حداقل آن ۲۰۶۰ متر در نقطه خروجی حوزه آبخیز است. در بررسی وضعیت هواشناسی منطقه از آمار اطلاعات بارندگی ایستگاه‌های آبادچی، داران، ازناوله، بادیجان، اسکندری، شهرکرد، چادگان و دامنه استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز مندرجان در استان اصفهان و کشور

با استفاده از آمار مذکور رابطه همبستگی گرادیان بارندگی در منطقه به صورت P=72.1+0.12H، (R^2=0.82) با سطح معنی‌داری ۵ درصد بدست آمد که در آن P متوسط بارش سالانه به میلی متر و H ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر است. متوسط سالانه بارش طبق محاسبات انجام شده در این حوزه ۳۶۲ میلیمتر و حجم بارش‌های جوی ۸۳/۷۳ میلیون مترمکعب برآورد شد. بیشترین مقدار بارش در ایستگاه‌های منطقه مربوط به‌ایستگاه ازناوله ۳۸۰/۴ میلیمتر و کمترین مقدار از ایستگاه چادگان ۳۱۷/۴ میلیمتر گزارش شده است. متوسط دمای سالانه حوزه ۸/۷ ^{o}C مطابق با گرادیان دمایی بدست آمده برای منطقه T=27.17-0.0077H (R^2= 0.99) با سطح معنی‌داری ۵ درصد (که در آن H ارتفاع ایستگاه به متر و T میانگین درجه حرارت سالانه‌ایستگاه به درجه سانتیگراد است) می‌باشد. وضعیت اقلیمی بر مبنای روش گوسن، کوپن و کریمی مرطوب معتدل با زمستانهای سرد تعیین شد. از کل مساحت این منطقه ۴۳/۲۱ درصد به مراتع، ۲۰/۶۵ درصد به کشاورزی آبی، کشاورزی دیم ۶/۵۹ درصد، مخلوط دیمزار و مرتع ۲۰/۵۵ درصد ، ۰/۷۸ درصد باغ و ۷/۲۷ درصد توده سنگی است. از نظر تقسیمات تکتونیک منطقه جزء زون سنندج- سیرجان است و از نظر سنگ‌شناسی دارای سازندهای آهک کرتاسه زیرین، واحد مارنی میوسن و آهک ماسه‌ای ژیپس‌دار، واریزه‌های دامنه‌ای، واحد تخریبی ماسه سنگ و شیل، پهنه رسی سیلتی، آبرفتهای عهد حاضر و پادگانه‌های رودخانه‌ای قدیم و جدید است. در این بررسی آمار رسوبدهی ایستگاه مندرجان یکی از سرشاخه‌های زاینده رود در دوره آماری ۱۳۸۳-۱۳۵۸ که شامل ۲۱۸ مشاهده به همراه دبی همزمان رودخانه مورد استفاده قرار گرفت و از آمار بارش سالانه‌ایستگاه هواشناسی چادگان در محل خروجی حوضه در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۵۳ استفاده شد.

عملیات آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز

به‌منظور کاهش آورد رسوب به مخازن سدها طرح‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز سدهای مخزنی و در قالب طرح‌های سازه‌ای و بیولوژیک در سطح حوزه آبخیز مندرجان در سال ۱۳۷۱ آغاز شد که خلاصه‌ای از اقدامات آن در جدول ۱ ذکر شده است.

روش تحقیق- آزمون‌های آماری

در این تحقیق برای بررسی تغییرات رسوبدهی ایستگاه مندرجان در دوره آماری ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۳ و تعیین اثر

www.SID.ir

Archive of SID

مدیریت حوزه آبخیز بر کاهش مقدار رسوبدهی از آزمون‌های آماری زیر استفاده شد:

- آزمون روند با استفاده از روش من-کندال
- تحلیل نمودار تجمعی نمره استاندارد رسوب برای جداسازی دوره‌های رسوب‌دهی
- آزمون ویلکاکسون[۱]، کلموگروف-اسمیرنوف و لوین برای مقایسه میانگین، تابع توزیع و واریانس دوره‌های رسوب‌دهی (Khan et al. 2004).

در آزمون ویلکاکسون، فرض H_0 حاکی از تفاوت میانگین دو سری، (μ_1) و (μ_2) است. بر عکس، فرض H_1، بر عدم مساوی بودن میانگین دو سری مورد نظر دلالت می‌کند.

در آزمون لوین[۲] فرض H_0 بیانگر عدم تفاوت واریانس دو سری مورد نظر است. به عبارت دیگر:

$$H_0 : \sigma_1 = \sigma_2 \quad (۱$$

$$H_1 : \sigma_1 \neq \sigma_2 \quad (۲$$

با تقسیم سری رسوب به k سری (در اینجاk=۲) آنگاه

$$W = \frac{(N-k)\sum_{i=1}^{k} N_i(\overline{Z}_i - \overline{Z})^2}{(k-1)\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{N}(Z_{ij} - \overline{Z}_i)^2} \quad (۳$$

$$Z_{ij} = \left|X_{ij} - \overline{X}_i\right| \quad (۴$$

در رابطه فوق $\overline{X}_i$ میانه گروه i ام، $\overline{Z}_i$ میانگین‌های گروه Z_{ij} و $\overline{Z}$ میانگین تمام Z_{ij} است. اگر $W > F_{(\alpha,k-1,N-k)}$ در این آزمون، فرض H_0 رد می‌شود.

آزمون کولموگروف-اسمیرنوف به منظور مقایسه تابع توزیع تجمعی[۳] دو سری مشاهداتی ($F_1(x)$ و $F_2(x)$) به کار میرود. فرض H_0 و H_1به صورت زیر است:

$$H_0 : F_1(x) = F_2(x) \quad (۵$$

$$H_1 : F_1(x) \neq F_2(x) \quad (۶$$

$$D = \text{Max}\left|F_1(x) - F_2(x)\right| \quad (۷$$

مقدار آماره کلموگروف-اسمیرنوف (D) به صورت قدر مطلق بزرگترین تفاضل بین دو تابع توزیع نوشته می‌شود. اگر مقدار α از مقدار احتمال مورد نظر (۱٪ یا ۵٪) کمتر باشد، فرض صفر رد می‌شود (Soltani and Modarres, 2006).

جدول ۱- حجم عملیات آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز مندرجان (۱۴)

سال	نوع پروژه اجرایی	مساحت (هکتار)
۱۳۷۱	بانکت علوفه‌کاری خشکه‌چین	۱۰۰۰ ۵۰۰ ۱۶ مورد - ۳۵۰ m^3
۱۳۷۲	بانکت علوفه‌کاری	۳۰۰ ۱۰۰۰
۱۳۷۳	بانکت تراس‌بندی علوفه‌کاری خشکه‌چین سنگ و سیمان	۴۰۰ ۸۰ ۶۵۰ ۶۳ مورد - ۱۲۶۰ m^3 ۲۰ مورد - ۴۲۸ m^3
۱۳۷۴	بانکت علوفه‌کاری خشکه‌چین	۱۳۵ ۶۵۰ ۱۵ مورد - ۳۱۵ m^3
۱۳۷۵	بانکت علوفه‌کاری خشکه‌چین	۲۵۰ ۱۹۰ ۱۱ مورد - ۲۲۰ m^3
۱۳۷۶	بانکت علوفه‌کاری سنگ و ملاتی و گابیونی	۷۳۵ ۷۴۵ ۳۲ مورد - ۸۰۰ m^3
۱۳۷۷	خشکه‌چین	۱۷ مورد - ۴۴۲ m^3
۱۳۷۸	بانکت	۵۰۰

۱- Wilcoxon Test

۲- Levene's Test

۳- Cumulative Density Function (CDF)

www.SID.ir

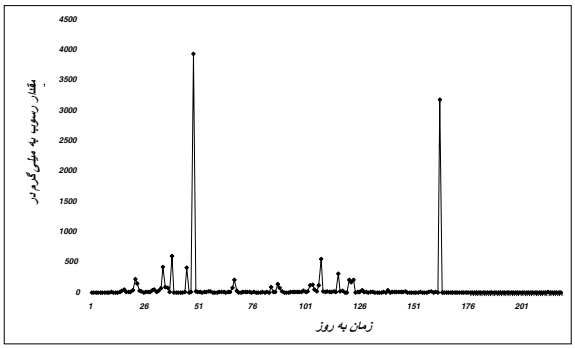
Archive of SID

نتایج

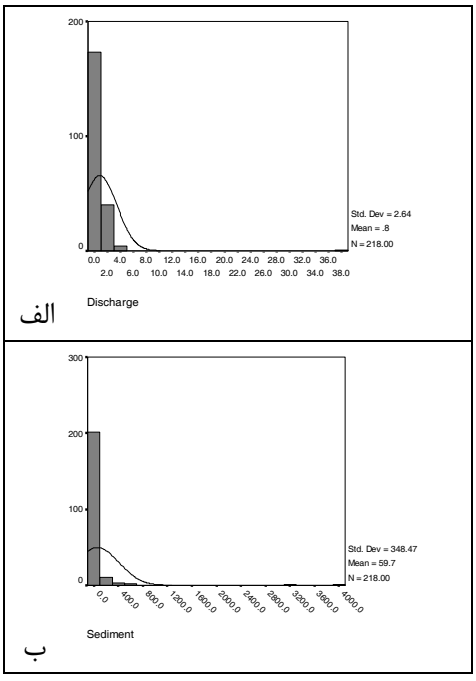
شکل ۲ نمودار سری زمانی بار معلق ایستگاه مندرجان و تغییرات مقدار رسوبدهی را در دوره مورد بررسی نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار سری مشاهداتی به ترتیب برابر ۵۹/۶۶ و ۳۴۸/۴۷ میلیگرم بر لیتر هستند. نمودار میله‌ای رسوب و دبی نیز در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. نتایج سایر آزمون‌های آماری در جدول ۲ نشان داده شده‌اند(Nasri te al. 2008).

برای تعیین دوره‌های رسوب‌دهی، از نمودار تجمعی رسوب در برابر نمودار تجمعی دبی جریان (شکل ۴-الف) و نمودار تغییرات شاخص انحراف از میانگین تجمعی (شکل۴-ب) استفاده شد.

همان‌طور که شکل شماره ۴ نشان می‌دهد، سه دوره مجزا را می‌توان در سری مشاهداتی پیدا کرد. در اینجا سه سری را می‌توان دید که تحلیل‌های آماری برای آنها انجام می‌شود (دوره اول از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۷، دوره دوم از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۶ و دوره سوم از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۳). شکل ۵ نمودار تغییرات رسوب و نمودار میله‌ای فراوانی توزیع نرمال دو سری مشاهداتی را نشان می‌دهد. جدول ۳ نیز ویژگی‌های آماری این سه سری را نشان می‌دهد. مقادیر آماره من-کندال برای سه سری مشاهداتی به ترتیب برابر ۰/۲۶۵، ۰/۱۱۹-، و ۰/۱۶۶- است که به ترتیب در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد معنی‌دار هستند. این مقادیر بیانگر روند منفی رسوب در دوره‌های دوم و سوم است. مقایسه میانگین، تابع توزیع و واریانس سه سری مشاهداتی (جدول ۴) نشان می‌دهد میانگین و واریانس دو سری آخر به طور معنی‌داری در سطح ۱٪ با سری اول متفاوت هستند. نتیجه آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نیز نشان می‌دهد تابع توزیع این دو سری تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارند. بنابراین می‌توان گفت در سال‌های اخیر مقدار رسوب ثبت شده در ایستگاه مندرجان به طور معنی‌داری از سال‌های پیش متفاوت است. مهمترین دلیل آن شروع اجرای عملیات آبخیزداری در سطح حوضه است. اجرای سال به سال این طرح‌ها علاوه بر کنترل فرسایش در عرصه‌ها، منجر به کاهش آورد رسوب در ایستگاه رسوب سنجی حوضه نیز شده است. بخشی از حجم رسوبات ترسیب شده در اثر اجرای عملیات آبخیزداری در جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۲- سری زمانی بار معلق رسوب در ایستگاه مندرجان



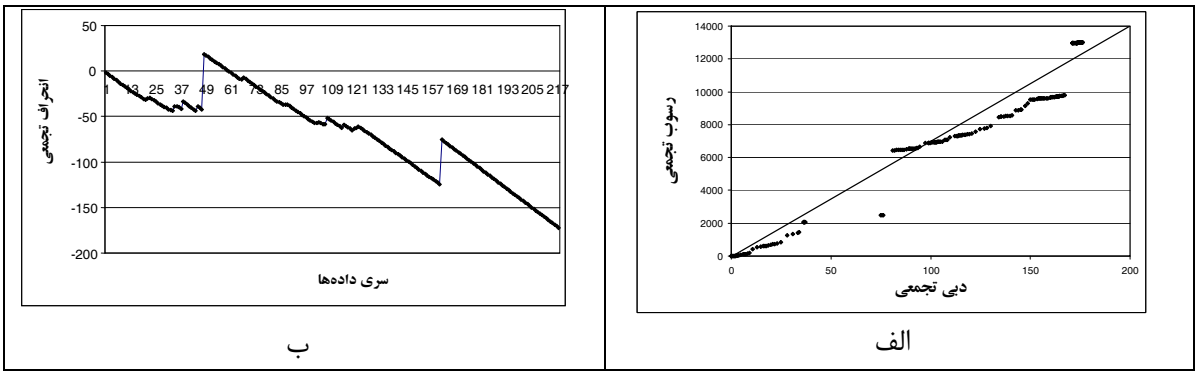
شکل ۳- نمودار میله‌ای دبی (الف) و رسوب مشاهداتی (ب) (محورهای عمودی فراوانی و محورهای افقی (الف) دبی بر حسب مترمکعب بر ثانیه و (ب) رسوب بر حسب میلیگرم بر لیتر)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقادیر آماره‌های توصیفی سری رسوبدهی (میلیگرم بر لیتر)

آماره	تعداد مشاهدات	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی[۴]
مقدار آماره	۲۱۸	۰	۳۹۳۶/۶۹	۵۹/۶۶	۳۴۸/۴۷	۹/۸	۱۰۰/۲۵



الف ب

شکل۴- نمودار تجمعی رسوب در مقابل دبی (الف) و نمودار انحراف از میانگین تجمعی نسبت به سری داده‌ها (ب)

جدول ۳- مقادیر آماره‌های توصیفی سری رسوبدهی (میلیگرم بر لیتر)

آماره	تعداد مشاهدات	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
سری اول	۴۷	۰/۰	۶۰۵/۵۳	۵۹/۸۴	۱۲۲/۱۶	۳/۳۲	۱۴/۱۱
سری دوم	۱۱۴	۰/۰	۳۶۳۹/۶۹	۶۴/۰۲	۳۷۲/۷۳	۱۰/۱۲	۱۰۵/۶۹
سری سوم	۵۷	۰/۰۲	۳۱۸۴/۷۹	۵۶/۵۵	۴۲۱/۷۴	۷/۵۵	۵۷

جدول ۴- مقادیر آماره‌های توصیفی سری رسوبدهی (میلیگرم بر لیتر)

آماره	ویلکاکسون	کلموگروف-اسمیرنوف	لوین
گروه اول- گروه دوم	-۰/۲۰۱	۰/۸۸	۰/۲۴۸
گروه اول-گروه سوم	۳/۲^{xx}	۳/۲۸^{xx}	۲۶/۴۷^{xx}
گروه دوم-گروه سوم	۳/۰۵^{xx}	۴/۴۸^{xx}	۱۹/۷۵^{xx}

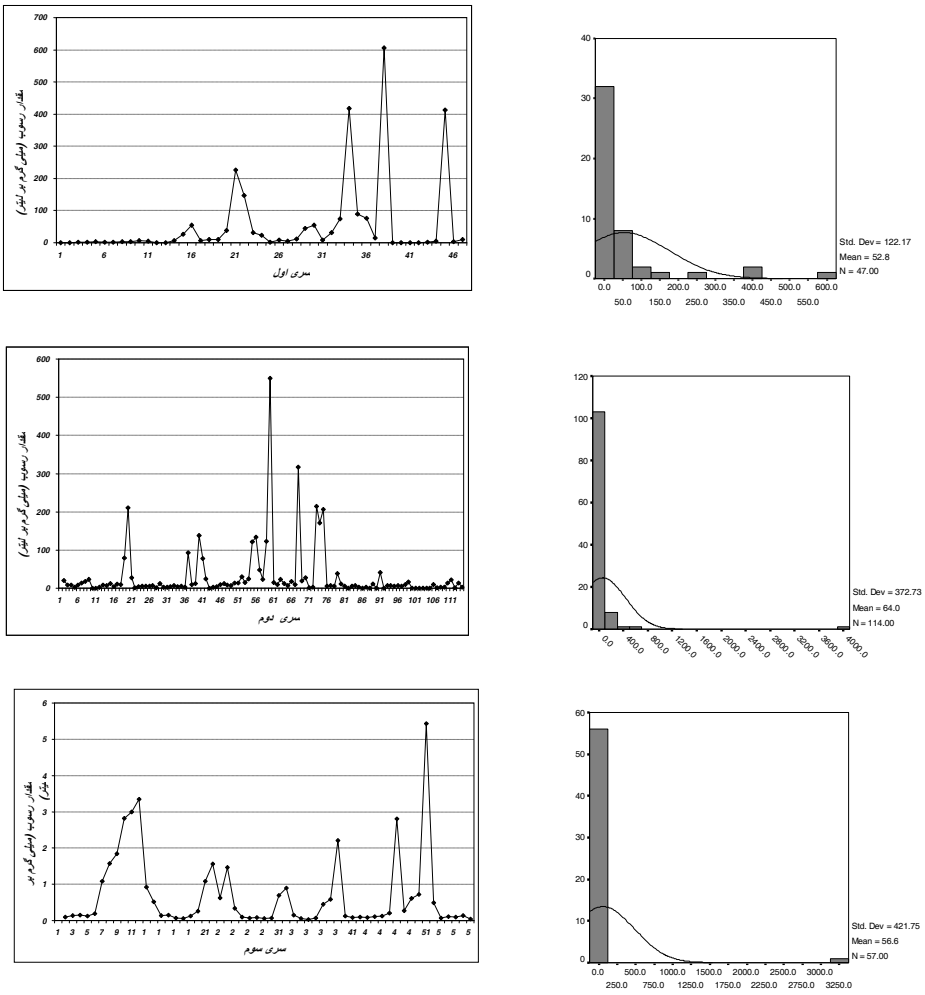
جدول ۵- حجم رسوب تعدادی از عملیات اجرایی آبخیزداری درحوزه آبخیز مندرجان(M.J.K.E.O, 2004)

حجم رسوب m^3	تعداد	حجم رسوب هر واحد m^3	عرض m	طول m	ارتفاع m	نوع اقدامات آبخیزداری	
۲۳۹۴۰۰	۳۰	۷۹۸۰	۲/۸	۹۵۰۰	۰/۳	شمال غربی	بانکت
۱۲۲۴۰	۱۷	۷۲۰	۱/۸	۲۰۰۰	۰/۲	غربی	
۱۵۰۰۰	۲۵	۶۰۰	۱/۵	۲۰۰۰	۰/۲	جنوب غربی	
۳۳۱۵/۳	۱۲۹	۲۵/۷	۳	۱۰/۷	۰/۸	تیپ ۱	بندهای
۱۱۷۰	۴۵	۲۶	۴	۱۴/۷	۰/۷	تیپ ۲	کوچک
۴۱۰۷	۱	۴۱۰۷	۳۷	۵۵/۵	۲	بند آنالوچه	
۲۷۵۲۳۲/۳	حجم کل رسوبات						

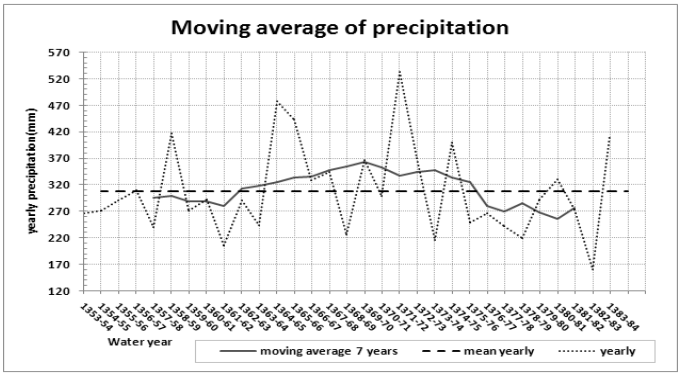
۱- Kurtosis

www.SID.ir

Archive of SID



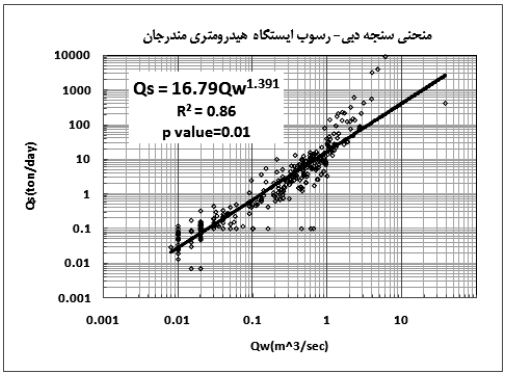
شکل ۵- مقایسه نمودارهای رسوب (چپ) و نمودارهای (راست) سری‌های اول، دوم وسوم مقدار رسوب (میلی‌گرم بر لیتر) ایستگاه مندرجان (در سه نمودار سمت راست، محورهای عمودی فراوانی- که خط آن توزیع نرمال بوده- و محورهای افقی مقدار رسوب به میلی گرم بر لیتر را نشان می‌دهند)



شکل ۶- تغییرات بارش سالانه و مقایسه با میانگین‌ها ایستگاه هواشناسی چادگان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- منحنی سنجه دبی-رسوب ایستگاه مندرجان

همان‌طور که در جدول ۵ ذکر است با توجه به عملیات آبخیزداری انجام شده در حوزه آبخیز مندرجان و بررسی‌های انجام‌شده حجم رسوب ته‌نشست شده را می‌توان به اجرای اقدامات آبخیزداری ارتباط داد. به‌طوریکه حجم رسوب برآوردی در مجموع بانکت‌ها ۲۶۶۶۴۰ مترمکعب و در بندهای اصلاحی به مقدار ۸۵۹۲/۳ مترمکعب بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به آزمون‌های آماری صورت گرفته در بررسی تغییرات مقدار رسوبدهی در حوزه آبخیز مندرجان در دوره آماری ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۳ وجود سه دوره تغییرات رسوبدهی (دوره اول از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۷، دوره دوم از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۶ و دوره سوم از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۳) نشان دهنده کاهش چشمگیر و معنی‌دار مقدار رسوبدهی بوده است و مهم‌ترین دلیل آن اجرای عملیات کنترل فرسایش و رسوب در سطح حوضه است. طرح‌های آبخیزداری در سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۸ اجرا شدند و اثرات آن در سالهای پایانی عملیات حاصل شده‌است. با توجه به مقادیر آماره‌های توصیفی سری زمانی رسوب ایستگاه مندرجان که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته، مشخص گردید که روند کاهشی مقدار رسوب مربوط به تاثیر اقدامات حفاظت خاک مانند اجرای بندهای تاخیری و ترسیب رسوب توسط آنها است. با این وجود تقسیم سری مشاهداتی به سه دوره و تفاوت واریانس و میانگین سه سری مشاهداتی و بالاتر بودن میانگین و واریانس سری‌های اول و دوم نسبت به سری سوم نشان‌دهندهٔ تاثیر عملیات حفاظت خاک بر کاهش مقدار رسوب بوده است که‌این امر در مطالعات Walling and Fang (۲۰۰۳) و Brovitskaya et al. (۲۰۰۳) مورد بحث قرار گرفته‌است. مقادیر آماره من-کندال برای سه سری مشاهداتی (۰/۲۶۵، ۰/۱۱۹-، و ۰/۱۶۶-)با سطوح معنی‌داری به ترتیب ۱، ۵ و ۱۰ درصد بیانگر روند منفی رسوب‌دهی در دوره‌های دوم و سوم است. همچنین با توجه به نتیجه آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، می‌توان تفاوت معنی‌داری را در مقدار رسوب ثبت شده در سالهای انتهایی مورد بررسی نسبت به سال‌های پیشین مشاهده کرد، و مهم‌ترین دلیل آن در ارتباط با اجرای عملیات حفاظت خاک در دهه ۷۰ می‌باشد. در حوزه‌آبخیز مندرجان، از سال ۱۳۷۱ عملیات بیولوژیک در عرصه‌های مرتعی و عملیات سازه‌ای در مسیر آبراهه‌ها شروع شد و با اجرای سال به سال آن در شاخه‌های آبراهه منجر به کاهش آورد رسوب معلق از حوضه و ترسیب مواد حاصل از فرسایش در پشت سازه‌های احداثی شده است، به عبارت دیگر ایجاد سازه‌های تاخیری در کاهش رسوب رسیده به‌ایستگاه هیدرومتری پایین دست موثر است. با عنایت به روند بارش سالانه حوزه در سالهای مختلف آماری(شکل ۶) که در تطابق با آمار ثبت شده‌ایستگاه هواشناسی چادگان در خروجی حوضه است، سری داده‌های رسوب معلق دوره دوم(۱۳۶۸ تا ۱۳۷۶) حوضه منطبق با وقوع دوره ترسالی بوده و علی‌رغم افزایش بارش سالانه، به‌دلیل عملکرد و کارایی خوب سازه‌های آبخیزداری و نیز عملیات بیولوژیک صورت گرفته روند تولید و انتقال رسوب معلق حوضه کاهش زیادی داشته است، ولی سری داده‌های رسوب معلق مربوط به دوره سوم (۱۳۷۷تا۱۳۸۳) همزمان با وقوع دوره خشکسالی در حوضه می‌باشد که ممکن است این شبهه را مطرح سازد که‌این موضوع در کنار انجام عملیات آبخیزداری در کاهش مقدار بار رسوب رسیده به‌ایستگاه رسوب سنجی مندرجان موثر بوده است، از سوی دیگر با توجه به نمودار میانگین متحرک بارش ۷ ساله، در سال‌های قبل از

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳۶۲ حاکمیت شرایط خشکسالی بر حوضه مشهود است، ولی وضعیت انتقال رسوب معلق و ثبت آن در ایستگاه زیاد است. از مقایسه این دوره خشکسالی با خشکسالی وقوع یافته بعد از سال آبی ۷۶-۱۳۷۵ می‌توان نتیجه گیری کرد که بروز خشکسالی به تنهایی نمی‌تواند در حوضه مذکور باعث تغییرات زیادی در مقدار تولید رسوب داشته باشد. بنابراین کاهش بار رسوب در دوره سوم سری داده‌های رسوبی (۱۳۷۷تا۱۳۸۳) بیش از آنکه در نتیجه کاهش بارش و فرا رسیدن خشکسالی باشد مربوط به عملکرد سازه‌هاو عملیات بیولوژیک حفاظت خاک انجام شده در حوضه است.

بررسی‌های میدانی نشان‌داد کاهش مقدار رسوب به گونه‌ای بوده که در سازه‌های احداثی در بالادست آبراهه‌ها حجم رسوب ته‌نشستی در مقایسه با سازه‌های احداثی در پایین دست بیشتر بوده است. حجم کل رسوبات برآوردی در پشت سازه‌ها به مقدار ۲۷۵ هزار مترمکعب است و این نیز موجب کاهش انتقال رسوبات به‌ایستگاه رسوب سنجی مندرجان شده است. ضمن اینکه وجود مخزن سد زاینده رود در خروجی این حوزه و اهمیت آن در تامین منابع آب حوزه زاینده رود به اهمیت مدیریت فرسایش و تغییر کاربری در این حوضه و جلوگیری از انتقال رسوب به آن می‌افزاید. با توجه به روند کلی کاهش رسوب در دوره‌های بعد از اجرای عملیات حفاظت خاک، به ویژه اجرای سازه‌های تاخیری از نوع گابیون در سرشاخه‌های حوزه آبخیز (بدون جریان آب پایه) می‌توان نتیجه گرفت که یکی از عوامل موثر در عملکرد این نوع سازه‌ها کاهش شیب آبراهه و افزایش پهنای آن نسبت به عمق در جهت پائین دست است. بنابراین جریان سیلابی در مقطع پهن تری قرار می‌گیرد و شعاع هیدرولیک به مقدار بیشتری کاهش خواهد یافت و در نتیجهٔ آن موجب ته نشست رسوبات معلق ترسیب شده است. اهمیت اجرای این سازه‌ها در آبراهه‌های یک واحد هیدرولوژیک به گونه‌ای است که در زمان وقوع دوره‌های ترسالی و رخداد بارش با سطوح احتمال کم -که باعث افزایش جریان در مسیر آبراهه‌ها گردیده - علاوه بر کاهش بده سیلاب در ایستگاه رسوب سنجی مندرجان، در کنترل رسوب تاثیر مهمی داشته‌است. نتایج این بررسی با یافته‌های Parsamehr (۲۰۰۰) و Esmaeili-e-Nameghi and Hasanli (۲۰۰۷) قابل مقایسه است.

جمع‌بندی نهایی حاکی از آن است که اجرای عملیات توأم بیولوژیک و سازه‌ای در زیر حوضه‌های بالادست می‌تواند در کاهش تاثیرات فرسایش آبی و رسوب حمل شده موثرباشد. همچنین ارزیابی اثرات اقدامات مذکور در ارتباط با بررسی‌های .Ahmadi et al (۲۰۰۳) می‌تواند بیانگر نقش مهم این عملیات در کنترل و کاهش مقدار فرسایش و رسوب تولیدی و انتقال آن به پایین دست در حوزه آبخیز مندرجان و مخزن سد زاینده رود باشد.

References

- Ahmadi, H., 1999, Applied geomorphology(volume 1, water erosion), Tehran university publications ,(in Persian).
- Ahmadi, H., Nazari samani, A., Ghoddusi, J. and Ekhtesasi, M., 2003, A model developing for evaluation of watershed management practices, Journal of Iran natural resources, vol. 56, No. 4, pp: 337-349 ,(in Persian).
- Anderson, W., 1975. Relation of reservoir sedimentation to catchment's attributes, landslide potential, geologic fault and predicted density. I' Assosiation Internationale des Sciences Hydrologiques symposium de Tokyo, 75-86.
- Arabkhedri, M. and Zargar, A., 1995, Estimation of sediment yield in Northern Alborz using regression models, Iranian journal of research and developing, No. 21, pp: 22-28 ,(in Persian).
- Brovitskaya, N., Kokorev, A. V., Lemeshko, N. A., 2003. Regional pattern in recent trends in sediment yields of Eurasian and Siberian rivers. Global and Planetary Change, 39: 127- 146
- Brushkeh, A., Sokuti, R. and Arabkhedri, M., 2004, Estimation of sediment yield in upstreams using sediment measurement in sediment storage dams(West Azerbaijan province), First conference on watershed management and water and soil resourced management, Kerman university ,(in Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Esmaeili-e-Nameghi, A. and Hasanli, A. M., 2007, Investigation of sediment storage dams efficiency with loose stone structure in streams in deposition of fine particles(case study: Dorudzan dam basin), Iran, Iranian journal of sciences and techniques of agriculture and natural resources, Vol. 11, No. A ,(in Persian).
- Feiznia, S., 1995, Stone resistance again erosion in various Iran climates, Journal of Iran natural resources, No. 95, pp: 95-112, (in Persian).
- Ghadimi Arusmahale, F. and Sobhani, A., 1999, Determination of statistical distribution of suspended sediment yield in Namak lake basin, Iranian journal of research and developing, No. 44 ,(in Persian).
- Hadley, R.F., R.Lal, C.A. Onstad, D.E, Walling and A. Yair, 1985. Recent development in erosion and sediment yield studies, UNESCO, Paris. 127p.
- Heede, B. H. 1979. Deteriorated watersheds can be restored:A case study. Environ. Manag. 3:271-281.
- Janson, J.M.L., R.B. Painter. 1979. Prediction of sediment yield from climate and topography. Journal of Hydrology, 21: 371-380.
- Khan, M. S., Coulibaly, P., Dibike, Y., 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. Journal of Hydrology, 319: 357-382.
- Ministry of Jihad-e-Keshavarzi, Esfahan province Jihad-e-Keshavarzi organization, 2004, Evaluation studies of watershed management projects in B2 parcel of Zayanderud dam basin ,(in Persian).
- Najafi Nejad, A., 1997, Hand book of watershed management(studies and programming of watershed basins), first edition, publications of Gorgan agriculture and natural resources sciences university ,(in Persian).
- Najafi, A., 2003, Prioritization of Esfahan and Sirjan sub basins in sediment yield using regional analysis, Msc thesis in watershed management, natural resources college, Tarbiat Modarres university ,(in Persian).
- Nasri, M., Feiznia, S., Jafari, M. and Ahmadi, H., 2008, Using field indices of rill and gully in order to erosion estimating and sediment analysis (Case study: Menderjan watershed in Isfahan province, Iran), proceedings of EESD 2008 : "International Conference on Ecosystems, Environment and Sustainable Development" Heidelberg, Germany. Sep. 24-26.
- Parsamehr, M. R., 2000, Investigation of efficiency of control structure in sediment collection, case study: Ghaz mahalleh basin in Kordkuy township, Golestan province, Iran, proceedings of second conference on erosion and sediment, Khorramabad, Lorestan university, pp: 257-264 ,(in Persian).
- Purkhalatbari, M. and Soheili, M., 1997, Investigation of regional suspended sediment yield in Mazandaran province rivers, Bulletin of water resources conditions in Iran country, No. 15, Power ministry, water resources researches organization ,(in Persian).
- Rompaey, A. V., Bazzoffi, P., Jones, R. J.A., Montanarella, L., 2005, Modeling sediment yields in Italian catchments, Journal of Geomorphology, 65: 157–169.
- Rostami, M., Ardeshir, A., Abrishamchi, A., Moradi, M. H. and Arabkhedri , M., 2002, Prediction of suspended sediment yield in ungauged basin in comparison with statistical and fuzzy cluster methods, proceedings of sixth international seminar on river engineering, vol. 1., pp: 9-17, Ahwaz Shahid Chamran university ,(in Persian).
- Soltani, S. and Modarres, R., 2006, Statistical analysis of time series related to suspended sediment yield in Ghale-Shahrokh sediment gauging station, proceedings of seventh international seminar on river engineering, Ahwaz Shahid Chamran university,(in Persian).
- Turner, B.L., Clark, W.C., Kates, R.W., Richards, J.F., Matthews, J.T., Meyer, W.B., 1990, The Earth as Transformed by Human Action. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Vafakhah, M., 2002, Developing mathematic model for estimation of sediment yield in north region of Iran(Mazandaran and Gorgan regions), proceedings of sixth international seminar on river engineering, vol. 1., pp: 147-159, Ahwaz Shahid Chamran university,(in Persian).
- Varvani, J., Feiznia, S., Mahdavi, M. and Arabkhedri, M., 2002, Regional analysis of suspended sediment yield using regression model in Gorganrud river watershed, Journal of Iran natural resources, No. 55, pp: 35-46,(in Persian).
- Verstraeten, G., Poesen, J., De Vente, J., Koninckx, X., 2003, Sediment yield variability in Spain: a quantitative and semiqualitative analysis using reservoir sedimentation rates, Geomorphology, 50: 327–348.
- Walling, D. E., Fang, D., 2003. Recent trends in the suspended sediment loads of the world rivers. Global and Planetary Change, 39: 111-126
- Woodward, J.C., 1995. Pattern of erosion and suspended sediment yield in Mediterranean river basins. In: Gurnal, A.M. and B.W. Webb (Eds), Sediment and water quality in river catchments. John Wiley & Sons Ltd. 365-389.

www.SID.ir

Archive of SID

Statistical Assessment of Sediment Change and the Effective Factors (Case Study: Menderjan Station)

M. Nasri[*1], S. Feiznia[2], M. Jafari[3], H. Ahmadi[4] and S. Soltani[5]

[1] Ph. D. Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, I.R. Iran

[2] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

[3] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. Iran

(Received: 16 November 2008, Accepted: 13 July 2009)

Abstract

Suspended sediment is the major part of total sediments transported by rivers. Suspended sediment measurement is an important issue for erosion and sedimentation, water resources engineering and watershed management studies. The sediment yield of the watersheds is also a major problem of watershed management activities. Statistical analysis of sediment yield is an important method for trend assessment. In this study, sediment yield of Menderjan Watershed for the period of 1979-2004 is considered. Descriptive statistics and trend of observed series (with mean and standard deviation of 59.66 and 348.47 mg/lit, respectively) showed a decreasing trend which is significant at 5% level. However, the cumulative standardized plot shows three different periods with Kendall test values of 0.265, -0.119 and -0.166 which are significant at 1, 5 and 10% levels, respectively. Comparison of three nonparametric tests of mean, variance and distribution functions showed significant difference of mean, standard deviation and frequency distribution for the studied periods. This significant difference, especially for standard deviation, shows the reduction of sediment yield in the third period due to watershed management practices in 7135 hectares area, 174 mechanical structures with 3815 cubic meter volume, and 275232.3 cubic meter sediment storage volume in the basin and its importance.

Keywords: Sediment, Menderjan station, Nonparametric test, Watershed management practices

*Corresponding author: Tel: +98 362 5242048 , Fax: +98 362 5242047 , E-mail: PS_Sepahan@yahoo.com

www.SID.ir