نقش سازه‌های کنترل رواناب و رسوب در حفاظت از منابع آب

حشمت اله آقارضی[۱*]، نادرقلی ابراهیمی[۲]، امیر مرادی نژاد[۳]

۱- مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی
Agharazi_h@yahoo.com

۲- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی
Nebrahimi81@yahoo.com

۳- پژوهشگر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
amir_24619@yahoo.com

چکیده

پرشدن سدها با رسوباتی که از سرشاخه‌های حوزه‌های آبخیز با سیلاب انتقال می یابند از معضلات سدهای ذخیره آب است. سازه‌های کنترل رواناب و رسوب در سرشاخه‌ها، با کنترل پیک سیلاب و استهلاک انرژی آن علاوه براینکه رسوبات در پشت آنها تله اندازی می شوند، تخریب کف و دیواره آبراهه‌ها را کاهش می دهند و بار رسوبی سیلاب کاهش می یابد. دراین راستا در حوزه آبخیز هفتان تفرش با احداث سازه‌های کنترل رواناب و رسوب شامل ۸۴ بند خشکه‌چین، ۸ بند گابیون، ۱۰ بند سنگ و سیمان، ۸ بند خاکی و یک مورد دیوار ساحلی در سال ۱۳۷۲ ساخته و در سال ۱۳۹۲ مورد پایش و ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد رسوب انباشت شده در پشت خشکه جین‌ها، بندهای گابیون،بندهای سنگ و سیمان و بندهای خاکی به ترتیب ۲۵۳۰، ۱۸۹۳۶،۲۸۹۲۲ و ۳۰۰۰۰ متر مکعب بوده. بنابراین با ساخت و نگهداری سازه‌ها در سرشاخه‌ها می توان سلامت سدهای ذخیره آب را تامین نمود.

کلمات کلیدی:خشکه چین، گابیون، بندخاکی،تفرش

مقدمه

فرسایش خاک از مهم‌ترین معضلات زیست محیطی و تولید غذا در جهان است که اثر مخربی بر زیست بوم‌های طبیعی تحت مدیریت انسان دارد. هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، ولی در سال‌های اخیر به دلیل کاربری نامناسب اراضی شدت یافته است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ به‌ویژه اینکه تغییرات اقلیمی و کاهش پیشرونده در نسبت منابع طبیعی به جمعیت انسانی بر این امر تأثیر گذاشته است. رسوبات معلق رودخانه به عنوان مهمترین پیامد فرسایش خاک و انتقال مواد فرساینده به آبراهه‌ها محسوب می‌شود (قورقی و همکاران، ۱۳۹۱) که تغییرات آن در اکثر رودخانه‌ها در ارتباط با تغییرات زیست محیطی نظیر دخل و تصرف اراضی برای توسعه کشاورزی، احداث سدها، تغییر در مسیر رودخانه‌ها و سایر سیستم‌های انتقال آب است (نصری و همکاران، ۱۳۹۰؛ James، ۲۰۰۴؛ Walling، ۲۰۰۸). افزایش غلظت رسوب معلق می‌تواند بر جوامع و محیط زیست تأثیر منفی داشته باشد که از مهمترین آنها می‌توان به کاهش تولیدات کشاورزی، کیفیت پایین‌تر آب، کاهش سطح آب مخازن، سیلاب و تخریب زیست بوم‌ها اشاره کرد (Mouri و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین با توجه به خسارات وارده ناشی از افزایش رسوب‌دهی رودخانه‌ها، برنامه‌های آبخیزداری در مقیاس سطحی (دامنه) و خطی (آبراهه) به منظور کاهش فرسایش خاک، قابل اجرا هستند. در این میان، ارزیابی پروژه در قبل و بعد از اجرا، با توجه به اهداف و اثرات محیطی طرح بر حوزه آبخیز و خارج از آن به منظور بررسی کارایی برنامه‌های آبخیزداری ضروری می‌باشد (قدرتی، ۱۳۸۳).

در کشورهای مختلف به ویژه در ایالات متحده آمریکا، ارزیابی عملکرد طرح‌های آبخیزداری دارای دیرینه بیش از ۶۷ سال است. Ayres (۱۹۳۶) و Bailey (۱۹۳۷) در زمینه تأثیر و پیامدهای اجرایی عملیات فنی و مهندسی حفاظت خاک و آب و کنتور ترانس‌ها نتیجه گرفتند که چنانچه سازه‌های انتخاب شده در تطابق کامل با ویژگی‌های عرصه باشند، موفقیت آنها حتمی است. اما در بسیاری از موارد به دلیل اشتباه در انتخاب نوع سازه، احداث غیر اصولی بدون توجه به مشخصات فنی، عدم تلفیق و ترکیب با اقدامات بیولوژیک و بالاخره عدم حفاظت و نگهداری، چنین اقداماتی نه تنها باعث مهار فرسایش خاک و هدر رفت آن نشده‌اند، بلکه تشدید تخریب و هدر رفت خاک و فراوانی وقوع سیلاب‌های مخرب را به دنبال داشته‌اند. Noble (۱۹۶۳)، Doty (۱۹۷۱)، Satterland (۱۹۸۳) و Hall و Sworth (۱۹۸۷) در تحقیقات خود به این نکته اشاره دارند که موفقیت اقدامات آبخیزداری به دو عامل متناسب بودن سازه‌ها با ویژگی‌های آبخیز و تأثیر آنها در استقرار پوشش گیاهی بستگی دارد. Shieh و همکاران (۲۰۰۷) به منظور بررسی اثر احداث چکدم‌ها، نتیجه گرفتند که تأثیر احداث سازه بر ویژگی‌های جریان در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. Chekol و همکاران (۲۰۰۷) نتیجه گرفتند که برنامه‌های حفاظتی در مقیاس حوزه آبخیز می‌تواند منجر به کاهش رسوب در حدود ۱۰ تا ۷۲٪ شود که بیشترین تأثیر در مورد تراس‌های موازی است. همچنین نتایج تحقیقات Shi و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که اقدامات حفاظت خاک، تلفات خاک درون حوضه‌ای و بار رسوب را کاهش داده است، به‌طوری‌که نسبت تحویل رسوب از ۰/۴۵۴ به ۰/۲۹۵ کاهش یافته است.

در ایران نیز در ۵۰ سال اخیر تنوع عملیات آبخیزداری در مقیاس سطحی (دامنه) و خطی (آبراهه و رودخانه) انجام گرفته است؛ اما غالباً به موضوع ارزیابی توزیع مکانی آنها کمتر توجه شده است. نتایج تحقیقات احمدی و همکاران (۱۳۸۲) نشان داد که وضعیت پیشنهادی برنامه و نبود ارزیابی اقتصادی، از مهم‌ترین عوامل موثر در عمل‌کرد پروژه هستند. صادقی و همکاران (۱۳۸۴) با ارزیابی عمل‌کرد اقدامات آبخیزداری در منطقه کشار در حوزه آبخیز کن نشان دادند که تقلیل فراوانی سیل و گل آلودگی آب به ترتیب ۹۰/۳٪ و ۹۶٪ موثر بوده است. پاره‌کار (۱۳۹۱) با ارزیابی تاثیر عملیات آبخیزداری انجام شده در سال ۱۳۷۰ شمسی در حوزه آبخیز بارده نتیجه گرفت که میزان رسوب ویژه به طور متوسط ۶/۳ درصد کاهش یافته است. رحیمی و همکاران (۱۳۹۱) با ارزیابی اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز دژکرد استان فارس نتیجه گرفتند که با ایجاد تعاونی آبخیزداری و اجرای فن‌آوری‌های متنوع حفاظت آب و خاک نظیر کشت درختان مثمر بادام و سیب به جای کشت دیم گندم و جو بر روی تپه‌های با شیب ۸ تا ۳۰ درصد، کنترل انواع فرسایش با روش‌های بیولوژیک و سازه‌ای و همچنین توانمندسازی مردم روستایی از سال ۱۳۷۷، پروژه آبخیزداری از موفقیت قابل قبولی برخوردار شده است. از نظر پادیاب و فیض‌نیا (۱۳۹۱) نیز بایستی با شناسائی مناطق با واحدهای زمین‌شناسی حساس، عملیات حفاظتی را در این مناطق به اجرا در آورد.

با توجه به نتایج سوابق تحقیق، هدف بیشتر محققین بررسی اثر اقدامات آبخیزداری بر کاهش فرسایش و رسوب و پتانسیل سیل‌خیزی در خروجی حوزه آبخیز بوده است. این در حالی است که ارزیابی توزیع مکانی عملیات آبخیزداری در بیشتر این تحقیقات نادیده گرفته

شده است. با توجه به اینکه اجرای طرح‌های آبخیزداری مستلزم صرف مبالغ قابل‌توجهی اعتبار می‌باشد، لذا بایستی این عملیات بر اساس اولویت‌بندی مناطق بحرانی از نظر شدت فرسایش به اجرا در آید. این شناسایی و اولویت‌بندی، ضمن تعیین ارائه الگوی اصلاحی- تکمیلی برنامه‌های آبخیزداری، منجر به مدیریت در هزینه و همچنین افزایش کارایی پروژه خواهد شد. در این تحقیق به منظور بررسی دقیق‌تر ارزیابی عملیات آبخیزداری، حوزه آبخیز هفتان انتخاب شد که به دلیل تنوع و تعدد عملیات اصلاحی در مقیاس دامنه و آبراهه و نیز عمر ۱۸ ساله پروژه، شرایط انجام تحقیق وجود دارد.

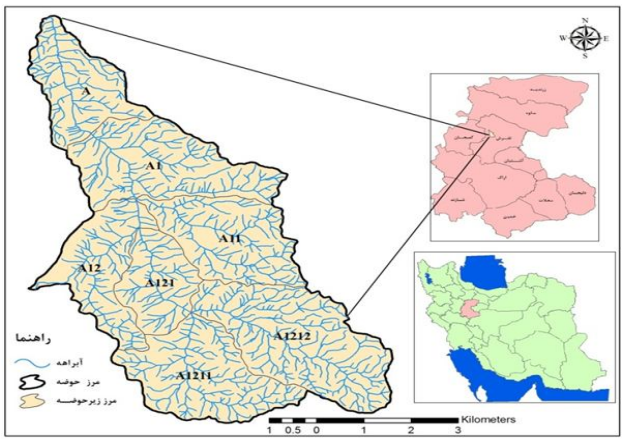
مواد و روش‌ها

الف – منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز هفتان با مساحت ۴۰/۶۷ کیلومتر مربع، از نظر مختصات جغرافیایی در استان مرکزی و از لحاظ تقسیمات استانی در بخش مرکزی شهرستان تفرش قرار دارد. این حوضه یکی از سرشاخه‌های رودخانه قره‌چای می‌باشد که با توجه به اتصال شبکه‌های جریان به هفت زیرحوضه تجمعی تقسیم شده است (شکل ۱). با توجه به داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک تفرش (۲۰۱۰-۲۰۰۰)، متوسط بارندگی سالانه ۳۰۴ میلیمتر و دمای متوسط سالانه ۱۰/۶ درجه سانتیگراد می‌باشد. بیشتر سطح حوضه از شیب بالای ۲۰ درصد برخوردار است که با توجه به نوع اقلیم، یک منطقه کوهستانی محسوب می‌شود. بیش از ۸۴ درصد حوضه مرتعی بوده که ۳۵ درصد آن توده سنگی و پر شیب است. با توجه به ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ فرمهین (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۸۵)، سنگ‌های مربوط به ائوسن بیشترین رخنمون را در منطقه مورد مطالعه دارند و بخش کمی نیز شامل مارن همراه با سنگ‌آهک ماسه‌ای، سنگ‌آهک‌مارنی، ماسه‌سنگ و شیل و همچنین آبرفت‌های کنار رودخانه‌ای می‌باشد. در حوزه آبخیز هفتان تفرش در سال‌های ۷۴-۱۳۷۱ تنوعی از عملیات بیومکانیکی به اجرا در آمده است که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است.

ب- روش کار

حوزه آبخیز هفتان به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. عملیات مکانیکی در سرشاخه‌ها، خشکه چین و در مسیر آبراهه‌های اصلی، سدهای اصلاحی شامل گابیون، سنگی ملاتی، بند خاکی، تورکینست و دیوار ساحلی احداث شده اند. با استفاده از GPS موقعیت و سطوح عملیات اجرایی مشخص شد و نقشه آن در GIS10 تهیه گردید. به منظور شناخت بیشتر از مشخصات عملیات آبخیزداری، با استناد به مطالعات پایه حوزه هفتان (مدیریت آبخیزداری جهاد سازندگی استان مرکزی، ۱۳۷۱) و همچنین اندازه گیری‌های صحرایی، ابعاد و احجام عملیات آبخیزداری مشخص شد. پس از محاسبه مشخصات هندسی بندهای اصلاحی در مسیر آبراهه‌های اصلی و فرعی، با استفاده از روش شبکه بندی اقدام به محاسبه رسوب مخزن هر یک از سازه‌ها شد. بدین منظور، با تقسیم بندی سطح رسوب مخزن به پیکسل‌های ۵×۵ و ۱۰×۱۰، و با ایجاد گمانه در هر پیکسل، ضمن تعیین ضخامت رسوب، حجم رسوب پشت سازه تعیین شد(شکل۲) .



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز هفتان و زیرحوضه‌های آن

جدول ۱- مشخصات عملیات آبخیزداری در حوزه آبخیز هفتان

نوع عملیات	تعداد/ مساحت (هکتار)
گابیون	۴۸
خشکه چین	۸۴
بند خاکی	۸
سنگ و سیمان	۱۰
بانکت توأم با بادامکاری	۱۰۱

نتایج

باتوجه به نقشه و بررسی‌های ۸۴ صحرایی سازه خشکه چین مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. بندهای اصلاحی خشکه‌چین از چیدن تخته سنگ‌ها روی هم و در عرض آبراهه ساخته می‌شوند. هدف اصلی این بندها کنترل فرسایش در طول آبراهه و متوقف کردن فرسایش آبشاری با تثبیت کردن پیشانی آبراهه است در این بررسی حجم رسوب مخزن آن‌ها ۲۵۳۰ مترمکعب بدست آمده است. شکل (۲) نمایی از خشکه چین را نشان می‌دهد.

شکل ۲- نمایی از خشکه چین در حوضه هفتان

در این حوضه تعداد ۴۸ بند گابیون مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.رسوب انباشت شده در انها ۲۸۹۲۲ مترمکعب بدست آمد. این سازه‌ها همانند سد عمل کرده و آب را در خود ذخیره می‌کنند به همین علت مخازن این سازه‌ها محیط مناسبی برای کشت انواع درختان خصوصاً انواع مثمر ایجاد کرده است که می‌تواند به لحاظ اشتغال‌زایی مهم باشد. شکل (۳) نمایی از گابیون در ابراهه اصلی را نشان می دهد.

شکل ۳- نمایی از گابیون در ابراهه اصلی

تعداد بندهای سنگ وسیمان حوضه ۱۰ عدد بوده و رسوب مخزن آنها ۱۸۹۳۶ متر مکعب برآوردشده است. در حوضه سازه‌های سنگ و سیمان بعد از بندهای گابیونی احداث می شوند که هدف ساخت آن‌ها جمع‌آوری هرزآب‌ها به منظور استفاده در بخش کشاورزی می‌باشد. شکل (۴) نمایی از بند سنگ و سیمان ساخته شده در حوضه هفتان است.

شکل۴- نمایی از بند سنگ وسیمان ساخته شده در حوضه هفتان

در حوضه هفتان ۱۰ بند خاکی ساخته شده که در این مدت ۳۰۰۰۰ مترمکعب رسوب در آنها تجمع یافته است. بندهای خاکی سازه‌های کوچکی هستند که در عرض آبراهه ساخته می‌شوند. هدف اصلی از ایجاد بند خاکی حفظ آب است تا به مرور زمان در زمین نفوذ کند.

شکل(۵) نمایی از بند خاکی و رسوبات آن

نتیجه‌گیری

در نهایت عملیات آبخیزداری منجر به این شده تا تله اندازی رسوب حدود ۰/۹۸ تن در هکتار باشد و درصد تله‌اندازی رسوب از عملیات آبخیزداری ۴۲/۷۴ باشد. با این بررسی‌ها، نتایج آزمون T-test زوجی نشان داد که بین مقادیر رسوبدهی قبل و بعد عملیات آبخیزداری در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی دار وجود دارد. اما مقادیر رسوبدهی در مقیاس زیرحوضه ای اختلاف معنی‌دار را نشان نداد. این نتایج نشان داد که بیشترین تأثیر مربوط به زیرحوضه‌های بالادست بوده است که تنوع عملیات حفاظتی در سطح دامنه‌ها و آبراهه‌ها برخوردار بوده اند. با این حال منتجه عملیات آبخیزداری منجر به این شده تا رسوبدهی کل حوزه آبخیز هفتان کاهش یابد.

در انتها می توان نتیجه گیری این تحقیق را در سه مورد ذیل بیان کرد:

- بیشتر سازه‌های اصلاحی در مسیر آبراهه‌ها از رسوب پر شده و توانسته اند شیب آبراهه را نسبت به شرایط قبل از عملیات آبخیزداری کاهش دهند. همچنین بررسی‌ها نشان داد که در برخی سازه‌های گابیونی و خشکه چین، تخریب‌هایی همانند واژگونی و زیرشویی اتفاق افتاده است که نیاز به تعمیر دارند.
- عملیات آبخیزداری بیومکانیکی در سطح دامنه‌های بالادست حوضه شامل بانکت توأم با بادامکاری بخوبی توانسته با تقویت پوشش گیاهی و ایجاد عوارض میکروتوپوگرافی، ضمن افزایش فرصت نفوذ رواناب، فرسایش و رسوب را کاهش دهد.
- در اثر اجرای عملیات آبخیزداری، کلاس رسوبدهی حوزه آبخیز هفتان به سمت مقادیر پایین تغییر کرده است که در نهایت منجر به این شده تا متوسط رسوبدهی کل حوضه ۴/۱ درصد کاهش یابد.

منابع

احمدی، ح، نظری سامانی، ع ا، قدوسی، ج و اختصاصی، م ر. ۱۳۸۲. ارایه مدلی برای ارزیابی طرح‌های آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴، صفحه ۳۵۱-۳۳۷.

پادیاب، م و فیض‌نیا، س. ۱۳۹۱. تعیین نقش سازندهای مختلف زمین‌شناسی حوزه آبخیز بالادست عرصه پخش سیلاب گچساران در تولید رسوب. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۵، شماره ۴، صفحه ۴۸۲-۴۷۳.

پاره‌کار، م. ۱۳۹۱. ارزیابی تاثیر عملیات آبخیزداری در حوضه آبخیز بارده (چکیده). پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، شماره ثبت: ۴۱۹۸.

رحیمی، م، صوفی، م و احمدی، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی اقدامات آبخیزداری با استفاده از برنامه WOCAT در حوزه آبخیز دژکرد استان فارس، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۶، شماره ۱، صفحه ۱۰-۱.

رفاهی، ح. ۱۳۷۸. فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ صفحه.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی. ۱۳۸۵. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، پهنه فرمهین.

صادقی، س ح ر، فروتن، ا و شریفی، ف. ۱۳۸۴. ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری به روش کیفی (مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز کن). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۹، صفحه ۴۷-۳۷.

صادقی، س ح ر، نور، ح، فضلی، س و رییسی، م ب. ۱۳۹۰. تخمین رسوب رگبار بر اساس متغیرهای بارش و رواناب در حوزه آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس. مجله دانش آب و خاک، جلد ۲۱، شماره ۲، صفحه ۱۵۸-۱۴۹.

قدرتی، ع ر. ۱۳۸۳. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی ارزیابی نتایج عملیات آبخیزداری در پشت سد سفیدرود. پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری، ۷۹ صفحه.

قورقی، ج ه، حبیب‌نژاد، م، وهاب‌زاده، ق، و خالدی درویشان، ع. ۱۳۹۱. کارآیی روش‌های مختلف تفکیک داده در افزایش دقت و صحت منحنی‌سنجه رسوب؛ مطالعه موردی بخشی از حوزه آبخیز سفیدرود. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال۲، شماره ۷، ص ۹۷-۱۱۱.

محمدی گلرنگ، ب، مشایخی م و حبیبی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی اقتصادی آبشکن‌های احداث شده بر روی رودخانه لار (استان تهران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۵، صفحه ۱۳۸-۱۱۴.

مدیریت آبخیزداری جهاد سازندگی استان مرکزی، ۱۳۷۱، گزارشات تفصیلی- اجرایی حوزه آبخیز هفتان.

نصری، م، فیض‌نیا، س، جعفری، م، احمدی، ح و سلطانی، س. ۱۳۹۰. بررسی آماری تغییرات رسوب معلق و تحلیل عوامل موثر (مطالعه موردی: ایستگاه مندرجان)، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۴، شماره ۱، صفحه ۹۵-۱۰۶.

Chekol, D.A., Tischbein, B., Eggers, H. and Vlek, P. 2007. Application of SWAT for assessment of spatial distribution of water resources and analyzing impact of different land management practices on soil erosion in Upper Awash River Basin watershed. Catchment and Lake Research, 110-117.

Doty, R.D. 1971. Contour trenching effects on stream flow from a Utah watershed, USDA. Forest Service Res. Paper INT, 98. Int. Forest and Range Exp. Sta.

Hall, E. and sworth, G. 1987. Anatomy, physiology and physiology of erosion. John Wiley & Sons. New York, N.V

James, L.A. 2004. Decreasing sediment yields in northern California: vestiges of hydraulic gold-mining and reservoir trapping. Sediment Transfer through the Fluvial System (Proceedings of the Moscow Symposium), IAHS Publ. 288, 10 p.

Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Takizawa, S., Oguma, K., Yoshimura, K., Shiiba, M., Hori, T. and Oki, T. 2013. Assessment of potential suspended sediment yield in Japan in the 21st century with reference to the general circulation model climate change scenarios. Global and Planetary Change, 102:1-9.

Noble, E. L. 1963. Sediment reduction through watershed rehabilitation. Interagency Sedimentation Conf. 29 P.U.S. Forest and Game.

Satterland, J.B. 1962. Soil Conservation Service. 1962. Engineering field manual for conservation practices. Section 2-10.

Shi, Z.H., Ai, L., Fang b, N.F. and Zhu, H.D. 2012. Modeling the impacts of integrated small watershed management on soil erosion and sediment delivery: A case study in the Three Gorges Area, China. Journal of Hydrology 438–439:156–167.

Shieh, Ch. L., Guh, Y.R., Wang, Sh. O. 2007. The application of range of variability approach to the assessment of a check dam on river in habitat alteration. Environ Geol. 52:427- 435.

Walling, D. E. 2008. The changing sediment loads of the world's rivers. Land Reclamation, 39: 3–20.