بررسی عملکرد سدهای اصلاحی آبخیزداری در مهار کردن رسوب (مطالعه‌ی موردی : حوضه‌های آبخیز شهرستان‌های اقلید، مرودشت و ممسنی استان فارس)

سیده سمیه دبیری*[۱]، مجید صوفی[۲]، ناصر طالب‌بیدختی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۱۸

چکیده

آب و خاک از مهمترین منابع طبیعی هستند که نقش بسیار عمده‌ای را در زندگی انسان دارا می‌باشند. عاملی که همزمان این دو منبع مهم و حیاتی را مورد تهدید جدی قرار می‌دهد، فرسایش خاک و رسوب‌زایی ناشی از آن می‌باشد. سدهای اصلاحی[۴] یا سدهای رسوبگیر سازه‌های کوچکی می‌باشند که با کاهش شیب آبراهه‌ها و کاستن سرعت جریان آب منجر به مهار کردن رسوب و کاهش فرسایش در آبراهه‌ها می‌شوند. این سازه‌ها یکی از ابزارهای اصلی در فعالیتهای آبخیزداری به منظور حفظ آب و خاک به‌شمار روند که در سالهای اخیر در سطح گسترده‌ای به وسیله ی دستگاههای اجرایی مورد استفاده قرار گرفته و بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به‌خود اختصاص داده اند، اما به‌رغم همه‌ی تلاشها و سرمایه‌گذاریها در این بخش، مشکلات اصلی، یعنی فرسایش و تخریب منابع طبیعی همچنان رو به افزایش است. این تحقیق با هدف بررسی سدهای اصلاحی اجرا شده در شهرستانهای اقلید، مرودشت و ممسنی استان فارس، به منظور تعیین عملکرد آن‌ها در مهار کردن رسوب، شناسایی نقاط قوت و ضعف، تجربه‌اندوزی و به کارگیری آن در طرحهای آتی، انجام شده است. در این تحقیق به منظور بررسی عملکرد سدهای اصلاحی اجرا شده در مهار کردن رسوب، ظرفیت رسوبگیری اولیه و حجم رسوبات ترسیب‌شده در پشت سدهای اصلاحی موجود در حوضه‌های آبخیز طویله‌بند (شهرستان اقلید)، تنگ شول (شهرستان مرودشت) و جونگان (شهرستان ممسنی) استان فارس، با استفاده از روش اندازه‌گیری مستقیم و روابط تجربی متداول تخمین زده شد. همچنین میزان رسوب تولیدی هر حوضه در شرایط بدون اجرای سدهای اصلاحی به روش تجربی پسیاک اصلاح شده[۵] برآورد گردید. در نهایت، با تحلیل نتایج به دست آمده، موفقیت طرحها در مهار کردن رسوب بررسی گردید. نتایج تحقیق نشان دادند که سدهای اصلاحی در مهار کردن رسوب موثر می‌باشند، بطوری‌که در حوضه‌های طویله‌بند و تنگ‌شول، ابتدا حجم قابل ملاحظه‌ای از رسوب در پشت سدهای اصلاحی به تله افتاده، اما به تدریج با تخریب سدهای اصلاحی، بخشی از رسوب یا تمامی رسوب به تله افتاده تخلیه شده است. همچنین، به دلیل تخریبهای رخ داده، و عدم رعایت برخی نکات فنی در احداث سدهای اصلاحی (عدم رعایت فاصله و تعداد بهینه)، تمامی حجم رسوبگیری سدها به عنوان حجم مورد استفاده در مهار کردن رسوب مورد استفاده قرار نگرفته است. بطورکلی در حدود ۹۰ درصد از سدهای اصلاحی حوضه-های طویله‌بند و تنگ‌شول در مهار کردن رسوب شرکت داشته، اما با توجه به وضعیت ظاهری سدهای اصلاحی این دو حوضه، در صورت عدم تغییر در وضعیت موجود و تخریب بیشتر سدهای اصلاحی، رسوبات جمع‌شده در پشت آنها به‌تدریج جابه‌جا گردیده و از دسترس خارج خواهند شد. با توجه به سلامت سدهای اصلاحی حوضه‌ی جونگان، و شرکت ۱۰۰ درصد سدهای اصلاحی این حوضه در مهار کردن رسوب، انتظار می‌رود در سالهای آینده، رسوب بیشتری به وسیله‌ی سدهای اصلاحی موجود مهار گردد. از راهکارهای نگهداشت رسوبات ترسیب شده در پشت سدهای اصلاحی موجود، اجرای طرحهای زیستی، و تعمیر و نگهداری از طرحهای اجرا شده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی، بررسی میدانی، سدهای اصلاحی، طرحهای آبخیزداری، ، مهار کردن رسوب.

---

[۱]. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی ارسنجان،

[۲]. عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

[۳]. استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه شیراز

*- نویسنده مسئول: Dabiri_somayeh@yahoo.com

[4]. Check dam

[5]. MPSIAC: Modify Pasific Southwest Inter Agancy Committee

مقدمه

فعالیتهای آبخیزداری با هدف حفاظت منابع آب و خاک، کاهش فرسایش، مهار کردن سیلاب و بهبود سطح زندگی و معیشت آبخیزنشینان با قدمت بیش از چهار دهه در کشور ایران در حال اجرا است (حشمت پور،۱۳۸۱). سدهای اصلاحی یکی از ابزارهای مورد استفاده در فعالی‌های آبخیزداری می‌باشند که به منظور اصلاح آبراهه‌ها و آبکندها، مورد استفاده قرار می‌گیرند (نجفی‌نژاد، ۱۳۷۶). بنا به تعریف، سد اصلاحی[1] سد کوتاهی است که در مسیر جریان آبراهه‌ها به‌منظور کاهش شیب آبراهه‌ها، کاهش سرعت جریان، مهار کردن فرسایش، ایجاد شرایط مناسب برای رسوب‌گذاری و تثبیت بستر استفاده می‌شود. این سازه‌ها در سال‌های اخیر، در سطح گسترده‌ای به وسیله‌ی دستگاه‌های اجرایی کشور مورد استفاده قرار گرفته و بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به خود اختصاص داده اند (محمدی گلرنگ و همکاران،۱۳۸۴)، اما به‌رغم همه تلاشها و سرمایه-گذاریهای سنگین در این بخش، مشکلات اصلی، یعنی فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی همچنان رو به افزایش است، و به نظر می‌رسد تلاشهای انجام شده در کل ناموفق و غیرمؤثر بوده‌اند (احمدی و همکاران،۱۳۸۲). سدهای اصلاحی همانند هر طرح عمرانی، در ترکیب با سایر فراسنجهای محیطی بازخورهای مثبت و منفی غیرقابل پیش‌بینی متعددی را به‌وجود می‌آورند. لذا می‌بایستی تأثیرات مثبت و منفی و بازخورهای مرتبط شناسایی شده و روشهای مقابله با بازخورهای منفی آنها تدوین گردد (محمدی‌گلرنگ و همکاران، ۱۳۸۴). به جرأت می‌توان گفت که هر چند طرحها و بررسیها، ازنظر کمی افزایش یافته‌اند ولی از نظر کیفی نیاز به یک بازنگری دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲)؛ لذا، بررسی عملکرد و اثرات سدهای اصلاحی اجرا شده در حوضه‌های آبخیز کشور جهت شناسایی نقاط قوت و ضعف آنها و استخراج مناسبترین روشهای آبخیزداری برای حفاظت و اصلاح حوضه‌های آبخیز مشابه، ضروری می‌باشد.

تحقیقات پرشماری در خصوص عملکرد سدهای اصلاحی در مهار کردن رسوب انجام شده‌اند که نشان می‌دهند سدهای اصلاحی یکی از مؤثرترین راهکارهای کاهش فرسایش، مهار کردن رسوب (بخصوص رسوبات درشت‌دانه) در حوضه‌های آبخیز می‌باشند، بطوری‌که با اجرای عملیات آبخیزداری در زیرحوضه‌های آبخیز سد زاینده‌رود، میزان رسوبدهی ویژه بیش از ۴ برابر کاهش یافته و اجرای عملیات آبخیزداری در این زیرحوضه ارزش افزوده‌ای بیش از ۴۰۰ درصد دارد (شاکری و سادات‌کیا، ۱۳۸۱). سدهای اصلاحی توری سنگی، تنها در مورد بار کف آبراهه تأثیر داشته، و برای کاهش بار معلق آبراهه کارایی زیادی ندارد (فرازجو و خلیل‌زاده، ۱۳۸۱). حجم ۲۰ سازه‌ی توری سنگی اجرا شده در حوضه‌ی کوهمیان استان گلستان تقریبا به اندازه ۵۰ درصد کاهش یافته که نشان دهنده‌ی عملکرد مطلوب این سازه‌ها در تله‌اندازی رسوب می‌باشد (طائی‌سمیرمی و وفاخواه،۱۳۹۱). سدهای اصلاحی لاستیکی، شیب متوسط آبکند و انتقال رسوب را به ترتیب به مقدار ۸ و ۱۲/۷ درصد کاهش در شمال تایوان داده اند (توان، ۱۹۸۸). در طول دو سال، ۶ سازه‌ی احداث شده در حوضه‌ی بونگا در هند حدود ۵۰ درصد یا بیشتر از ظرفیت‌شان را به خاطر رسوب‌گذاری از دست دادند و ۲۳۰۰ مترمکعب رسوب در نهر آنها به جای مانده است که در غیر این صورت باعث کاهش ظرفیت ذخیره سد مخزنی پایین دست می‌گردید (گول و همکاران، ۱۹۹۶). در آب‌وهوای خشک و خاک بی‌حاصل دشت باد رفتی در چین، سامانه‌ی سدهای اصلاحی در آبکندها از مؤثرترین راههای حفاظت از خاک این دشت است (زیانگ‌چو و همکاران، ۲۰۰۴). سدهای اصلاحی مؤثرترین روش برای کاهش سریع رسوبات دانه درشت وارد شده به رود زرد هستند (ران و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین، انجام عملیات زیستی در بالا دست سدهای اصلاحی باعث تثبیت رسوبات انباشته شده گردیده، و پایداری آنها را افزایش می‌دهد. مجموع عملیات ساختمانی و زیستی نقش مهمی را در افزایش پوشش گیاهی و کاهش قدرت سیلاب داشته و سبب کاهش فرسایش خاک و مهار کردن رسوب خروجی حوزه‌های آبخیز می‌شود (قدیمی عروس‌محله، ۱۳۸۴). البته در این

[1]- Check dam

میان نیز مواردی درخصوص نقص در عملکرد سدهای اصلاحی در مهار رسوب و تثبیت نیمرخ آبراهه به سبب نواقص موجود در مراحل طراحی، اجرا و نگهداری و بهره‌برداری از آنها بعد از اجرا گزارش شده‌است. نتایج بررسیها در مورد سدهای اصلاحی خشکه‌چین در شمال استان فارس، نشانگر عملکرد نه چندان خوب این نوع سدها در ترسیب رسوبهای دانه‌ریز است (اسماعیلی‌نامقی و حسن‌لی، ۱۳۸۶). در تعدادی از زیرحوضه‌های استان یزد نیز، به دلیل انتخاب نامناسب شیب حد، سدهای اصلاحی بالادست در رسوبهای پشت سدهای اصلاحی پایین‌دست مدفون گردیده اند. چنانچه فاصله‌ی سدهای اصلاحی موجود براساس شیب حد انتخاب می‌گردید می‌توانست منجر به کاهش هزینه‌های احداث سدهای اصلاحی در مناطق مورد مطالعه گردد (پیری اردکانی، ۱۳۷۹). بیشتر سدهای اصلاحی احداث شده در سال ۱۹۸۰ در حوضه‌ی روگاتیو اسپانیا به دلیل عدم اجرای طرحهای زیستی، مقدار زیادی از کارایی خود را در به‌دام انداختن رسوب از دست داده‌اند و فرسایش دیواره‌ای در بالادست سدها شروع شده، ساختار آنها تدریجا از بین رفته، و رسوبهای باقی‌مانده در طول ۳۰ سال گذشته درحال جابه‌جایی‌اند (بوکس‌فایوس و همکاران، ۲۰۰۷). در اجرای عملیات آبخیزداری فراسنجهای زیادی باعث می‌شوند که هزینه انجام شده از بین رفته، و در نتیجه خسارات سنگین تحمیل گردد. اقدامات نادرست کاربرد سازه‌های مهندسی آبخیزداری در حوضه‌ی آبخیز لفور بابلرود منجر به افزایش میزان گل آلودگی رود بین ۲۰ تا ۴۰ درصد و افزایش هزینه بین ۳۰ تا ۵۰ درصد شده است (غلامی، ۱۳۹۱).

بطورکلی، عملکرد سدهای اصلاحی در شرایط مختلف، متفاوت بوده و نمی‌توان به‌صرف تأثیر مثبت اجرای سدهای اصلاحی در یک منطقه، تأثیر آن را برای مناطق دیگر یکسان فرض نمود. در این تحقیق، با هدف تجربه اندوزی و به کارگیری نتایج به‌دست‌آمده در طرحهای آتی مشابه، عملکرد سدهای اصلاحی احداث شده در حوضه‌های آبخیز طویله‌بند، تنگ‌شول و جونگان به‌ترتیب واقع در شهرستانهای اقلید، مرودشت و ممسنی استان فارس، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

خصوصیات مناطق مورد مطالعه

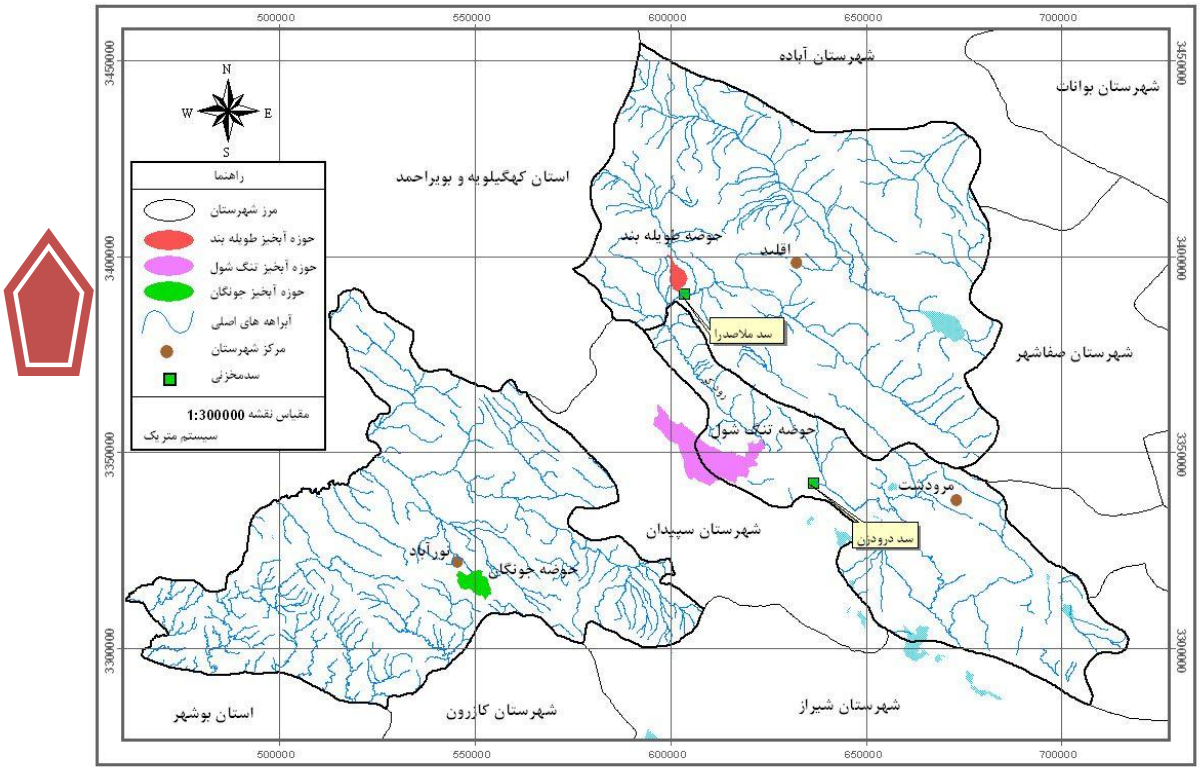
حوضه‌های طویله‌بند (شهرستان اقلید)، تنگ‌شول (شهرستان مرودشت)، و جونگان (شهرستان ممسنی) با وسعتهایی معادل ۲۴/۲ ، ۲۰۴/۴ و ۱۸/۸ کیلومترمربع در شمال و غرب استان فارس واقع شده‌اند (دبیری، ۱۳۹۱). حوضه‌های طویله‌بند و تنگ‌شول از سرچشمه‌های رود کر و جزیی از حوضه‌ی سد درودزن[1]، و حوضه‌ی جونگان از سرچشمه‌های رود زهره و جزیی از حوضه‌ی سد چم‌شیر[2] می‌باشد (دبیری، ۱۳۹۱). متوسط ارتفاع حوضه‌های طویله‌بند، تنگ‌شول و جونگان به ترتیب برابر با ۲۱۷۸، ۲۰۶۵ و ۱۵۲۵ متر، و مقدار بارش حوضه‌ها بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلیمتر در سال در نوسان می‌باشد. اشکال فرسایشی مشاهده شده در این حوضه‌ها شامل سطحی، شیاری، آبراهه‌ای، خندقی و کناره‌ای می‌باشد (مهندسین مشاور پوراب اهواز، ۱۳۹۰. مهندسین مشاور حاسب کرجی، ۱۳۸۶. مهندسین مشاور آبسار فارس، ۱۳۸۶. معاونت آبخیزداری استان فارس، ۱۳۷۵). در حدود ۱۰۵۶ سد اصلاحی از نوع خشکه‌چین، توری سنگی، چپری و سنگی‌ملاتی در بین سالهای ۱۳۸۰ الی ۱۳۸۵ بر روی آبراهه‌های اصلی و فرعی این حوضه‌ها اجرا شده است (دبیری، ۱۳۹۱). موقعیت جغرافیایی هر یک از

---

[1]. سد درودزن در سال ۱۳۵۱ در محلی به همین نام واقع در ۶۵ کیلومتری شمال غربی شهر شیراز ساخته شده است. نوع سد، خاکی با پوشش سنگ و سرریز بتونی است.ارتفاع سد ۶۰ و طول تاج آن ۷۰۰ متر بوده و ظرفیت مخزن دریاچه پشت سد حدود ۹۹۳ میلیون مترمکعب است. سطح زیر کشت ۴۲۰۰۰ هکتار و میزان آبی که به وسیله‌ی سد تنظیم می‌شود حدود ۶۳۵ میلیون متر مکعب می‌باشد.

[2]. این سد در مختصات جغرافیایی عرض ۴۸۷۴۰۴ متر و طول ۳۳۳۹۰۱۵ متر با ارتفاع ۱۵۵متر، طول تاج ۵۸۰ متر و مخزنی به حجم ۱ میلیارد و ۸۰۰ میلیون مترمکعب، بر روی رود "زهره" در استان کهگیلویه و بویراحمد در حال احداث است. این سد بیش از ۱۱۰هزار هکتار از اراضی زراعی در استانهای کهگیلویه و بویراحمد، فارس، خوزستان و بوشهر را آبیاری می‌کند. همچنین، این سد در آینده آب شرب میلیونها نفر را تامین و نیازهای آبی صنعت را نیز برآورده می‌کند.

حوضه‌های آبخیز مـورد مطالعـه در شهرسـتان، در شـکل شماره (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه در شهرستان‌های اقلید، مرودشت و ممسنی (دبیری، ۱۳۹۱).

روش کار

هدف اصلی ایجـاد سـدهای اصـلاحی متـوالی در حوضه‌های طویله‌بند، تنگ‌شول و جونگان تثبیت نیمـرخ طولی و عرضی آبراهـه، نگهداشـتن رسـوب در حوضـه، و جلوگیری از حمل رسوب بـه وسـیله‌ی آب از حوضـه بـه دریاچه‌ی سدهای مخزنی درودزن و چم‌شیر می‌باشد. به‌منظور بررسی عملکرد سدهای اصلاحی اجرا شده در مهار کردن رسوب خروجی حوضه‌هـای آبخیـز مـورد مطالعـه، میزان رسـوب خروجـی از هـر حوضـه در شـرایط بـدون اجرای سدهای اصلاحی به روش تجربـی پسـیاک اصـلاح شده بـرآورد گردیـد. علـت اسـتفاده از ایـن روش نبـودن ایستگاه رسوب‌سنجی در خروجی حوضـه‌هـای مطالعـاتی می‌باشد. این شبیه از کارآمدترین روشهای برآورد رسوب و فرسایش حوضه‌هـای آبخیـز در ایـران اسـت (احمـدی، ۱۳۷۴). در این روش، بیشترین و مهمترین عوامـل مـؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب به شرح جـدول شـماره (۱) در محاسبات وارد مـی‌گردنـد. جهـت بـرآورد میـزان رسوب تولیدی هر حوضه، مقادیر و امتیـازات مربـوط بـه فراسنجهای مربوط به ۹ عامل ارائه شده در جدول شماره (۱) به کمک معادلات ارائه شده و به روش وزنی به شـرح زیرمحاسبه گردیدند:

۱. عامل زمین شناسی سطحی: جهـت تعیـین امتیـاز مربوط به عامل زمین‌شناسی، ابتدا اقدام به تهیه‌ی نقشـه زمین‌شناسی حوضه گردید. سپس بـا اسـتفاده از جـدول طبقه‌بندی حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی در اقلـیم‌هـای مختلـف (فـیض‌نیـا، ۱۳۷۴) و بازدیـدهای میدانی، امتیاز مربوط به حساسیت به فرسایش هر یـک از سازندهای زمین‌شناسی حوضه تعیین، و در نهایت امتیـاز این عامل به روش وزنی برای هر حوضه برآورد گردید.

۲. عامل خاک: جهت برآورد امتیـاز عامـل خـاک، ابتـدا نقشه مربوط به واحدهای اراضی حوضه تهیـه و در ادامـه اقدام بـه نمونـه‌بـرداری از خـاک سـطحی در هـر یـک از واحدهای اراضی گردید. سـپس بـه‌منظـور تعیـین بافـت

خاک نمونه‌های تهیه شده، آزمایشهای دانه‌بندی آنها انجام شد و بافت خاک سطحی مشخص گردید. در نهایت، مقادیر K برای هر واحد اراضی با استفاده از جدول شماره (۲) تعیین، و در اندازه‌ی K برای هر حوضه به‌صورت وزنی تعیین گردید.

۳. عامل آب و هوا: به‌منظور تعیین امتیاز این عامل، مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره‌ی بازگشت ۲ سال بر حسب میلیمتر براساس منحنیهای شدت- مدت- فراوانی[1] هر حوضه برآورد شد، و با استفاده از معادله‌ی ارائه شده در ردیف ۳ جدول شماره (۱)، امتیاز این عامل برای هر حوضه محاسبه گردید.

۴. عامل رواناب: جهت تعیین امتیاز این عامل نیاز به برآورد ۲ عامل ارتفاع رواناب بر حسب میلی‌متر و بده‌ی ویژه اوج بر حسب مترمکعب بر ثانیه در کیلومترمربع می‌باشد. با توجه به نبودن ایستگاه آبسنجی در پایین-دست حوضه‌های مطالعاتی فراسنجهای مذکور با کاربرد روشهای تجربی برآورد گردید. ارتفاع رواناب با روش پیشنهادی سازمان حفاظت منابع طبیعی آمریکا[2] و حداکثر بده‌ی سیلابها با کاربرد روش آب‌نگار واحد مصنوعی سازمان حفاظت منابع طبیعی آمریکا برآورد گردید. روش پیشنهادی سازمان حفاظت منابع طبیعی آمریکا جهت برآورد ارتفاع رواناب از جمله راههای معمول در آبشناسی است که برای حوضه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری بده‌ی رواناب وجود ندارد، از جمله حوضه‌های مطالعاتی، به‌کار می‌رود، و به دلیل دخالت داشتن خواص فیزیکی حوضه نظیر نفوذپذیری، پوشش گیاهی و ... در آن، نسبت به سایر روشها ارجحیت دارد (ملکیان و همکاران، ۱۳۸۴). پس از برآورد ارتفاع رواناب و بیشترین بده‌ی سالانه حوضه‌های مورد مطالعه، با استفاده از معادله‌ی ارائه شده در ردیف ۴ جدول شماره (۱)، امتیاز عامل رواناب برای هر حوضه محاسبه گردید.

۵. شیب: برای تعیین امتیاز پستی و بلندی، پس از تعیین شیب هر حوضه با کاربرد نرم‌افزار GIS از معادله‌ی ارائه شده در ردیف ۵ جدول شماره (۱)، استفاده گردید.

[1]- IDF

[2]- U.S. Natural Resources Conservation Service (NRCS)

۶. عامل پوشش‌زمین: به‌منظور تعیین امتیاز این عامل، ابتدا نقشه انواع گیاهی هر حوضه تهیه و سپس با استفاده از قطعات ۱*۱ متری اقدام به اندازه‌گیری میزان اراضی لخت و فاقد پوشش در هریک از انواع گیاهی گردید. در نهایت، درصد خاک لخت در هر یک از انواع برآورد و با استفاده از معادله‌ی ارائه شده در ردیف ۶ جدول شماره (۱)، امتیاز این عامل برای هر حوضه با کاربرد روش وزنی محاسبه گردید.

۷. عامل نحوه‌ی استفاده از زمین (کاربری اراضی): جهت تعیین امتیاز عامل کاربری اراضی، طبق توضیحات ارائه شده در بند ۶ اقدام به برآورد درصد تاج پوشش گیاهی در هر یک از انواع گیاهی گردید. در نهایت با استفاده از معادله‌ی ارائه شده در ردیف ۷ جدول شماره (۱)، امتیاز این عامل برای هر حوضه به روش وزنی محاسبه گردید.

۸. عامل وضعیت فرسایش سطحی حوضه: به‌منظور برآورد این عامل می‌بایستی از روش BLM[3] که به وسیله‌ی اداره مدیریت اراضی آمریکا پیشنهاد گردیده است، استفاده شود، لذا اقدام به تکمیل پرسش‌نامه‌ی صحرایی مربوط به عوامل هفتگانه[4] موثر در روش BLM، در واحدهای اراضی هر حوضه گردید. سپس با در دست داشتن جمع ارقام عامل سطحی خاک، امتیاز وضعیت فعلی فرسایش در هر یک از اجزای واحد اراضی با استفاده از معادله‌ی ارائه شده در ردیف ۸ جدول شماره (۱) برآورد شد، و با قرار دادن جمع امتیازهای وزنی این روش در همان معادله، مقادیر این عامل برای هر حوضه تعیین گردید.

۹. عامل فرسایش رودخانه‌ای: ارزیابی این عامل با استفاده از نمره‌ی مربوط به عامل فرسایش خندقی در روش BLM و براساس معادله‌ی ارائه شده در ردیف ۹ جدول شماره (۱) انجام شد.

پس از ارزیابی عوامل مختلف، و به‌دست آوردن جمع نمرات این عوامل در شبیه MPSIAC، با استفاده از

[1]. BLM: Bureau of Land Management

[2]. حرکت توده‌ی خاک، پوشش لاشبرگ، پوشش سنگی سطح زمین، قطعات سنگی تحکیم یافته، شیارهای سطحی، شکل آبراهه‌ها، و توسعه فرسایش خندقی

رابطه‌ی شماره (۱)، مقادیر رسوب تولیدی هر حوضه محاسبه گردید (رفاهی، ۱۳۸۵):

رابطه (۱) $Q_S = 0.253e^{0.036R}$

که در آن؛

Q_S = میزان تولید رسوب (تن درهکتار در سال)

R = درجه رسوبدهی یا مجموع نمرات عوامل ۹ گانه در روش MPSIAC

سپس فراسنج‌های مربوط به سدهای اصلاحی در هر حوضه از جمله عرض بالا و پایین آبراهه در محل احداث سد اصلاحی، عمق آبراهه، ارتفاع مفید سدهای اصلاحی، ارتفاع و طول رسوب جمع شده در پشت سدها با اندازه‌گیری مستقیم (مترکشی) و فراسنجهای گیتا شناسی از جمله شیب طولی، طول آبراهه و مساحت زهکشی مربوط به سامانه‌ی سد اصلاحی با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات مکانی[1] محاسبه و حجم اولیه‌ی رسوبگیری سدهای اصلاحی، و حجم رسوب مهار شده به وسیله‌ی هر یک از سدهای اصلاحی موجود در هر حوضه، با کاربرد رابطه‌ی شماره‌ی (۲)، که با تقریب خوبی حجم رسوبهای پشت سد اصلاحی را برآورد می‌کند، محاسبه گردید (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۷).

رابطه (۲) $$V_s = \frac{1}{2} H_e . L_{He} . S . Cos\Psi$$

که در آن:

V_s = حجم رسوب پشت سد اصلاحی (مترمکعب)

H_e = ارتفاع مؤثر (اختلاف بستر آبراهه و تاج سرریز سد اصلاحی (متر)

S = فاصله بین سدهای اصلاحی (متر)

Ψ = زاویه متناظر با شیب آبراهه (درجه)

L_{He} = طول متوسط سد اصلاحی (متر) که از رابطه (۳) تعیین می‌شود (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۷):

رابطه‌ی (۳) $$L_{He} = L_B \frac{L_u - L_B}{2D_B} . H_e$$

که در آن:

L_{He} = طول متوسط سد اصلاحی (متر)

L_B = پهنای کف آبراهه (متر)

L_u = پهنای آبراهه در تراز تاج سرریز (متر)

D_B = بلندی تاج سد اصلاحی تا کف آبراهه (متر)

H_e = ارتفاع مؤثر سد اصلاحی (متر)

در نهایت، با مطالعه‌ی مقایسه‌ای مقادیر رسوب تولیدی حوضه‌ها با کاربرد روش پسیاک اصلاح شده، حجم رسوب مهارکردن به وسیله‌ی سدهای اصلاحی، عملکرد طرح در مهار کردن فرسایش و رسوب خروجی از حوضه‌ها بررسی گردید. با توجه به این‌که سدهای اصلاحی به صورت متوالی ساخته می‌شوند، عملکرد آنها نیز باید در قالب یک سامانه بررسی گردد؛ لذا، براساس وجود سدهای اصلاحی متوالی در هر آبراهه، حوضه‌ها به زیرحوضه‌های فرعیتری تقسیم گردیدند.

[1]- GIS: Geographic Information System

جدول ۱- عوامل مؤثر در ارزیابی و نمره گذاری شبیه پسیاک اصلاح شده (رفاهی، ۱۳۸۵).

ردیف	عامل	روابط و توضیحات
۱	زمین‌شناسی	Y1=X1 X1 : حساسیت به فرسایش سنگ‌ها
۲	خاک	Y2=16.67X2 X2 : حساسیت خاک به فرسایش
۳	آب و هوا	Y3=0.2X3 X3 : بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال
۴	رواناب	Y4=0.006R+10QP R : ارتفاع رواناب سالانه R : دبی ویژه پیک
۵	شیب	Y5=0.33X5 X5 : درصد شیب متوسط
۶	پوشش زمین	Y6=0.2X6 X6 : درصد خاک لخت
۷	کاربری اراضی	Y7=20-0.2X7 X7 : درصد تاج‌پوشش
۸	فرسایش سطحی	Y8=0.25X8 X8 : امتیاز فرسایش سطحی خاک در روش BLM
۹	فرسایش خندقی	Y9=1.67X9 X9 : امتیاز فرسایش خندقی در روش BLM

جدول ۲- مقدار K در بافتهای مختلف لایی متوسط (رفاهی، ۱۳۸۵)

بافت خاک	مقدار K	بافت خاک	مقدار K
لایی متوسط (طرف لای)	۰/۶۴	لایی متوسط (طرف متوسط)	۰/۴۴
لایی متوسط (طرف متوسط شنی)	۰/۵۵	لایی متوسط (طرف متوسط رسی-لایی)	۰/۳۵
لایی متوسط (طرف نقطه‌ی وسط)	۰/۵۰	لایی متوسط (متوسط رسی)	۰/۳۱

نتایج

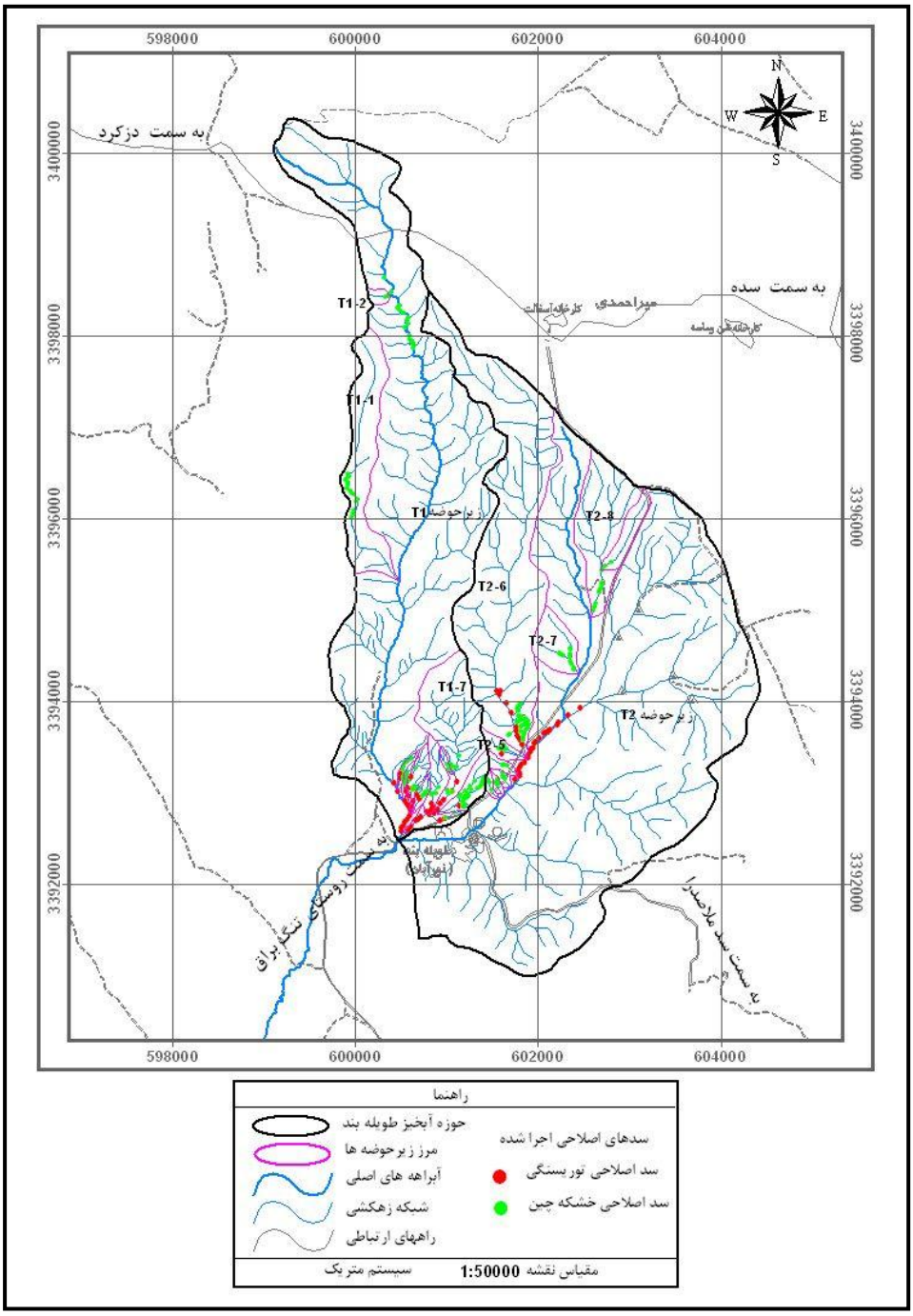
براساس اطلاعات حاصل از مطالعات میدانی، تعداد ۲۶۷ سد اصلاحی در حوضه‌ی طویله‌بند بر روی ۴۱ آبراهه‌ی فرعی و ۲ آبراهه‌ی اصلی؛ ۷۲۹ سد اصلاحی در حوضه‌ی تنگ‌شول بر روی ۱۸ آبراهه‌ی فرعی و ۶۰ سد اصلاحی در حوضه‌ی جونگان بر روی ۸ آبراهه‌ی فرعی و ۱ آبراهه‌ی اصلی اجرا شده است. تمامی سازه‌های مذکور در بین ساهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ احداث شده‌اند و بین ۵ تا ۱۰ سال از عمر احداث آنها می‌گذرد. موقعیت سدهای اصلاحی در هر حوضه بر روی نقشه پستی و بلندی ۱:۲۵۰۰۰ به تفکیک نوع سد اصلاحی و زیرحوضه‌های تفکیک شده، در شکلهای شماره‌ی (۲) تا (۴)، و موقعیت آنها بر روی تصاویر ماهواره‌ای گوگل در شکلهای شماره‌ی (۵) تا (۷) ارائه شده اند.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری و محاسبه فراسنجهای مربوط به مشخصات فنی و فراسنجهای کمی و کیفی سدهای اصلاحی جهت تخمین حجم اولیه‌ی رسوبگیری، و حجم رسوب ترسیب شده در پشت سدهای اصلاحی به تفکیک آبراهه در هر حوضه تا پایان سال ۱۳۹۰، در جداول شماره‌ی (۳) تا (۵) ارائه شده‌اند.. وضعیت رسوبگیری سدهای اصلاحی (تعداد و درصد)، که براساس ارتفاع رسوب پشت آنها محاسبه گردیده است، به تفکیک هر حوضه در جدول شماره‌ی (۶) و شکل‌های شماره‌ی (۸) و (۹) ارائه شده اند. نتایج حاصل از بررسی وضعیت رسوبگیری سدهای اصلاحی نشان می‌دهند که ۱۰۰ درصد سدهای اصلاحی در حوضه‌ی طویله‌بند در طول ۱۰ سال (سال احداث:۱۳۸۰)، یا از رسوب پرشده‌اند و یا در حال پرشدن می‌باشند. در حوضه‌ی تنگ‌شول، ۹۲/۳

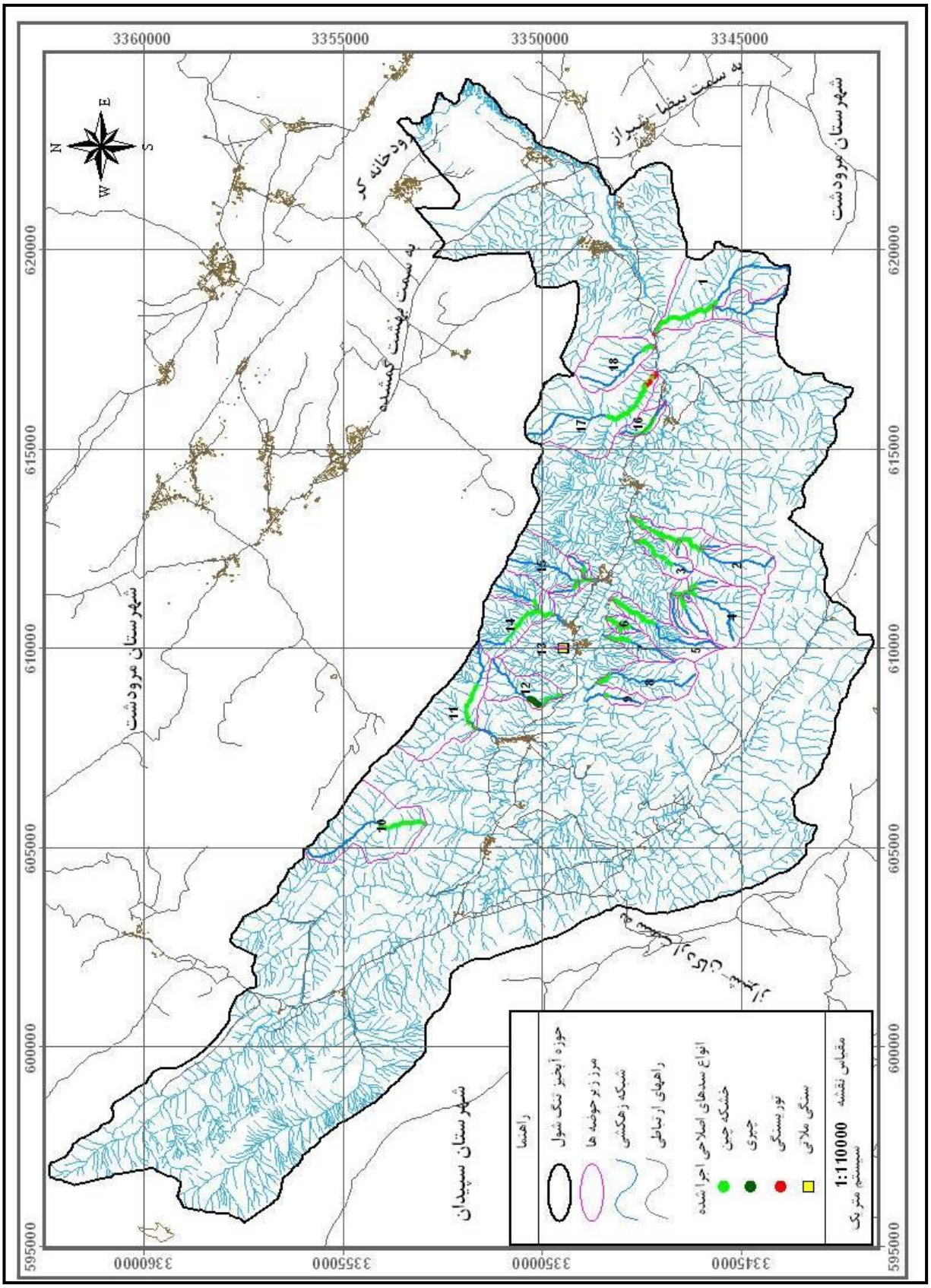
درصد از سدهای اصلاحی این حوضه در طول ۱۰ سال (سال احداث: ۱۳۸۰) کاملا از رسوب پر شده و یا در حال پر شدن می‌باشند، و ۷/۷ درصد از آها خالی از رسوب است. در حوضه‌ی جونگان، با گذشتن ۵ سال از زمان احداث آنها (سال ۱۳۸۵)، سد اصلاحی که کاملا از رسوب پر شده باشد، و یا سد اصلاحی خالی از رسوب مشاهده نگردید، و ۱۰۰ درصد سدهای اصلاحی این حوضه در حال پرشدن می باشند.

به‌منظور بررسی دقیقتر عملکرد و تأثیر سدهای اصلاحی اجرا شده در مهار کردن رسوب حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه، ظرفیت رسوبگیری سازه‌های مذکور براساس فراسنجهای فنی سدهای اصلاحی، فراسنجهای کمی و کیفی آنها، و میزان رسوب خروجی از هر حوضه با کاربرد روش تجربی پسیاک اصلاح شده تا پایان سال ۱۳۹۰ محاسبه گردید. نتایج این برآوردها در جداول شماره‌ی (۷) و (۸) ارائه شده اند. بر این اساس توانایی مهار کردن رسوب در حالت خالی ۲۳۹ سد اصلاحی در حوضه‌ی طویله‌بند (سدهای اصلاحی فعال) برابر با ۲۷۱۴۴/۲ مترمکعب، و میزان رسوب مهار شده به وسیله‌ی همین تعداد از سدهای اصلاحی در حوضه ۱۶۵۵۱/۱ مترمکعب می‌باشد. بنابراین، تا پایان سال ۱۳۹۰، ۶۱ درصد از رسوب قابل مهار کردن این حوضه به وسیله‌ی ۸۹/۵ درصد از سدهای اصلاحی فعال ترسیب شده است. این مقدار معادل ۲۳/۲ درصد از رسوب تولیدی حوضه در طول ۱۰ سال با کاربرد روش پسیاک اصلاح شده می‌باشد. در حوضه‌ی تنگ‌شول، از ۶۴۳۱۹/۱ مترمکعب حجم اولیه‌ی رسوبگیری ۶۷۳ سد اصلاحی سالم و فعال اجرا شده، ۳۹۸۹۲/۸ مترمکعب آنها (معادل ۶۲ درصد از حجم کل ظرفیت رسوبگیری سدها)، از رسوب پر شده است. این مقدار معادل ۴۶/۷ درصد از رسوب تولیدی حوضه در طول ۱۰ سال عمر سازه‌ها با کاربرد روش پسیاک اصلاح شده می‌باشد. در حوضه‌ی جونگان، از ۴۳۹۱/۴ مترمکعب حجم اولیه رسوبگیری ۶۰ سد اصلاحی اجرا شده، ۱۵۷۰/۶ مترمکعب آنها (معادل ۳۵/۸ درصد از حجم کل ظرفیت رسوبگیری سدها)، از رسوب پر شده است. این مقدار معادل ۱۵/۶ درصد از رسوب تولیدی حوضه در طول ۵ سال عمر سازه‌ها می‌باشد. نتایج بررسی وضعیت رسوبگیری سدهای اصلاحی حوضه‌های مطالعاتی مؤید این ادعاست که سدهای اصلاحی احداث شده در به تله انداختن رسوب مؤثر بوده‌اند. در شکلهای شماره‌ی (۱۱) تا (۱۳)، نحوه‌ی ترسیب و مهار کردن رسوب در پشت سدهای اصلاحی احداث شده در هر حوضه نشان داده شده است.

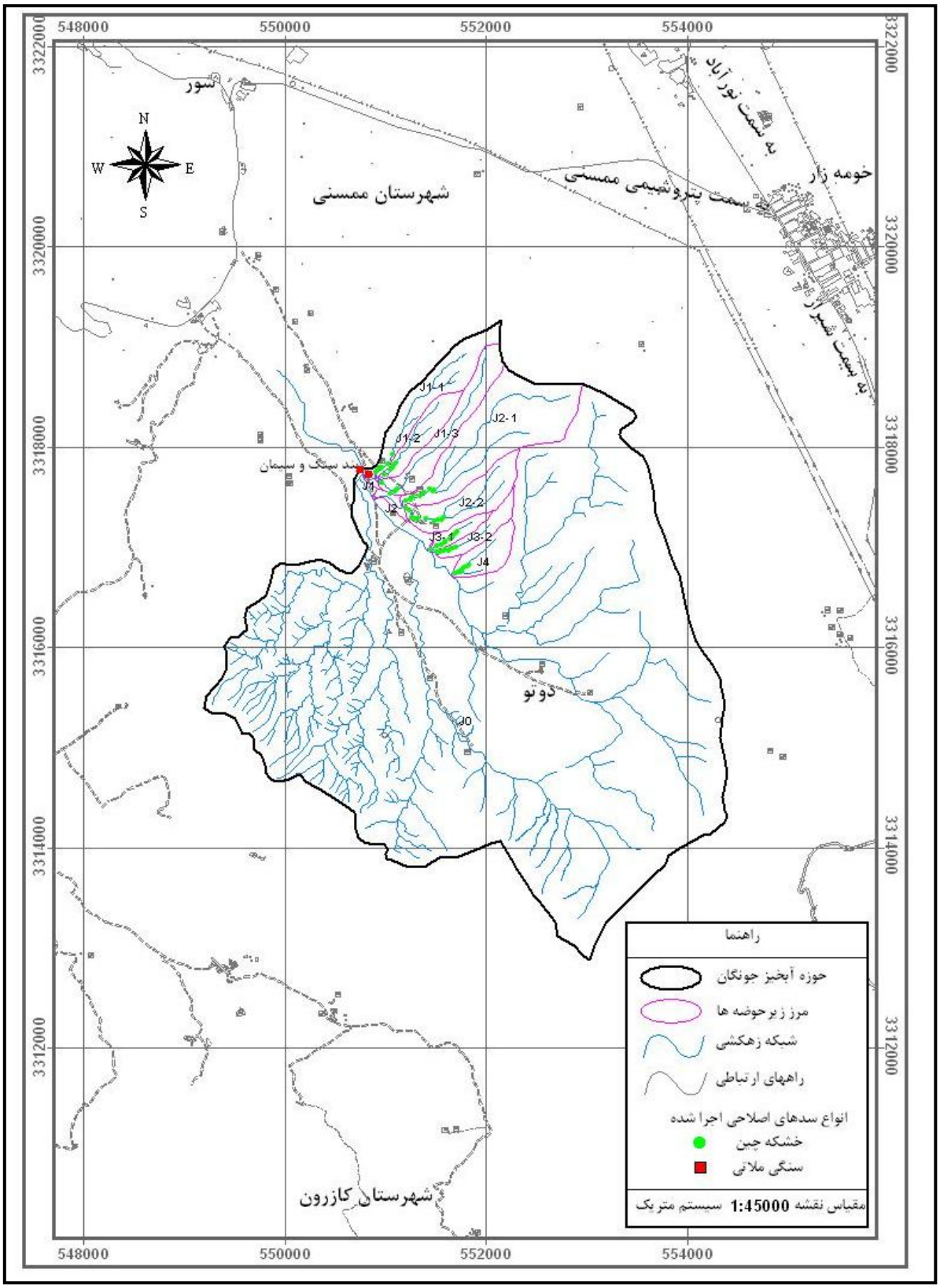
در یک جمع‌بندی کلی باید گفت که تمامی سدهای اصلاحی اجرا شده در حوضه‌ی طویله‌بند (تخریب شده، در حال تخریب و سالم) در مهار رسوب حوضه بالادست خود موفق عمل نموده‌اند، اما به دلیل عدم تثبیت و مهار کردن رسوبات ترسیب شده در پشت سدهای مذکور با اجرای طرحهای زیستی، و همچنین تخریب آنها، به مرور این رسوبات به وسیله‌ی رواناب حرکت کرده و در حال خارج شدن از حوضه می‌باشد. از عوامل اصلی تسریع در پرشدن سدهای اصلاحی این حوضه، اجرای آنها در سازندهای زمین‌شناسی حساس به فرسایش (سازند پابده گورپی)، عوامل انسانی و عبور مداوم دام در اراضی بالادست این سدها می‌باشند. در حوضه‌ی تنگ‌شول، تخریب سدهای اصلاحی به قدری شدید بوده است که تمامی رسوب ترسیب شده در پشت آنها شسته شده و از دسترس خارج گردیده است. همچنین، به دلیل عدم تثبیت و مهار کردن رسوبات ترسیب شده در پشت سدهای اصلاحی با اجرای طرحهای زیستی و انجام طرحها در آبراهه‌هایی با شیب زیاد و همچنین تخریب آنها، به مرور این رسوبها به وسیله‌ی رواناب حرکت کرده و در حال خارج شدن از حوضه می‌باشند. البته به دلیل وجود سازندهای مقاوم به فرسایش و پوشش گیاهی جنگلی در این حوضه، سرعت پر شدن سدهای اصلاحی این حوضه نسبت به حوضه‌ی طویله‌بند کمتر بوده است. در حوضه جونگان، به دلیل جوانتر بودن سدهای اصلاحی این حوضه، شیب نسبتا کم آبراهه‌ها، وجود سازند مقاوم به فرسایش و پوشش‌گیاهی جنگلی، عدم مشاهده‌ی سدهای اصلاحی کاملا از رسوب پر شده دور از انتظار نبوده و پیش بینی می‌گردد که در طول سالهای آتی، سدهای اصلاحی این حوضه کاملا از رسوب پر شوند.



شکل ۲- جانمایی سدهای اصلاحی اجراء شده درحوضه طویله‌بند (شهرستان اقلید)

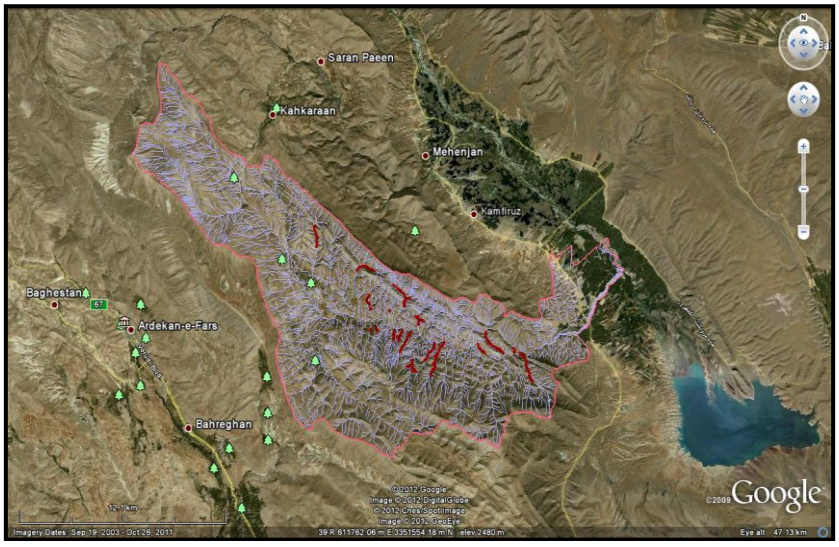


شکل ۳- جانمایی سدهای اصلاحی اجرا شده در حوضه‌ی تنگ‌شول (شهرستان مرودشت)

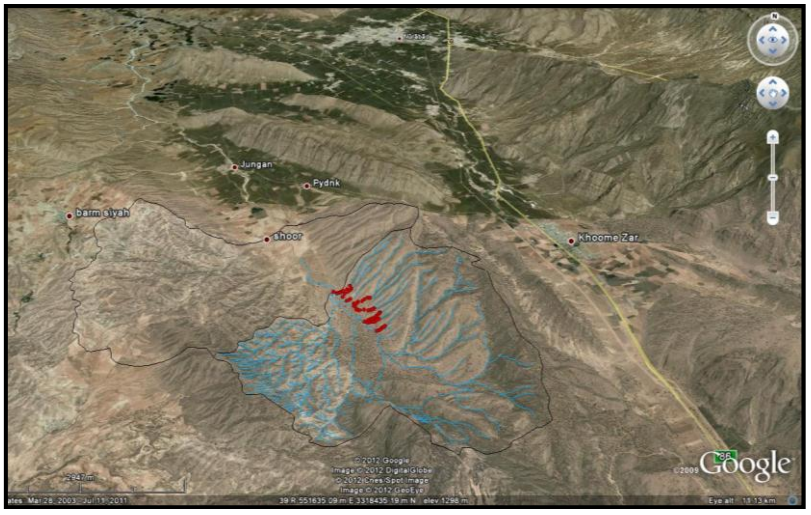


شکل ۴- جانمایی سدهای اصلاحی اجرا شده در حوضه‌ی جونگان (شهرستان ممسنی)

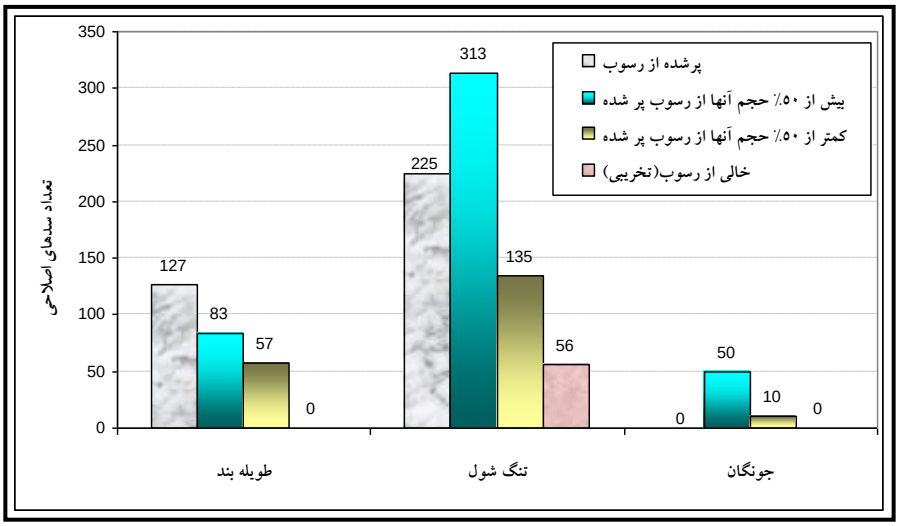
شکل ۵- موقعیت سدهای اصلاحی احداث شده در حوضه‌ی طویله‌بند بر روی تصویر ماهواره‌ای.



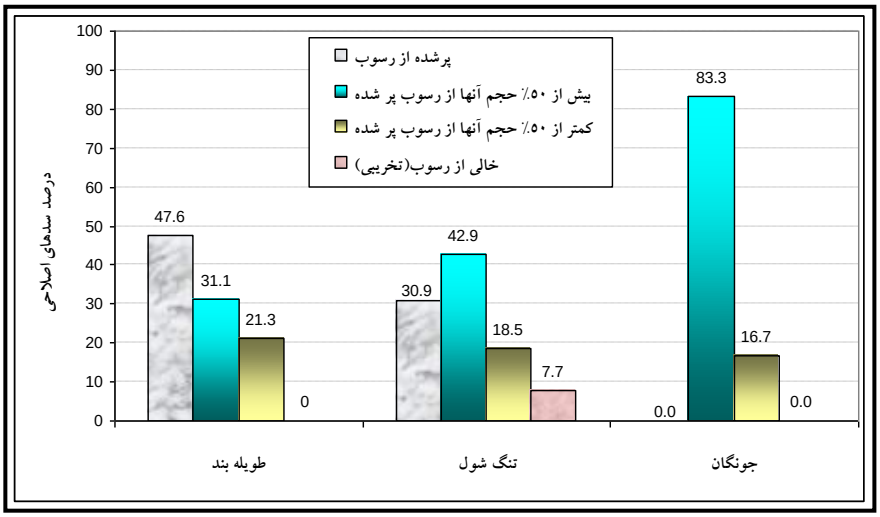
شکل ۶- موقعیت سدهای اصلاحی احداث شده در حوضه‌ی تنگ‌شول بر روی تصویر ماهواره‌ای.



شکل ۷- موقعیت سدهای اصلاحی احداث شده در حوضه‌ی جونگان بر روی تصویر ماهواره‌ای



شکل ۸- تعداد سدهای اصلاحی پر شده، در حال پر شدن و خالی از رسوب در هر حوضه تا پایان سال ۱۳۹۰.

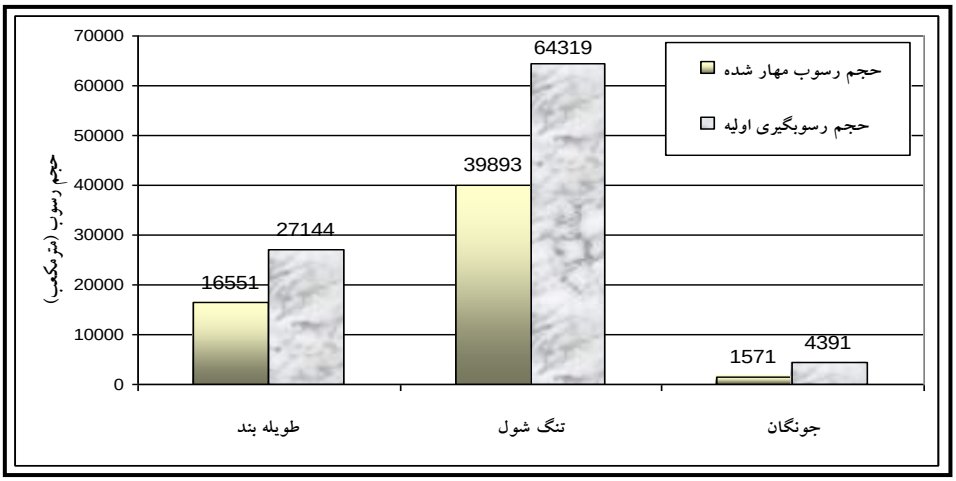


شکل ۹- درصد سدهای اصلاحی پر شده، در حال پر شدن و خالی از رسوب در هر حوضه تا پایان سال ۱۳۹۰.

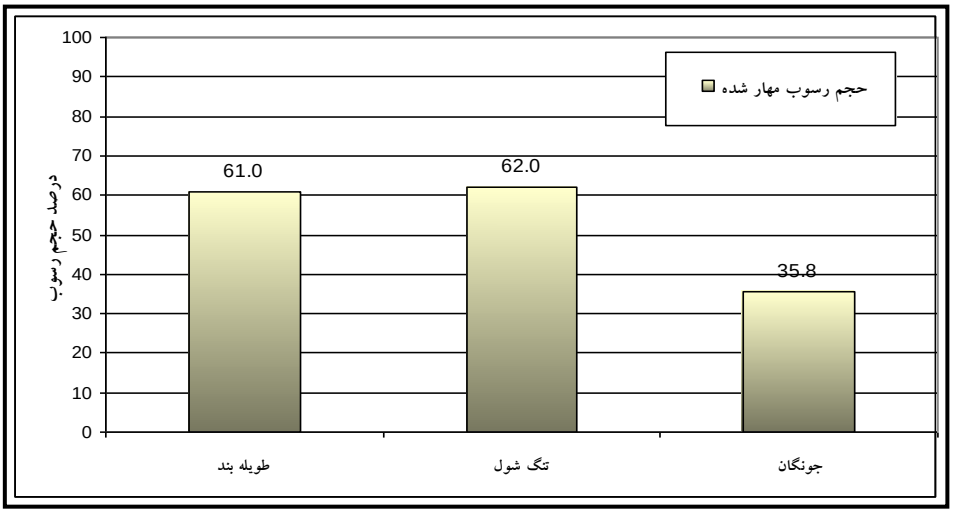
شکل ۱۰- مهار کردن فرسایش و رسوب به وسیله‌ی سدی اصلاحی در حوضه‌ی طویله‌بند اقلید.

شکل ۱۱- مهار کردن فرسایش و رسوب به وسیله‌ی سدی اصلاحی در حوضه‌ی تنگ‌شول مرودشت.

شکل ۱۲- مهار فرسایش و رسوب به وسیله‌ی سدی اصلاحی در حوضه‌ی جونگان ممسنی.



شکل ۱۳- حجم رسوبگیری اولیه و حجم رسوب مهار شده به وسیله‌ی سدهای اصلاحی تا پایان ۱۳۹۰ در حوضه‌ها (مترمکعب).



شکل ۱۴- درصد رسوب مهار شده به وسیله‌ی سدهای اصلاحی تا پایان سال ۱۳۹۰ در حوضه‌های مورد مطالعه.

جدول ۳- مشخصات فنی، فراسنجهای کمی، و وضعیت سدهای اصلاحی احداث شده در آبراهه‌های حوضه‌ی طویله‌بند (اقلید).

وضعیت سدهای اصلاحی	فاصله تا سد بعدی (متر) بهینه	فاصله تا سد بعدی (متر) موجود	شیب حد (درصد)	شیب آبراهه (درصد)	ارتفاع رسوب پشت سد(متر)	ارتفاع کل سد	ارتفاع سد در پایین دست(متر)	ارتفاع سد در بالادست(متر)	عرض آبراهه در محل سد(متر)	نوع سداصلاحی	مساحت (کیلومترمربع)	تعداد سد اصلاحی	زیرحوضه	شماره‌ی آبراهه
تخریب شده	۵۲	۶۳	۱/۵	۳	۰/۲	۲	۰/۹	۰/۶	۱۳/۱	توری سنگی	۹/۲۵	۱۲	T1	۱
							تخریب شده			خشکه‌چین		۱۶		
درحال تخریب	۳۹	۴۰	۲/۱	۴/۲	۰/۵	۱/۴	۰/۶	۰/۱	۱۱/۹	خشکه‌چین	۰/۸۲	۱۴	T1-1	۲
							تخریب شده					۱		
تخریب شده	۷	۲۰	۴	۷/۹			تخریب شده			خشکه‌چین	۰/۰۳	۳	T1-2	۳
سالم	۴۸	۳۲	۲/۱	۴/۲	۰/۵	۲/۴	۱/۲	۰/۸	۱۶/۵	توری سنگی	۰/۰۳	۲	T1-3	۴
					۰/۵	۱/۶	۰/۷	۰/۲	۶	خشکه‌چین		۸		
سالم	۳۵	۳۱	۲/۳	۴/۵	۰/۴	۱/۸	۰/۷	۰/۳	۷/۵	خشکه‌چین	۰/۰۲	۱۲	T1-4	۵
سالم	۴۳	۶۹	۶/۴	۱۲/۷	۰/۵	۲/۲	۱	۰/۶	۱۴	توری سنگی	۰/۰۹	۶	T1-5	۶
					۰/۶	۲/۱	۱	۰/۴	۱۰/۴	خشکه‌چین		۳		
سالم	۲۸	۳۹	۴	۸	۰/۳	۲	۱/۱	۰/۸	۱۳/۸	توری سنگی	۰/۰۴	۴	T1-6	۷
					۰/۵	۱/۷	۰/۷	۰/۲	۶/۵	خشکه‌چین		۷		
درحال تخریب	۴۷	۷۴	۲/۶	۵/۲	۰/۴	۲/۲	۱/۱	۰/۷	۱۵/۲	توری سنگی	۱/۰۹	۱۳	T1-7	۸
					۰/۴	۱/۶	۰/۷	۰/۳	۱۰/۴	خشکه‌چین		۱۰		
سالم	۴۲	۳۸	۴	۸	۰/۵	۱/۹	۰/۹	۰/۴	۱۳/۸	توری سنگی	۰/۱۲	۵	T1-7-1	۹
					۰/۶	۱/۶	۰/۷	۰/۱	۸/۶	خشکه‌چین		۵		
سالم	۱۵	۵۴	۸/۲	۱۶/۳	۰/۵	۱/۶	۰/۸	۰/۳	۱۰/۷	خشکه‌چین	۰/۰۲	۳	T1-7-2	۱۰
سالم	۳۵	۵۸	۳/۲	۶/۳	۰/۳	۱/۶	۰/۷	۰/۴	۱۰/۵	خشکه‌چین	۰/۰۷	۲۸	T1-7-3	۱۱
سالم	۱۲۸	۴۸	۰/۹	۱/۸	۰/۴	۱/۹	۰/۷	۰/۳	۱۲/۶	توری سنگی	۱۴/۹۹	۲۴	T2	۱۲
سالم	۷	۶۱	۱۴	۲۷/۹	۰/۲	۱/۳	۰/۵	۰/۳	۱۱	خشکه‌چین	۰/۰۲	۳	T2-1	۱۳
سالم	۲۰	۲۴	۴/۴	۸/۸	۰/۳	۱/۴	۰/۵	۰/۲	۱۲/۱	خشکه‌چین	۰/۰۲	۶	T2-2	۱۴
سالم	۲۲	۲۶	۳/۸	۷/۶	۰/۳	۱/۴	۰/۵	۰/۲	۱۱/۵	خشکه‌چین	۰/۰۳	۴	T2-3	۱۵
سالم	۱۵	۲۷	۸/۴	۱۶/۷	۰/۳	۱/۸	۰/۸	۰/۵	۱۱	خشکه‌چین	۰/۰۴	۳	T2-4	۱۶
سالم	۱۳	۱۹	۶	۱۱/۹	۰/۵	۱/۵	۰/۵	۰	۹	خشکه‌چین	۰/۰۷	۵	T2-5	۱۷
تخریب شده	۲۷	۶۶	۱/۴	۲/۸	۰/۵	۲/۳	۱/۲	۰/۷	۹/۸	توری سنگی	۳/۰۴	۱۱	T2-6	۱۸
					۰/۴	۱/۶	۰/۷	۰/۳	۸/۶	خشکه‌چین		۳۲		
							تخریب شده					۲		
سالم	۱۶	۳۳	۳/۶	۷/۲	۰/۵	۱/۲	۰/۵	۰	۶/۶	خشکه‌چین	۰/۲۵	۱۳	T2-7	۱۹
درحال تخریب	۱۴	۵۸	۲/۶	۵/۱	۰/۴	۱/۴	۰/۶	۰/۲	۷	خشکه‌چین	۰/۸۴	۵	T2-8	۲۰
							تخریب شده			خشکه‌چین		۴		
درحال تخریب	۱۲	۴۹	۳	۵/۹	۰/۴	۱/۱	۰/۴	۰	۶	خشکه‌چین	۰/۱۶	۱	T2-8-1	۲۱
							تخریب شده			خشکه‌چین		۲		

جدول ۴- مشخصات فنی، فراسنجهای کمی و وضعیت سدهای اصلاحی موجود در آبراهه‌های حوضه‌ی تنگ‌شول(مرودشت).

وضعیت سدهای اصلاحی	فاصله تا سد بعدی (متر) بهینه	فاصله تا سد بعدی (متر) موجود	شیب حد(درصد)	شیب آبراهه (درصد)	عرض آبراهه در محل سد(متر)	ارتفاع کل سد(متر)	ارتفاع رسوب پشت سد(متر)	ارتفاع سد در پایین دست(متر)	ارتفاع سد در بالادست(متر)	نوع سداصلاحی	تعداد سد اصلاحی	مساحت (کیلومترمربع)	زیرحوضه		شماره‌ی آبراهه
سالم	۱۴	۱۰	۶/۹	۲۰/۸	۱۲/۵	۱/۹	۰/۶	۱/۱	۰/۵	خشکه‌چین	۷	۱/۲۶		۱-۱	۱
سالم	۲۹	۲۴	۴	۱۲	۱۲	۲/۱	۰/۶	۱/۲	۰/۶	توری‌سنگی	۲	۵/۱۳	T.Sh1	۱	۲
					۱۲/۴	۲/۳	۱	۱/۵	۰/۵	خشکه‌چین	۸۱				
تخریب شده	۷	۲۳	۱۲/۷	۳۸	۱۰/۸	۱/۶	۰/۷	۰/۹	۰/۳	خشکه‌چین	۶	۰/۱۴		۲-۱	۳
					۱۱/۵		تخریب شده				۳				
سالم	۹	۲۴	۸/۴	۲۵/۳	۱۲	۱/۵	۰/۶	۰/۸	۰/۳	خشکه‌چین	۵	۰/۱۲	T.Sh2	۲-۲	۴
تخریب شده	۱۱	۲۹	۷/۴	۲۲/۳	۱۴/۱	۱/۶	۰/۸	۰/۹	۰/۱	خشکه‌چین	۶۲	۲/۶۹		۲	۵
					۱۳		تخریب شده				۱۰				
تخریب شده	۱۷	۳۲	۵/۸	۱۷/۳	۱۳/۴	۱/۹	۰/۹	۰/۹	۰	خشکه‌چین	۴۰	۰/۷۳	T.Sh3		۶
					۱۲/۵		تخریب شده				۳۰				
تخریب شده	۷	۳۴	۱۱/۸	۳۵/۲	۱۰/۳	۱/۷	۰/۷	۱	۰/۳	خشکه‌چین	۵	۰/۳۵		۴-۱	۷
					۱۲/۳		تخریب شده				۲				
سالم	۸	۱۶	۹/۴	۲۸/۲	۱۱/۳	۱/۴	۰/۵	۰/۸	۰/۳	خشکه‌چین	۲۰	۰/۴۹		۴-۲	۸
تخریب شده	۸	۱۳	۹/۲	۲۷/۵	۱۲/۷		تخریب شده			خشکه‌چین	۳	۰/۲۶	T.Sh4	۴-۳	۹
					۱۲	۱/۶	۰/۴	۰/۹	۰/۵		۳				
تخریب شده	۱۳	۲۵	۵/۹	۱۷/۸	۱۲/۸	۱/۵	۰/۵	۰/۸	۰/۳	خشکه‌چین	۱۵	۳/۱۴		۴	۱۰
					۱۳/۳		تخریب شده				۶				
سالم	۱۴	۲۷	۶/۵	۱۹/۴	۲۶/۱	۱/۸	۰/۹	۱	۰/۱	خشکه‌چین	۵	۱/۴۲	T.Sh5		۱۱
سالم	۱۰	۲۴	۶/۸	۲۰/۴	۹/۳	۱/۴	۰/۷	۰/۷	۰	خشکه‌چین	۷	۰/۰۳		۶-۱	۱۲
سالم	۱۰	۱۵	۸/۶	۲۵/۸	۹/۸	۱/۷	۰/۹	۰/۹	۰	خشکه‌چین	۴۲	۰/۲۹	T.Sh6	۶	۱۳
سالم	۱۱	۱۷	۷/۲	۲۱/۷	۱۲		تخریب شده			خشکه‌چین	۱	۰/۶۶	T.Sh7		۱۴
					۱۲/۸	۱/۵	۰/۷	۰/۸	۰/۲		۳۴				
سالم	۱۳	۱۹	۶/۷	۲۰	۱۴/۳	۱/۷	۰/۸	۰/۸	۰	خشکه‌چین	۲۲	۱/۸	T.Sh8		۱۵
سالم	۱۲	۱۷	۷/۷	۲۳/۲	۲۷/۲	۱/۸	۱	۱/۱	۰/۱	خشکه‌چین	۵	۰/۳	T.Sh9		۱۶
سالم	۳۳	۳۴	۲/۶	۷/۷	۱۵/۸	۱/۷	۰/۴	۱	۰/۶	خشکه‌چین	۳۶	۳/۵	T.Sh10		۱۷
سالم	۱۹	۵۰	۴/۵	۱۳/۵	۱۲/۸	۱/۷	۰/۴	۰/۹	۰/۶	خشکه‌چین	۲۶	۳/۱	T.Sh11		۱۸
سالم	۲۰	۲۰	۵/۲	۱۵/۸	۱۲	۲/۱	۰/۵	۱/۱	۰/۶	خشکه‌چین	۲۲	۱/۳۳	T.Sh12		۱۹
					۱۱/۹	۱/۸	۰/۳	۰/۹	۰/۶	چپری	۲۶				
سالم	۱۸	۳۵	۷/۴	۲۲/۳	۱۴	۲/۷	۰/۹	۱/۷	۰/۸	سنگی‌ملاتی	۲	۰/۰۲	T.Sh13		۲۰
سالم	۶	۳۷	۱۱/۴	۳۴/۳	۱۱	۱/۴	۰/۵	۱/۱	۰/۶	خشکه‌چین	۷	۰/۷۸		۱۴-۱	۲۱
درحال تخریب	۱۶	۳۹	۵/۱	۱۵/۲	۱۰/۶	۱/۶	۰/۵	۱/۲	۰/۶	خشکه‌چین	۴۲	۲/۵۹	T.Sh14	۱۴	۲۲
	۹	۲۶	۷/۴	۲۲/۳	۹	۱/۳	۰/۷	۰/۷	۰	خشکه‌چین	۷	۰/۱۷		۱۵-۱	۲۳
درحال تخریب	۱۱	۱۶	۸/۲	۲۴/۸	۸	۱/۸	۰/۸	۰/۸	۰	خشکه‌چین	۱۶	۰/۱۶	T.Sh15	۱۵-۲	۲۲
	۱۳	۴۰	۷/۱	۲۱/۵	۱۰/۱	۱/۹	۱	۱	۰	خشکه‌چین	۱۴	۲/۱		۱۵	۲۵
درحال تخریب	۲۴	۶۱	۴	۱۲	۹/۳	۲	۱/۲	۱/۲	۰	خشکه‌چین	۱۹	۰/۴۵	T.Sh16		۲۶
سالم	۳۰	۲۹	۳/۸	۱۱/۴	۱۱/۹	۲/۴	۰/۹	۱/۳	۰/۵	توری‌سنگی	۱۰	۴/۴۸	T.Sh17		۲۷
					۱۲/۳	۲/۲	۰/۶	۱/۱	۰/۴	خشکه‌چین	۵۷				
درحال تخریب	۱۷	۱۹	۶/۹	۲۰/۸	۱۶	۲/۱	۰/۴	۱/۱	۰/۷	توری‌سنگی	۱	۱/۸۴	T.Sh18		۲۸
					۱۲/۸	۲/۳	۰/۷	۱/۴	۰/۷	خشکه‌چین	۱۶				

جدول ۵- مشخصات فنی، فراسنجهای کمی، و وضعیت سدهای اصلاحی احداث شده در آبراهه‌های حوضه‌ی جونگان (ممسنی).

وضعیت سدهای اصلاحی	فاصله تا سد بعدی(متر)		شیب حد(درصد)	شیب آبراهه (درصد)	عرض آبراهه در محل سد(متر)	ارتفاع کل سد(متر)	ارتفاع رسوب پشت سد(متر)	ارتفاع سد در پایین دست(متر)	ارتفاع سد در بالادست(متر)	نوع سداصلاحی	مساحت(کیلومتر مربع)	تعداد سد اصلاحی	زیرحوضه	شماره‌ی آبراهه
	بهینه	موجود												
سالم	۳۶	۵۵	۳/۷	۱۱/۲	۱۴/۴	۲/۶	۰/۷	۱/۵	۰/۸	خشکه‌چین	۰/۴۳	۶	J1-1	۱
سالم	۳۱	۴۶	۳/۷	۱۱/۲	۱۲/۵	۲/۵	۰/۸	۱/۴	۰/۶	خشکه‌چین	۰/۲۱	۵	J1-2	۲
سالم	۳۰	۷۲	۴/۲	۱۲/۷	۲۴/۶	۲/۶	۱	۱/۴	۰/۵	خشکه‌چین	۰/۳۷	۴	J1-3	۳
سالم	۳۱	۵۳	۴/۲	۱۲/۷	۲۱/۸	۲/۶	۰/۸	۱/۵	۰/۷	خشکه‌چین	۰/۹۸	۷	J2-1	۴
سالم	۲۵	۵۳	۴/۷	۱۴/۱	۲۲/۳	۲/۳	۰/۷	۱/۲	۰/۵	خشکه‌چین	۰/۳۷	۱۰	J2-2	۵
سالم	۲۰	۲۹	۷/۱	۲۱/۳	۱۳/۷	۲/۸	۱/۲	۱/۷	۰/۵	خشکه‌چین	۰/۱	۱۰	J3-1	۶
سالم	۲۶	۳۷	۵/۲	۱۵/۵	۱۲/۶	۲/۷	۱/۱	۱/۶	۰/۵	خشکه‌چین	۰/۱۴	۹	J3-2	۷
سالم	۲۶	۲۹	۶/۱	۱۸/۳	۱۰/۵	۳/۲	۱/۴	۲/۱	۰/۷	خشکه‌چین	۰/۱۹	۷	J4	۸
سالم	۸۳۳	-	۰/۶	۱/۸	۳۸/۹	۸/۵	۲/۳	۴/۵	۲/۳	سنگی‌ملاتی	۱۸/۷۷	۲	اصلی	۹

جدول ۶- وضعیت سدهای اصلاحی از لحاظ رسوب‌گیری تا پایان سال ۱۳۹۰.

سدهای اصلاحی	حوضه‌ی طویله‌بند (اقلید)		حوضه‌ی تنگ‌شول (مرودشت)		حوضه‌ی جونگان (ممسنی)	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
پرشده از رسوب	۱۲۷	۴۷/۶	۲۲۵	۳۰/۹	۰	۰
بیش از ۵۰٪ حجم آنها از رسوب پر شده	۸۳	۳۱/۱	۳۱۳	۴۲/۹	۵۰	۸۳/۳
کمتر از ۵۰٪ حجم آنها از رسوب پر شده	۵۷	۲۱/۳	۱۳۵	۱۸/۵	۱۰	۱۶/۷
خالی از رسوب (تخریبی)	۰	۰	۵۶	۷/۷	۰	۰

جدول ۷- نتایج برآورد رسوب تولیدی با کاربرد روش پسیاک اصلاح شده در حوضه‌ها

فراسنج		حوضه‌ی طویله‌بند (اقلید)	حوضه‌ی تنگ‌شول (مرودشت)	حوضه‌ی جونگان (ممسنی)
زمین شناسی	Y1	۷/۴	۴	۴
خاک	Y2	۸/۳	۶/۷	۶/۷
آب و هوا	Y3	۱/۶	۰/۹	۱/۳
رواناب	Y4	۱/۲	۲/۱	۷/۶
پستی و بلندی	Y5	۵/۴	۱۱/۶	۴/۲
پوشش زمین	Y6	۶/۴	۴/۶	۲/۴
کاربری اراضی	Y7	۱۳/۲	۱۱/۹	۱۵/۱
فرسایش سطحی	Y8	۲۰	۱۸/۸	۱۳/۸
فرسایش آبکندی	Y9	۲۰	۱۶/۷	۸/۴
مجموع امتیازها	R	۸۳/۵	۷۷/۱	۶۳/۳
ردیف رسوبدهی		V	V	III
شدت رسوبدهی		زیاد	زیاد	متوسط
رسوب تولیدی	ton/ha	۵	۴	۲/۳
مساحت	ha	۲۴۲۴	۳۵۵۲	۱۸۷۸
رسوب کل	ton/yr	۱۲۱۲۰/۴	۱۴۱۷۳/۵	۴۵۷۰/۳
رسوب کل	m3/yr	۷۱۲۹/۷	۸۳۳۷/۴	۲۶۸۸/۴

جدول ۸- رسوب تولیدی با کاربرد روش پسیاک اصلاح شده، حجم اولیه رسوبگیری و حجم رسوب مهار شده به وسیله‌ی سدهای اصلاحی در هر حوضه تا پایان سال ۱۳۹۰.

حوضه	مساحت (کیلومترمربع)	رسوب تولیدی روش پسیاک اصلاح شده (مترمکعب در سال)	رسوب مهار شده به وسیله‌ی سدهای اصلاحی (مترمکعب)	ظرفیت اولیه رسوبگیری سدهای اصلاحی (مترمکعب)
طویله‌بند (اقلید)	۲۴/۲۴	۷۱۲۹/۷	۱۶۵۵۱/۱	۲۷۱۴۴/۲
تنگ‌شول (مرودشت)	۳۵/۵۲	۸۳۳۷/۳	۳۹۸۹۲/۸	۶۴۳۱۹/۱
جونگان (ممسنی)	۱۸/۷۸	۲۶۸۸/۴	۱۵۷۰/۶	۴۳۹۱/۴

بحث و نتیجه گیری

سدهای اصلاحی حوضه‌های طویله‌بند و تنگ‌شول طی یک دوره تقریبی ده ساله، و سدهای اصلاحی حوضه‌ی جونگان طی یک دوره‌ی تقریبی پنج ساله، احداث گردیده اند. نتایج برآوردهای انجام شده در خصوص میزان رسوب تولیدی با کاربرد روش پسیاک اصلاح شده، و حجم اولیه‌ی رسوبگیری سدهای اصلاحی در هر حوضه، نشان می‌دهد که میزان تولید رسوب حوضه‌ها به حدی است که پشت تمامی سدها در حوضه‌های مطالعاتی می‌بایستی تاکنون از رسوب پر شده باشد. بنابراین، در یک جمع‌بندی کلی می‌توان نتیجه گرفت که در حوضه‌های طویله‌بند و تنگ‌شول، ابتدا حجم قابل ملاحظه‌ای از رسوب در پشت سدهای اصلاحی به تله افتاده، اما به تدریج آثار تخریب در سدهای اصلاحی، بخصوص در سدهای احداث شده در ته‌نشستهای عهد حاضر، و سازندهای حساس به فرسایش، آشکار گردیده و با تخریب آنها بخشی از رسوب، یا تمامی آنچه به تله افتاده تخلیه شده است. همچنین، به دلیل تخریبهای رخ داده، و عدم رعایت برخی نکات فنی در خصوص احداث سدهای اصلاحی (عدم رعایت فاصله و تعداد بهینه) تمامی حجم رسوبگیری سدها به عنوان حجم مورد استفاده در مهار کردن رسوب مورد استفاده قرار نگرفته، و بخشی از آنها، امکان رسوبگیری ندارد. در واقع، حجم خالی از رسوب سدهای اصلاحی نیمه‌پر و خالی این حوضه‌ها، به دلیل تخریب سدهای اصلاحی امکان مهار کردن رسوب را ندارد. با این توصیف می‌توان قضاوت نمود که در حدود ۹۰ درصد سدهای اصلاحی حوضه‌های طویله‌بند و تنگ‌شول، در حدود ۶۰ درصد رسوب را در هر حوضه مهار کرده‌اند. با توجه به وضعیت ظاهری سدهای اصلاحی این دو حوضه، در صورت عدم تغییر در وضعیت موجود، انتظار می‌رود بر تعداد سدهای اصلاحی تخریبی این حوضه‌ها فزونی یافته، و رسوبهای جمع‌شده در پشت آنها از دسترس خارج گردند. بنابراین، عملکرد بیشتری از سدهای اصلاحی این حوضه‌ها به لحاظ مهار کردن رسوب، قابل انتظار نیست. در حوضه‌ی جونگان، ۱۰۰ درصد سدهای اصلاحی این حوضه در حدود ۳۶ درصد از رسوب حوضه را مهار کرده و انتظار می‌رود در سالهای آینده، رسوب بیشتری به وسیله‌ی آنها، مهار گردد. در شکلهای شماره‌ی (۱۴) و (۱۵)، به ترتیب ظرفیت رسوبگیری اولیه، حجم رسوب مهار شده، و درصد رسوب مهار گردیده به وسیله‌ی سدهای اصلاحی تا پایان سال ۱۳۹۰ در هر حوضه نشان داده شده است.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که حجم کم فعالیتهای انجام شده در هر ۳ حوضه، و عدم رعایت تعداد و فاصله بهینه بین سدهای اصلاحی، از دلایل عدم موفقیت مهار کردن رسوب کل حوضه به وسیله‌ی آنها می‌باشد. ضمنا، عدم اجرای طرحهای زیستی، همزمان با اجرا و یا پس از رسوبگیری سدهای اصلاحی، منجر به تغییر عملکرد آنها درخصوص مهار کردن رسوب شده است، بطوری‌که پس از رسوبگیری کامل، مخازن پر شده از رسوب سدهای اصلاحی به‌عنوان منبع رسوب عمل کرده‌اند (حوضه‌های تنگ‌شول و طویله‌بند). همچنین، عدم اجرای صحیح قسمت‌های مختلف سد اصلاحی در حوضه‌های تنگ‌شول و طویله‌بند، منجر به تخریب بیشتر آبراهه‌ها و افزایش رسوب شده است.

بطورکلی، نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت اجرای سدهای اصلاحی در مهار کردن رسوب می‌باشد. نکته‌ی قابل توجه این‌است که

نسبت این تأثیرات یکسان نبوده، و عوامل مختلفی در آنها دخالت دارند، بطوری‌که عملکرد سدهای اصلاحی درخصوص مهار کردن رسوب در اراضی حساس به فرسایش با سازندهای فرسایش‌پذیر (همانند حوضه‌ی طویله‌بند) مشهودتر بوده، و در مدت کمتری از رسوب پر شده‌اند. لذا، عملکرد سدهای اصلاحی در شرایط مختلف، متفاوت بوده و نمی‌توان به‌صرف تأثیر مثبت اجرای سدهای اصلاحی در یک منطقه، تأثیر آن را برای مناطق دیگر یکسان فرض نمود. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق درخصوص نحوه‌ی عملکرد سدهای اصلاحی در مهار کردن رسوب با نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده به وسیله‌ی محققین در ایران و دیگر کشورها، از جمله شاکری و سادات‌کیا (۱۳۸۱)، فرازجو و خلیلی (۱۳۸۱)، قدیمی عروس‌محله (۱۳۸۴)، اسماعیلی نامقی و حسن‌لی (۱۳۸۶)، عبدی(۱۳۸۸)، طائی‌سمیرمی و وفاخواه (۱۳۹۱)، غلامی (۱۳۹۱)، توان (۱۹۸۸)، گول و همکاران (۱۹۹۶)، زیانگ‌چو و همکاران (۲۰۰۴)، بوکس‌فایوس و همکاران (۲۰۰۷)، کاستیلو و همکاران (۲۰۰۷)، ران و همکاران (۲۰۰۸) یکسان می‌باشند. تحقیقات نشان می‌دهند که سدهای اصلاحی یکی از موثرترین راهکارهای کاهش فرسایش و مهار کردن رسوب در حوضه‌های آبخیز بوده، و در بیشتر تحقیقات، آنها در مهار کردن رسوب (بخصوص رسوبات درشت‌دانه) مناسب بوده است. در این میان نیز مواردی درخصوص نقص در عملکرد سدهای اصلاحی در مهار کردن رسوب به سبب نواقص موجود در مراحل طراحی، اجرا و نگهداری و بهره-برداری از آنها بعد از اجرا به وسیله‌ی محققینی از جمله غلامی (۱۳۹۱)، بوکس‌فایوس و همکاران (۲۰۰۷)، کاستیلو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده‌است.

منابع

۱. احمدی، ح. ۱۳۷۴. ژئومورفولوژی کاربردی. جلد اول (فرسایش آبی). انتشارات دانشگاه تهران.

۲. احمدی، ح. نظری‌سامانی ع‌ا، قدوسی ج، اختصاصی مر، ۱۳۸۲. ارائه شبیهی برای ارزیابی طرح‌های آبخیزداری. مجله منابع طبیعی ایران۴

۳. اسماعیلی‌نامقی، ع.، و ع. حسنلی. ۱۳۸۶. بررسی عملکرد سدهای اصلاحی رسوب‌گیر خشکه‌چین در طول آبراهه‌ها در ترسیب مواد ریزدانه(مطالعه موردی: حوضه‌ی سد درودزن). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی۱۱.

۴. پیری‌اردکانی، م. ۱۳۷۹. بهینه‌سازی فاصله و ابعاد سدهای اصلاحی. پایانامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری. مرکز آموزش عالی امام خمینی.

۵. حشمت‌پور، ع. ۱۳۸۱. بررسی عملکرد اقدامات آبخیزداری در مهار کردن سیلاب حوزه آبخیز غازمحله. مجموعه مقالات اولین همایش نقش و جایگاه آبخیزداری در توسعه منابع طبیعی و کشاورزی حاشیه خزر.

۶. دبیری، س.س. ۱۳۹۱. بررسی علل موفقیت و یا شکست سدهای اصلاحی (مطالعه‌ی موردی حوضه‌های آبخیز شهرستانهای اقلید، مرودشت و ممسنی استان فارس)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارسنجان، ۳۰۴ ص.

۷. رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و مهار کردن آن. انتشارات دانشگاه تهران.چاپ چهارم.

۸. شاکری، ش.، و ف. سادات‌کیا. ۱۳۸۱. فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز سد زاینده‌رود، اثرات-ارزیابی و لزوم توجه به عملیات آبخیزداری جهت افزایش طول عمر سدها. مقالات پوستری همایش فرسایش و حفاظت خاک.

۹. طائی‌سمیرمی، س.، و م. وفاخواه. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد سازه‌های اصلاحی گابیونی در طول آبراهه در ترسیب رسوبات. مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشگاه لرستان.

۱۰. فرازجو، ح.، و م. خلیلی‌زاده. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر سدهای اصلاحی توری‌سنگی روی بار معلق حوضه آبخیز زیارت. ششمین سمینار مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۱. فیض‌نیا، س. ۱۳۷۴. مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران. مجله منابع طبیعی ایران۴۷

۱۲. قدیمی عروس محله، ف. ۱۳۸۴. ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری حوضه آبخیز هفتان شهرستان تفرش در حفاظت و مدیریت پایدار خاک. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب.

۱۳. عبدی، پ. ۱۳۸۸. استفاده از سدهای اصلاحی در حوضه‌های آبخیز روشی برای مدیریت رسوب و کنترل بار رسوبی رودخانه‌ها (مطالعات موردی استان زنجان). هشتمین سمینار مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۴. محمدی‌گلرنگ، ب.، ج. قدوسی، و ع.ص. رنگ‌آور.۱۳۸۴. ارزیابی نتایج عملکرد عملیات آبخیزداری در حوضه آبخیز سد شهید یعقوبی (استان خراسان رضوی). دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک.

۱۵. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۷. دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری سازه‌های کنترل سیل و رسوب (سدهای اصلاحی). دفتر طرح-ریزی و هماهنگی معاونت آبخیزداری. نشریه‌ی شماره ۴۱۶.

۱۶. معاونت آبخیزداری استان فارس، ۱۳۷۵. مطالعات آبخیزداری تفصیلی اجرایی حوضه جونگان ممسنی. سازمان جهاد کشاورزی.

۱۷. ملکیان، ا.، م. محسنی ساروی، و م. مهدوی. ۱۳۸۳. مجله منابع طبیعی ایران. ۵۷.

۱۸. مهندسین مشاور حاسب کرجی. ۱۳۷۴. مطالعات آبخیزداری قسمتی از حوضه آبخیز سد درودزن. اداره‌ی مطالعات و طراحی معاونت آبخیزداری استان فارس.

۱۹. مهندسین مشاور حاسب کرجی. ۱۳۷۷. مطالعات توجیهی-اجرایی آبخیزداری تنگ‌شول. اداره‌ی مطالعات و طراحی معاونت آبخیزداری استان فارس.

۲۰. مهندسین مشاور آبسار فارس. ۱۳۸۶. مطالعات آبخیزداری تفصیلی- اجرایی حوضه آبخیز پارسل ۴۲ سد درودزن (تنگ‌شول). اداره‌ی مطالعات و طراحی معاونت آبخیزداری استان فارس.

۲۱. مهندسین مشاور پوراب اهواز. ۱۳۹۰. مطالعات ارزیابی اثرات پروژه‌های آبخیزداری حوضه‌ی طویله‌بند سد درودزن. اداره‌ی ارزیابی معاونت آبخیزداری استان فارس.

۲۲. نجفی‌نژاد، ع. ۱۳۷۶. راهنمای آبخیزداری مطالعات و برنامه‌های حوضه آبخیز. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

23. Boix-fayos, C., G.G. Barbera, F. Lopez-Bermudez, and V.M. Castillo. 2007. Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology : Case study of the Rogativa catchment (Spain). Geomorph. 91: 103-123.
24. Castillo, V.M., V.M. Mosch, C. ConesaGarcia, G.G. Barbera, J.A. Navarro Cano, and F. Lopez-Bermudez. 2006. Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment:El Cárcavo (Murcia, Spain). CATENA. 70: 416-427.
25. Goel, P., J.S. Samra, and R.C. Bansal. 1996. Sediment retention by gabion structures in Bunga Watershed. Ind. J. Soil Cons. 24: 107-110.
26. Ran, D., Q. Lou, Z. Zhou, G. Wang, and X. Zhang. 2008. Sediment retention by check dams in the Hekouzhen-Longmen Section of the Yellow River Int. J. Sed. Res. 23: 159-166.
27. Tuan, C.H. 1988. Study on the gully control by used-tire structure in northern Taiwan. Proc. 5th Int. Symp. Landslide, Rotterdam, the Netherland. 2: 1001-1006.
28. Xiang-zhou, X., Z. Hong-wu, and Z. Ouyang. 2004. Development of check-dam systems in gullies on the Loess Plateau, China. Environ. Sci. & Policy 7: 79-86