

## اثرات احداث سدهای اصلاحی بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبخیز محمد آباد ساری

دریافت مقاله: ۹۲/۴/۱۱ پذیرش نهایی: ۹۳/۲/۲۰

صفحات: ۲۱۳-۲۳۰

عطالله کاویان: دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری<sup>۱</sup>

Email: A.kavian@sanru.ac.ir

محمد ایوب محمدی: دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی ساری

Email:Ayob.mim@gmail.com

علی آزموده: دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی ساری، عضو باشگاه

پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد قائم شهر

Email: azmoodeh63@gmail.com

### چکیده

ارزیابی و آگاهی از نحوه تأثیر سازه‌های احداثی روی پاسخ حوضه در مقابل بارش، به عنوان یکی از مسائل مهم و اساسی در مدیریت حوضه‌های آبخیز و مطالعات کنترل سیل می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی میزان تأثیر سدهای اصلاحی احداث شده در بالادست سد تجن بر دبی اوج سیلان در حوضه آبخیز محمد آباد است. بدین منظور ۶۷ سازه اصلاحی احداث شده در ۱۰ زیرحوضه از حوضه آبخیز محمد آباد در فاصله تقریبی ۷۵ کیلومتری از شهرستان ساری مورد بررسی قرار گرفت. با ترسیم پروفیل طولی آبراهه‌های دارای سدهای اصلاحی در قبل و بعد از ساخت این سازه‌ها، زمان تمرکز آبراهه‌ها در قبل و بعد از ساخت سدها برآورد گردید. همچنین دبی اوج سیلان در دو حالت قبل و بعد از احداث سازه‌ها به روش SCS برای هر یک از زیرحوضه‌ها برآورد شد. نتایج نشان از برآورد بیشترین تغییر در دبی اوج سیلان در زیرحوضه D با ۱۰/۳٪ کاهش نسبت به قبل از احداث سازه‌ها دارد. استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش T-test نشان داد اختلاف معنی‌داری بین شیب آبراهه ( $P_{value} = 0.001$ ) و دبی اوج سیلان ( $P_{value} = 0.017$ ) بعد از ساخت سدهای اصلاحی وجود دارد، در حالی که بعد از ساخت سازه‌ها، تفاوت معنی‌داری در مقدار زمان تمرکز ( $P_{value} = 0.107$ ) مشاهده نگردید. همچنین نتایج نشان داد تغییر در دبی اوج سیلان ارتباط معنی‌داری در سطح ۹۹٪ با تغییر در شیب آبراهه و تعداد سازه‌ها داشته و این در حالیست که رابطه معنی‌داری در سطح ۹۵٪ بین تغییر در دبی اوج سیلان و تغییر در طول آبراهه وجود ندارد.

کلید واژگان: پروفیل طولی، دبی اوج سیلان، سدهای اصلاحی، حوضه آبخیز محمد آباد

<sup>۱</sup>. نویسنده مسئول: ساری- کیلومتر ۱۰ جاده نکا- دانشکده منابع طبیعی- صندوق پستی ۷۳۷

**مقدمه**

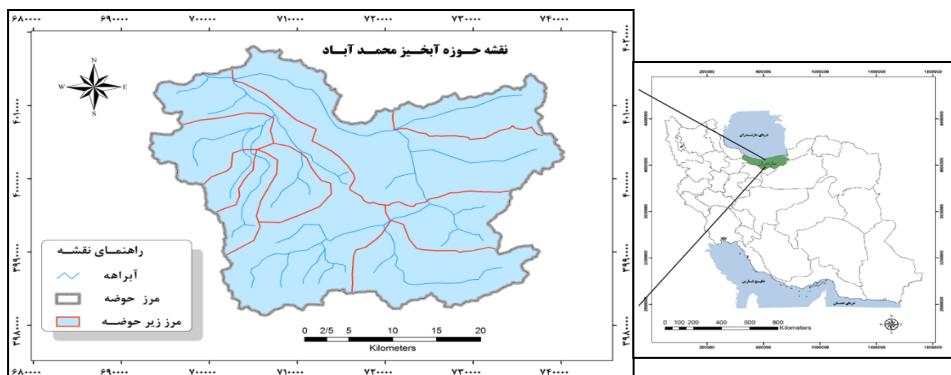
بررسی آمار و اطلاعات خسارات سالانه ناشی از وقوع سیلاب‌ها در ایران و جهان بیانگر گستردگی صدمات ناشی از وقوع سیلاب به منابع طبیعی است. لذا تدوین برنامه‌های جامع با هدف مهار، کنترل و بهره برداری بهینه با اعمال اقدامات مدیریتی مناسب، امری اجتناب ناپذیر است (Brouwer and Van, 2004). در این ارتباط استفاده تلفیقی از عملیات ساختمانی و غیر سازه‌ای به منظور دستیابی به موفقیت بیشتر در عملیات مهار سیل پیشنهاد گردیده است (Kundzewicz, 2002; Xu et al, 2004) آگاهی از نحوه تأثیر عملیات مکانیکی و بیولوژیکی روی پاسخ حوضه در مقابل بارش، به عنوان یکی از مسائل مهم و اساسی در مدیریت حوضه‌های آبخیز و مطالعات کنترل سیل می‌باشد، بطوری که اجرای هرگونه عملیات در سطح حوضه با ایجاد تغییراتی در ضرب زبری، زمان تمرکز، پوشش گیاهی و در نتیجه تغییر نفوذپذیری خاک موجب بروز رفتارهای متفاوت حوضه در تولید رواناب و نهایتاً دبی اوج هیدروگراف سیل حوضه‌های آبخیز می‌گردد (Simonovic, 2002). یکی از اقدامات مکانیکی آبخیزداری را می‌توان احداث سدهای اصلاحی در طول آبراهه بیان کرد. سدهای اصلاحی سدهای کوچکی نیسنند که در عرض یک آبراهه یا خندق به منظور کاهش سرعت جریان‌های متتمرکز (Hudson et al, 2003; Heede and Mufich, 1973)، کنترل افزایش کیفیت آب (et al, 2004)، افزایش ظرفیت نفوذ در کanal، افزایش پوشش گیاهی (Castillo et al, 2007)، افزایش ظرفیت نفوذ در کanal، افزایش دبی اوج سیلاب (Bombino et al, 2008; Goel et al, 1996) و کاهش دبی اوج سیلاب (Roshani, 1996) طولی و عرضی آبراهه خواهد شد (Hassanli et al, 2009). بر پایه گزارش (Hudson 1976) هدف اصلی از احداث این سدها نگهداری رسوبات و کاهش سرعت جریان آب می‌باشد. اگرچه طراحی و اجرای سدهای اصلاحی در کشور سابقه‌ای حدود ۴۰ سال دارد، اما هنوز اثرات واقعی آن بر خصوصیات هندسی، زئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی آبراهه‌ها بخوبی شناخته نشده است. در این بین بیشتر تحقیقات در مورد تأثیر سدها بر روی برتری سدهای بزرگ و مخزن دار متتمرکز شده، اما توجه کمتری به اثرات و بازدهی سدهای کوتاه شده است (Hassanli et al, 2009). لذا مطالعه بر روی اثرات احداث این نوع سازه‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه بر روی اقدامات فنی و مکانیکی (سازه‌های حفاظت خاک و آب) برای اولین بار توسط Bennet (1939) در ایالت متحده آمریکا با نظارت سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) انجام شد و به این نتیجه کلی دست یافت که درصد موفقیت در مهار و مبارزه با فرسایش در حوضه‌های آبخیز به انتخاب سازه‌های مناسب و در عین حال ساده از نظر مشخصات فنی و سهولت اجرایی آنها

بستگی دارد (Han Li et al, 2005). Honxiong (1998) با مطالعه سدهای رسوب‌گیر چنین نتیجه گرفت که به دلیل عملکرد سدهای رسوب‌گیر، دبی حداکثر سیلان و دبی رسوب به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و در نهایت رسوب تله‌اندازی شده توسط سدهای اصلاحی را، ۱۱۴۰۰ تن در هر کیلومتر مربع برأورد کرد. Moore (1996) با مطالعه ۳۰۰ سازه اصلاحی و تأثیر این عملیات بر روی دبی اوج در سر شاخه‌های حوضه آبخیز تگزاس به این نتیجه رسید که در زیرحوضه‌های مختلف منطقه بین ۹۸ تا ۴۸ درصد کاهش در دبی اوج دیده می‌شود و رابطه معکوسی بین حجم رواناب خروجی و حجم رواناب نگهداری شده و ظرفیت سازه‌های کنترل سیل وجود دارد (Nyssen et al, 2004). پارسا مهر (۱۳۷۹) با تحقیق بر روی عملکرد اقدامات سازه‌ای در حوضه غاز محله کرد که سازه‌ها، شرایط هیدرولیکی جریان را تغییر داده، مقطع عرضی آبراهه را پهن‌تر و موجب کاهش شبیه می‌شوند و در نتیجه وضعیت مطلوب‌تری برای عبور جریان فراهم می‌کنند (پارسا مهر، ۱۳۷۹). Roshani (2003) به ارزیابی اثر سدهای اصلاحی بر روی دبی اوج سیلان در حوضه آبخیز کن پرداخت و بیان کرد که ساخت سدهای کنترلی در داخل آبراهه‌ها برای کاهش دبی اوج سیل بسیار مناسب است (کبیر و همکاران، ۱۳۸۶)، کبیر و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی در حوضه آبخیز رودبار- قشلاق به این نتیجه رسیدند که سازه‌های احداث شده تأثیر چندان زیادی در افزایش زمان تمرکز حوضه نداشتند و میزان افزایش زمان تمرکز در همه موارد کمتر از ۱٪ بوده است (مهندی، ۱۳۷۸). بنی حبیب و عربی (۱۳۸۹) با شبیه‌سازی سیلان‌های با دوره بازگشت‌های مختلف نتیجه گرفتند که عملیات آبخیزداری منجر به کاهش دبی اوج سیلان و افزایش زمان پیش‌نشدار سیل می‌شود. روغنی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی اثر سازه‌های آبخیزداری بر رفتار هیدرولوژیکی حوضه بارده پرداختند و بیان نمودند که بندهای احداث شده از طریق ذخیره رواناب و نفوذ عمقی جریان قادر به کنترل سیل می‌باشد. گل و همکاران (۲۰۱۰) با ترکیب روش‌های مدل‌سازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، کارائی سازه‌های کنترل سیل در حوضه بوستانی در ترکیه را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که احداث سد با کاهش دبی اوج سیل از ۶۸/۹ و ۱۵۸/۷ مترمکعب بر ثانیه (به ترتیب با دوره بازگشت‌های ۱۰۰ و ۵۰۰ سال) به ۶۵/۵ و ۱۵۰/۷ مترمکعب بر ثانیه دارای اثر کنترلی مثبت می‌باشد. زهتابیان و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر سدهای گابیونی در کنترل رسوب معلق نتیجه گرفتند که این سازه اثر معنی‌داری بر کنترل رسوب ندارند. روغنی (۱۳۹۱) اثر بندها در کنترل رواناب را بررسی نمود و نشان داد که سازه‌های موجود علاوه بر نفوذ دادن عمقی رواناب، قادر به کاهش شبیه و سرعت جریان بوده و دارای اثر مثبت در کنترل سیل می‌باشد. ندیمی و همکاران (۱۳۹۱) اثر اقدامات بیولوژیک بر

سیل را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که عملیات آبخیزداری از طریق افزایش پوشش گیاهی، منجر به کاهش CN و در نهایت کاهش حجم سیلاب و دبی اوج شده است. دستورانی و همکاران (۱۳۹۱) اثر سناریوهای مختلف احداث سدهای اصلاحی در کاهش دبی سیل را بررسی نمودند و نشان دادند سازه‌های مذکور دارای اثر قابل توجه بر دبی پیک نمی‌باشد. سینگ و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی اثر مدیریت آب بر هیدرولوژی در حوضه گاراکوندار-دابار در هند پرداختند و اثر آن بر افزایش جریان پایه رودخانه، تغذیه آب زیرزمینی و کاهش جریان ناشی از رگبار را تأیید نمودند. با توجه به مطالب گفته شده هدف از این تحقیق بررسی میزان تأثیر سدهای اصلاحی احداث شده در بالادست سد تجن (ساری) بر خصوصیات هیدرولوژیک حوضه آبخیز محمدآباد می‌باشد.

### روش تحقیق معرفی منطقه

حوضه آبخیز محمدآباد قسمتی از حوضه آبخیز سد تجن می‌باشد که در طول جغرافیایی بین "۱۲° ۲۰' ۵۳° تا " ۲۰° ۵۳° و عرض جغرافیایی "۳۵° ۰' ۳۶° تا " ۲۰° ۳۶° واقع شده است (شکل ۱). مساحت این حوضه ۱۶۷۲۱ هکتار بوده و متوسط بارندگی آن ۷۷۵,۹ میلی‌متر می‌باشد. عملیات اجرایی آبخیزداری شامل احداث بندهای سنگی ملاتی و گابیونی در تعدادی از آبراهه‌های این حوضه از سال ۱۳۸۴ توسط مدیریت آبخیزداری شهرستان ساری به اجرا درآمده است. مساحت زیرحوضه‌های حوضه آبخیز محمدآباد در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول (۱) مساحت و علائم زیرحوضه‌های مورد مطالعه

مساحت (هکتار)	زیرحوضه	مساحت (هکتار)	زیرحوضه
۲۲۵/۶۱	F	۸۹۶/۲۲	A
۳۶۳/۲۳	G	۱۱۴۷/۵۹	B
۳۳۴/۲	H	۱۲۴	C
۱۳۱/۲۸	I	۱۳۲۴/۴۶	D
۹۷۰	J	۲۱۵/۵۲	E

منبع: اداره کل منابع طبیعی ساری، ۱۳۸۳

### جمع آوری داده‌ها

جهت انجام این تحقیق، ابتدا مقادیر CN زیرحوضه‌ها، نقشه توپوگرافی منطقه (مقیاس: ۱:۲۵۰۰۰) و مشخصات سدهای اصلاحی از جمله: تعداد، ارتفاع مفید و مختصات جغرافیایی آن‌ها از اداره کل منابع طبیعی ساری تهیه گردید (جدول ۲).

جدول (۲) شماره منحنی CN زیرحوضه‌های مورد مطالعه

شماره منحنی	زیرحوضه	شماره منحنی	زیرحوضه
۶۲/۴	F	۶۴/۵	A
۶۱/۵	G	۶۰/۵	B
۶۰	H	۶۰/۲	C
۶۱/۸	I	۶۰/۴	D
۶۲/۹	J	۵۸/۸	E

منبع: اداره کل منابع طبیعی ساری، ۱۳۸۴

### - برآورد زمان تمرکز زیرحوضه‌ها قبل و بعد از احداث سازه

با توجه به اینکه هدف اصلی از این تحقیق بررسی میزان تأثیر سازه‌های احداث شده بر دبی اوج سیلان می‌باشد، اقدام به ترسیم پروفیل طولی آبراهه‌ها، در دو حالت قبل و بعد از احداث سازه‌ها گردید. برای این کار و جهت رسم پروفیل طولی آبراهه در قبل از احداث سازه‌ها، ابتدا نقطه انتهایی لایه رسوب‌گذاری شده (دورترین نقطه تنشست ذرات رسوبی نسبت به بدن سد) و نیز ضخامت لایه رسوبی در کناره سد (نزدیک ترین نقطه به بدن سد) تعیین گردید. در مرحله بعد، با مشخص کردن ارتفاع اولیه بستر در محل احداث سازه، این دو نقطه با شب ثابت به یکدیگر متصل گردیدند و این شب به عنوان شب اولیه بستر منظور گردید. سپس، با

تعیین طول و شیب آبراهه اصلی از روی پروفیل طولی، زمان تمرکز آبراهه قبل از احداث سازه‌های اصلاحی برای هر زیرحوضه مشخص شد (رابطه ۱).

برای ترسیم پروفیل طولی پس از احداث سد، با در دست داشتن ارتفاع رسوب‌گذاری در پشت هر سد ابتدا پروفیل طولی آبراهه بازسازی شد، سپس شیب آبراهه از روی پروفیل طولی بدست آمد و در نهایت زمان تمرکز آبراهه بعد از احداث سازه‌های اصلاحی برای هر زیرحوضه مشخص شد.

$$TC = 0.019 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (1)$$

در این رابطه  $CT$  زمان تمرکز حوضه بر حسب ساعت،  $L$  طول آبراهه اصلی بر حسب متر و  $S$  شیب بر حسب متر بر متر می‌باشد.

#### - برآورد دبی اوج سیلان حوضه‌ها قبل و بعد از احداث سازه

برای محاسبه دبی اوج سیلان قبل از احداث سازه، ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته مورد نیاز می‌باشد. جهت محاسبه بارندگی ۲۴ ساعته، بدلیل نبود آمار بارندگی در داخل حوضه از آمار ایستگاه مجاور (ایستگاه سنگده) استفاده شد (جدول ۳).

جدول (۳) ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه سنگده

دوره بازگشت	بارندگی ۲۴ ساعته	ساعت
۱۰۰	۸۱.۷	۷۱
۵۰	۶۷.۷	۵۷.۹
۲۵		۴۸.۸
۲۰		۳۷
۱۰		
۵		
۲		
		منبع: محاسبات تحقیق

پس از محاسبه ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته و شماره منحنی (CN) منطقه (جدول ۲)، ارتفاع رواناب از طریق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (2)$$

که در آن  $Q$  و  $P$  به ترتیب رواناب و ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته بر حسب سانتی‌متر بوده و  $S$  حداکثر پتانسیل نگهداشت بر حسب سانتی‌متر می‌باشد که با شماره منحنی توسط رابطه ۳ ارتباط دارد.

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4 \quad (3)$$

پس از تعیین ارتفاع رواناب سطحی ناشی از رگبار، جهت محاسبه دبی اوج سیل از رابطه ۴ استفاده شد.

$$Q_{\max} = \frac{2.083A.Q}{tp} \quad (4)$$

در این رابطه A سطح حوضه به کیلومتر مربع، Q ارتفاع رواناب محاسبه شده بر حسب سانتی‌متر و (tp) زمان تا اوج هیدروگراف بر حسب ساعت که از رابطه زیر بدست آمد:

$$T_p = 0.6T_c + \sqrt{T_c} \quad (5)$$

که در آن  $T_p$  و  $T_c$  هر دو به دقیقه می‌باشد.

برای محاسبه دبی اوج پس از ایجاد سازه، پارامترهای A و Q ثابت باقی خواهند ماند و تنها عاملی که تغییر می‌کند tp می‌باشد، که این عامل برای بعد از احداث سازه مجدداً حساب گردید و در نهایت دبی اوج در زمان بعد از ایجاد سازه نیز به دست آمد. در مرحله آخر، جهت تعیین عوامل مؤثر در تغییر زمان تمرکز و دبی اوج سیلاب، از آزمون آماری مقایسه میانگین‌ها و رگرسیون خطی در محیط نرم افزار SPSS15 استفاده شد.

## نتایج

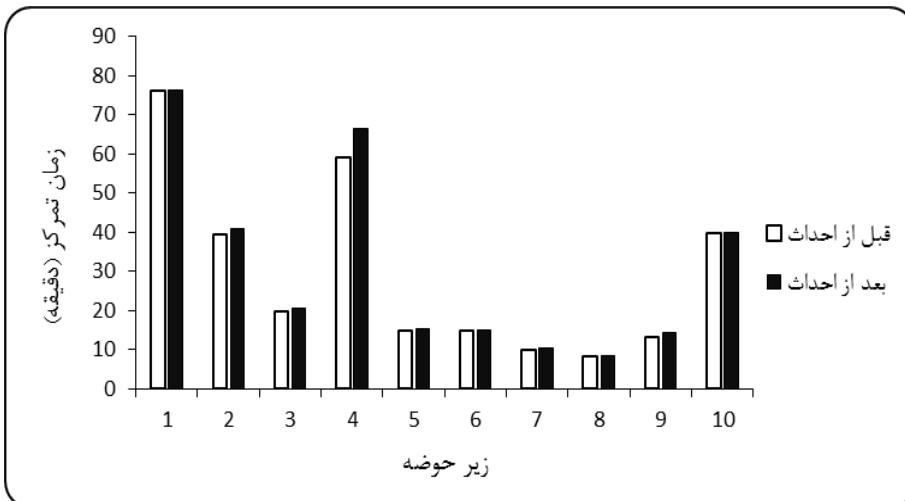
پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سد بر ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه آبخیز محمد آباد انجام شد. به این منظور نتایج حاصل از اندازه‌گیری و محاسبه طول آبراهه، شب آبراهه و زمان تمرکز در قبل و بعد از احداث سدهای اصلاحی در جدول ۴ آمده است.

همچنین نتایج حاصل از مقایسه زمان تمرکز در قبل و بعد از ساخت سازه‌ها و نیز درصد تغییر در زمان تمرکز و تعداد سازه‌های اصلاحی برای هر زیر حوضه به ترتیب در شکل ۲ و جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که در بسیاری از زیر حوضه‌ها تغییر قابل توجهی در زمان تمرکز ایجاد نشده است.

جدول (۴) نتایج محاسبات تعیین زمان تمرکز در هر یک از زیرحوضه‌های حوضه آبخیز محمدآباد

در بازه دارای سازه بعد		مشخصات قبل	زیر حوضه	در بازه دارای سازه بعد		مشخصات قبل	زیر حوضه
بعد	قبل			بعد	قبل		
۲۲۹۰/۰۷	۲۲۹۱/۰۵	طول(متر)	F	۵۸۱۰/۲۷	۵۸۱۰/۲۹	طول(متر)	A
۱۶/۹۱	۱۷/۵۴	شیب(درصد)		۱/۵۶	۱/۵۸۳	شیب(درصد)	
۱۴/۹۳	۱۴/۷۳	زمان تمرکز(دقیقه)		۷۶/۴۶	۷۶/۱۴	زمان تمرکز(دقیقه)	
۱۳۶۳/۱۵	۱۳۶۳/۷۹	طول(متر)	G	۵۵۷۶/۱۹	۵۵۷۶/۵۶	طول(متر)	B
۱۵/۴۵	۱۶/۸۶	شیب(درصد)		۷/۲۶	۷/۹۹۷	شیب(درصد)	
۱۰/۳۷	۱۰/۰۳	زمان تمرکز(دقیقه)		۴۱/۰۴	۳۹/۵۴	زمان تمرکز(دقیقه)	
۹۲۵/۳۲	۹۲۵/۶۳	طول(متر)	H	۳۱۹۸/۹۲	۳۱۹۹/۰۸	طول(متر)	C
۱۲/۱	۱۲/۹۶	شیب(درصد)		۱۴/۴۹	۱۶/۲۵	شیب(درصد)	
۸/۴۵	۸/۲۳	زمان تمرکز(دقیقه)		۲۰/۰۵	۱۹/۶۱	زمان تمرکز(دقیقه)	
۱۰/۸۴/۳۳	۱۰/۸۴/۵۴	طول(متر)	I	۵۲۹۳/۱۲	۵۲۹۳/۶۱	طول(متر)	D
۴/۳۱	۵/۳۴	شیب(درصد)		۱/۸۵	۲/۵۳	شیب(درصد)	
۱۴/۲۱	۱۳/۰۸	زمان تمرکز(دقیقه)		۶۶/۶۳	۵۹/۱۶	زمان تمرکز(دقیقه)	
۶۱۹۱/۴	۶۱۹۲/۴	طول(متر)	J	۲۶۳۷/۸	۲۶۳۸	طول(متر)	E
۹/۵۶	۹/۶۸	شیب(درصد)		۲۱/۱۵	۲۲/۴۳	شیب(درصد)	
۴۰/۰۱	۳۹/۸۲	زمان تمرکز(دقیقه)		۱۵/۲۸	۱۴/۹۳	زمان تمرکز(دقیقه)	

منبع: محاسبات تحقیق



شکل (۲) نمودار مقایسه زمان تمرکز زیرحوضه‌ها در قبل و بعد از احداث سازه‌ها (منبع: محاسبات تحقیق)

۲۲۱ اثرات احداث سدهای اصلاحی بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبخیز...

جدول (۵) مشخصات زیرحوضه‌های حوضه آبخیز محمدآباد و ارتباط آن با میزان تغییر در زمان تمرکز

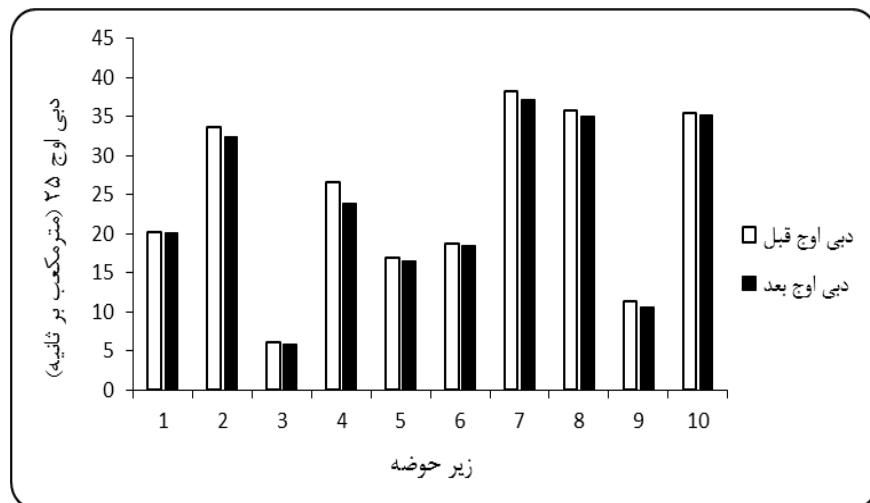
زیرحوضه	تعدادسازه	تغییر در زمان تمرکز(درصد)
A	۲	.۴۱۷
B	۹	۳/۷۹
C	۶	۴/۵۴
D	۱۵	۱۲/۶۳
E	۵	۲/۳۴
F	۵	۱/۳۵
G	۵	۳/۳۸
H	۵	۲/۶۷
I	۹	۸/۶۹
J	۶	.۴۷۷۱

با توجه به اینکه سازه‌های اصلاحی متداول در آبخیزداری بر اساس دبی طرح با دوره بازگشت ۲۵ سال طراحی می‌شوند، لذا نتایج مربوط به تغییر در دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال برای زیرحوضه‌های مورد مطالعه در جدول ۶ و شکل ۳ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین تغییر در دبی اوج سیلاب در حوضه D حاصل شده است.

جدول (۶) نتایج محاسبات تغییر در دبی اوج ۲۵ ساله برای زیرحوضه‌های حوضه آبخیز محمدآباد

زیرحوضه	دبی اوج سیلاب(بعد)	دبی اوج سیلاب(قبل)	میزان تغییر(درصد)
A	۲۰/۱۶۵۹۶	۲۰/۰۸۸۴۲	.۳۸۴
B	۳۳/۵۹۶۰۱	۳۲/۴۹۴	۳/۲۷۹
C	۶/۰۶۵۰۷۹	۵/۸۴۱	۳/۶۸۴
D	۲۶/۶۸۴۰۳	۲۳/۹۳۴	۱۰/۳
E	۱۶/۸۹۳۱۱	۱۶/۵۶۹۷۲	۱/۹۱۴
F	۱۸/۷۶۱۳۳	۱۸/۵۴۱۸	۱/۱۷
G	۳۸/۳۰۴۱۴	۳۷/۲۷	۲/۶۹۹
H	۳۵/۷۷۰۸۱	۳۵/۰۰۷۹۱	۲/۱۳۲
I	۱۱/۴۰۶۷۷	۱۰/۶۳۵	۶/۷۶
J	۳۵/۴۰۸۱	۳۵/۲۵۴	.۴۳۵

منبع: محاسبات تحقیق



شکل (۳) نمودار مقایسه دبی اوج ۲۵ ساله زیرحوضه‌ها در قبل و بعد از احداث سازه‌ها (منبع: محاسبات تحقیق)

همچنین نتایج مربوط به مقایسه پارامترهای هیدرولوژیکی از قبیل شبیب آبراهه، زمان تمرکز و دبی اوج سیلان در قبل و بعد از ساخت سازه‌ها در جدول ۷ آمده است. نتایج نشان داد شبیب آبراهه به طور معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد ( $P_{value} = 0.001$ ) و دبی اوج سیلان در سطح ۹۵ درصد ( $P_{value} = 0.017$ ) پس از ساخت سدهای اصلاحی کاهش یافته که نشان دهنده تأثیر مثبت احداث سازه‌ها می‌باشد.

جدول (۷) نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون t

P-value	T-value	میانگین		پارامتر
		قبل از ساخت سد	بعد از ساخت سد	
0.001***	4.94	10/46	11/32	شبیب (%)
0.107ns	-1.79	30/79	29/53	زمان تمرکز (دقیقه)
0.017*	2.93	23/56	24/31	دبی اوج سیلان (متر مکعب بر ثانیه)
منبع: محاسبات تحقیق				

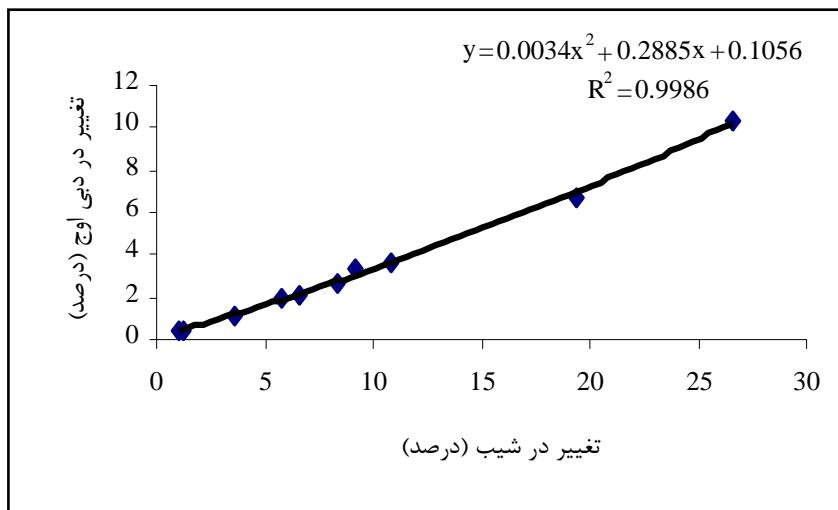
نتایج حاصل از ماتریس همبستگی بین عوامل محاسبه شده و تغییر در دبی اوج سیلان و نیز رابطه دبی با مؤثرترین پارامترها در جدول ۸ و اشکال ۴ و ۵ نشان داده شده است. همانطور که

مشاهده می شود، تغییر در دبی اوج سیلاب با عواملی همچون تغییر در شب آبراهه و تعداد سازه ها در سطح ۹۹٪ معنی دار می باشد.

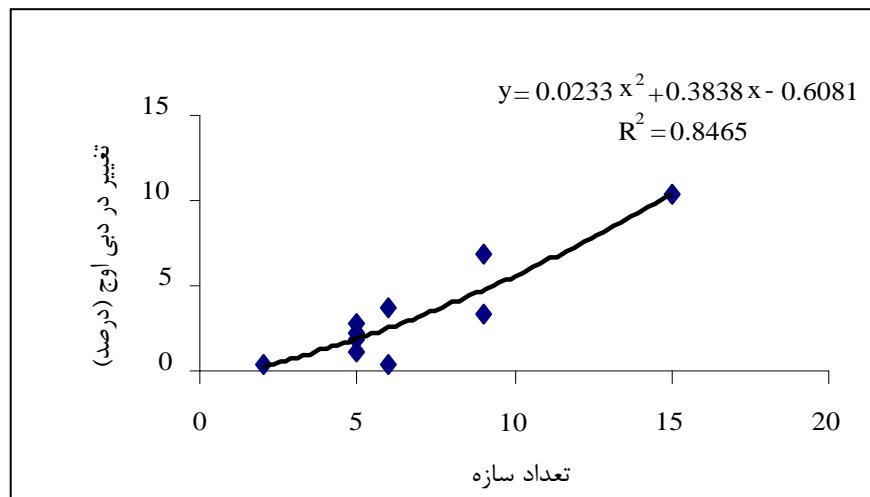
جدول (۸) ماتریس همبستگی بین فاکتورهای مؤثر در تغییر در زمان تمرکز و دبی اوج سیلاب در حوضه مورد مطالعه

تغییر در طول آبراهه	تغییر در شب	میزان تغییر در دبی اوج	تعداد سد	میزان تغییر در زمان تمرکز	
				۱	میزان تغییر در زمان تمرکز
			۱	.۰/۹۰۰**	تعداد سد
		۱	.۰/۹۱۳**	.۰/۹۹۹**	میزان تغییر در دبی اوج
	۱	.۰/۹۹۷**	.۰/۸۹۳**	.۰/۹۹۸**	تغییر در شب
۱	-.۰/۰۴۹ns	-.۰/۰۸۹ns	-.۰/۱۶۴ns	-.۰/۰۷۱ns	تغییر در طول آبراهه

ns: non significant  
منبع: محاسبات تحقیق



شکل (۴) نمودار رابطه تغییر در شب آبراهه و تغییر در دبی اوج (منبع: محاسبات تحقیق)



شکل (۵) نمودار رابطه بین تعداد سازه و تغییر در دبی اوج (منبع: محاسبات تحقیق)

### نتیجه‌گیری

با توجه به جدول ۴ مشخص می‌شود که با احداث سد، کاهش طول آبراهه در اثر رسوب-گذاری، برای تمام زیرحوضه‌ها کمتر از ۱ درصد مجموع طول آبراهه اصلی بوده است. بنابراین می‌توان بیان کرد سدهای اصلاحی تأثیر چندانی بر کاهش طول آبراهه اصلی و به موجب آن تغییر در زمان تمرکز ایفا نکرده‌اند. همچنین ماتریس همبستگی بین پارامترهای مختلف تأثیر گذار بر زمان تمرکز بیانگر عدم همبستگی بین تغییر در طول آبراهه و تغییر در زمان تمرکز نیز می‌باشد (جدول ۸). این نتیجه با یافته‌های کبیر و همکاران (۱۳۸۶) همخوانی دارد. نتایج مربوط به تأثیر سازه‌های اصلاحی بر تغییر در دبی اوج سیلان می‌باشد (جدول ۸). این نتیجه را می‌توان این تغییر در طول آبراهه و تغییر در دبی اوج سیلان می‌باشد (جدول ۸). این نتیجه را می‌توان این گونه بیان کرد که در حوضه آبخیز محمدآباد، طول آبراهه‌ها نسبتاً زیاد و سازه‌های اصلاحی در درصد کمی از آبراهه احداث شده‌اند، بنابراین این سازه‌ها نقش چندانی در کاهش طول آبراهه و پی آمد آن تغییر در زمان تمرکز ایفا نکرده‌اند، ولی به این علت که در تثبیت پروفیل طولی آبراهه نقش دارند احداث شده‌اند. همچنین ماتریس همبستگی بین فاکتورهای مؤثر در تغییر زمان تمرکز و دبی اوج سیلان نشان می‌دهد که تغییر در دبی اوج سیلان با عواملی همچون تغییر در شب آبراهه و تعداد سازه‌ها در سطح ۹۹٪ معنی دار بوده و دارای بهترین رابطه رگرسیونی (ضریب تبیین به ترتیب برابر با ۰،۹۹ و ۰،۸۴) می‌باشد (اشکال ۴ و ۵). نتایج مربوط به تأثیر سازه‌های اصلاحی بر روی شب آبراهه نشان می‌دهد که سازه‌های اصلاحی تأثیر مثبتی

بر کاهش شیب آبراهه ایفا کرده‌اند، بطوریکه بیشترین تغییر در شیب آبراهه در زیرحوضه D به میزان ۲۶/۵۹ درصد نسبت به زمان قبل از احداث سازه حاصل شده است (جدول ۴). مشابه این نتایج می‌توان به یافته‌های (Allen and Welch (1971) و Xu et al (2004) اشاره نمود. در توجیه این نتیجه می‌توان گفت که در طی مرحله اول از جریان سیلابی، سدهای اصلاحی رسوب و جریان سیلابی را در خود ذخیره می‌کنند. ذخیره رسوب و افزایش مقطع عرضی آبراهه، منجر به کاهش شیب حد و افزایش زمان تمرکز می‌شود و این عمل منجر به افزایش زمان تا اوج سیلاب شده که در نهایت موجب کاهش دبی اوج خواهد شد. با مقایسه زمان تمرکز قبل و بعد از احداث سازه در هر یک از زیرحوضه‌های مورد مطالعه نتایج مختلفی به دست آمده است. نتایج حاصله نشان داد که بیشترین تغییر در زمان تمرکز در زیرحوضه D با مساحتی حدود ۱۳۲۴/۴۶ هکتار، شیب متوسط وزنی ۲/۵۳ درصد و تعداد سازه‌های اصلاحی ۱۵ حاصل شده است (جدول ۵). میزان زمان تمرکز در این زیرحوضه پس از احداث سازه نسبت به زمان تمرکز قبل از احداث سازه به میزان ۱۲/۶۳ درصد افزایش یافته است. همچنین کمترین تغییر در زمان تمرکز در زیرحوضه A با تعداد ۲ سازه به میزان ۰/۴۱۷ درصد مشاهده شده است (جدول ۵)، با توجه به اینکه بیشترین تعداد سازه‌های اصلاحی در زیرحوضه D به تعداد ۱۵ و کمترین سازه‌های اصلاحی به تعداد ۲ در زیرحوضه A حاصل شده است، این نتیجه حاصل می‌شود که سازه‌های اصلاحی عامل مهمی در افزایش زمان تمرکز و کاهش دبی اوج سیلاب می‌باشد. این نتیجه نیز با یافته‌های (Roshani (2003) و Moore Honxiong (1998) (1996) مبنی بر تأثیر مثبت سازه‌های اصلاحی بر کاهش دبی اوج همخوانی و با یافته‌های کبیر و همکاران (۱۳۸۶) مغایرت دارد. بنابراین می‌توان گفت که با افزایش تعداد سازه‌های اصلاحی، حجم رسوبات نگهداشته شده توسط سدهای اصلاحی افزایش و به همان نسبت نیز موجب کاهش بیشتر در شیب حد و افزایش زمان تمرکز خواهد شد. از سویی دیگر با افزایش ذخیره جریان سیلابی، دبی اوج سیل نیز به میزان بیشتری کاهش پیدا می‌کند. یکی از اثرات سازه‌های اصلاحی به ویژه در بازه‌های سیلابی پایین تر ایجاد تنوع و دگرگونی طولی در انواع پوشش گیاهی بلاfacله در بالادست یا پایین دست می‌باشد. این امر موجب تغییر در CN منطقه، زمان تمرکز و دبی اوج سیلاب خواهد شد. با توجه به مهیا نبودن اطلاعات مربوط به CN در دوره قبل از احداث این سازه‌ها شرایط برای فهم از میزان تأثیر سازه‌های اصلاحی بر تغییر در پوشش و CN و بی‌آمد آن تغییر در زمان تمرکز و دبی اوج سیلاب فراهم نبود.

با توجه به اینکه عملیات اصلاحی در این حوضه نتوانسته چندان به اهداف از پیش تعیین شده خود دست یابد می‌توان دلایل زیر را برای این منظور برشمرد. همانطور که در جدول ۵

نشان داده شده است سازه‌های اصلاحی مورد مطالعه با توجه به مساحت زیرحوضه‌ها، به تعداد کمی ساخته شده است. از طرف دیگر عدم رعایت فاصله مناسب بین این سازه‌ها از کارایی آنها خواهد کاست. در این زمینه (Heede and Mufich 1973) با مطالعه بر روی سدهای اصلاحی بیان کردند که نبود فاصله کافی و فاصله بیش از حد بین این سازه‌ها از کارایی سازه‌های اصلاحی به میزان قابل توجهی خواهد کاست. بنابراین می‌توان انتظار داشت که با افزایش تعداد سازه‌های اصلاحی و رعایت فاصله مناسب بین این سازه‌ها، سازه‌های اصلاحی احداث شده بتوانند به نحو مطلوب‌تری موجب افزایش زمان تمرکز حوضه و کاهش دبی اوج سیلاب شوند. دلیل دیگر برای عدم کارایی سازه‌های احداث شده در این حوضه را می‌توان ارتفاع مفید این سدها دانست. اگر هدف از احداث سازه‌های اصلاحی ثبت شیب آبراهه باشد، هر دو نوع بندهای کوتاه و بلند ممکن است اهداف طرح را برآورده کند. در مواردی که کنترل رسوب و انباشت رسوبات در پشت بندها مدنظر باشد، بندهای با ارتفاع بلند کارایی بیشتری خواهند داشت. لذا توجه به این موضوع که سازه‌های احداث شده در این حوضه عمدتاً کوتاه هستند، می‌توان اظهار کرد که با افزایش ارتفاع مفید سازه‌های اصلاحی، حجم سیلاب و رسوب ذخیره شده افزایش یابد که این امر می‌تواند موجب افزایش زمان تمرکز و کاهش دبی اوج سیلاب به نحو مؤثرتری شود. همچنین به دلیل سیلاب‌های واریزهای در محل احداث سازه‌ها و پرشدن مخزن ذخیره این سدها از رسوب، کارایی این سازه‌ها کاهش یافته است. بنابراین با بازسازی مجدد و تخلیه رسوب این سازه‌ها، تا حد زیادی موجب بالارفتن کارایی این سدها می‌شود. نتیجه‌گیری کلی حاصل از این تحقیق بیانگر ارتباط مثبت و معنی‌دار بین تعداد سازه‌های اصلاحی و افزایش زمان تمرکز و کاهش میزان دبی اوج سیلاب می‌باشد. بنابراین می‌توان اظهار داشت که با در نظرگرفتن تعداً سدهای اصلاحی به تعداً کافی در پروژه‌های کنترل فرسایش و رسوب، نقش بسزایی در موفقیت این طرح‌ها که بعضاً با هزینه‌های اجرایی بسیاربالایی احداث می‌گردد، خواهد داشت. بنابراین موضوع بالابردن تعداد سازه‌های اصلاحی که خود منجر به بالا بردن هزینه‌های اجرایی این پروژه‌ها می‌گردد، چالش اصلی این طرح‌ها در مدیریت حوضه آبخیز می‌باشد که در این زمینه نیز مطالعات و تحقیقات بیشتری را می‌طلبد تا بتوان به شرایط بهینه‌ای جهت دستیابی به اهداف پروژه با هزینه کمتر در اقدامات اجرایی دست یافت.

### سیاسگزاری

هزینه‌های انجام این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری تامین گردیده که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع و مأخذ

۱. بنی حبیب، محمد و ابراهیم، عربی آذر (۱۳۸۹). ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری بر زمان پیش هشدار حوضه آبخیز گلابدره- دربند. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۲، ۷۶-۸۸.
۲. پارسا مهر، محمدرضا (۱۳۷۹). بررسی کارایی سازه اصلاحی در جمع آوری رسوب، مطالعه موردی حوضه آبخیز غاز محله شهرستان کردکوی. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۳. دستورانی، محمد تقی، یوسفی، محسن، سلطانی، محبوبه و پورشرعیاتی، ربابه (۱۳۹۱). بررسی تاثیر سدهای رسوبگیر در کاهش دبی سیالاب حوضه‌های آبخیز (مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد یزد). مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، ۲۷ و ۲۸ اردیبهشت، دانشگاه لرستان، ۹، ص.
۴. روغنی، محمد (۱۳۹۱). بررسی نقش سازه‌های حفاظت آب و خاک در کنترل و ذخیره رواناب‌ها (مطالعه موردی در حوضه آبخیز حیدری). پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۹۶، ۳۶-۴۴.
۵. روغنی، محمد، طباطبایی، سید محمودرضا و شادفر، صمد (۱۳۸۹). ارزیابی عملیات آبخیزداری و معرفی روشی در تعیین سازه‌های کنترل سیل. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۳، ۵۱-۶۰.
۶. کبیر، آتنا، نجفی نژاد، علی، همت زاده، یلدا و کورکی نژاد، مسعود (۱۳۸۶). بررسی احداث سدهای اصلاحی بر روی زمان تمرکز (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودبار- قشلاق، استان گلستان)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۴: ۱-۸.
۷. مهدوی، محمد (۱۳۷۸). هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، دانشگاه تهران، ۱، ۴۰ صفحه.
۸. ندیمی، نادیا، زهتابیان، غلامرضا و ملکیان، آرش (۱۳۹۱). ارزیابی نقش اقدامات بیولوژیک آبخیزداری بر کاهش سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ینگجه). پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۹۶، ۹۷-۱۰۷.

Allen, P.B. and Welch, N.H, (1971). *Sediment yield reduction on watersheds treated with flood-retarding structures*. ASAE, 14, 814–817.

Bennet, H.H., (1939). *Soil Conservation*. Mc-Graw, Hill Book Company, 993 pp.

- Bombino, G., Gurnell, A.M. Tamburino, V., Zema, D.A. and Zimbone, S.M, (2008). *Sediment size variation in torrents with check dams: Effects on riparian vegetation.* Ecological Engineering, 32, 166–177.
- Brouwer, R. and Van, E.k, (2004). *Reintegrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands.* Ecological Economics, 50, 1–21.
- Castillo, V.M., Mosch, W.M., Conesa García, C., Barberá, G.G., Navarro Cano., J.A. and López-Bermúdez, F, (2007). *Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Cárcavo (Murcia, Spain).* Catena, 70, 416-427.
- Corbit, A., (1999). *Standard Handbook of Environmental Engineering.* Edited by Robert Corbit, McGraw Hill, New York, NY.
- Detailed studies of Mohannad Abad watershed, (2003) *Ministry of watershed management of Sari.*
- Goel, P.K., Samra, J.S. and Bansal. R.C, (1996). *Sediment retention by gabion structures in Bunga Watershed.* Indian Journal of Soil Conservation, 24, 107–110.
- Gul, G.O., Harmancioglu, N. and Gul, A, (2010). *A combined hydrologic and hydraulic modeling approach for testing efficiency of structural flood control measures.* Natural Hazards, 54, 245-260.
- Han Li, M., Chibber, P. and Cahill, T, (2005). *Estimating Time of Concentration of Overland Flow on Very Flat Terrains.* American Society of Agricultural and Biological Engineers, Paper number 052107, ASAE Annual Meeting, St.Joseph, Michigan.
- Hassanli, A.M., Esmaeli Nameghi, A. and Beecham, S, (2009). *Evaluation of the effect of porous check dam location on fine sediment retention.* Environmental Monitoring and Assessment, 152, 319–326.

Heede, B.H. and Mufich, J.G, (1973). *Functional relationships and a computer program for structural gully control.* Journal of Environmental Health, 45, 5–12.

Honxiong, Z., (1998). *The uses of silt trap dams in Zingzi river basin.* ASAE, 1064-1069.

Hudson, N.W., (1976). *Soil Conservation.* B.T. Batsford Ltd, London, UK.

Hudson-Edwards, K.A., Macklin, M.G., Jamieson, H.E., Brewer, P.A., Coulthard, T.J., Howard, A.J. and Turner, J.N, (2003). *The impact of tailings dam spills and clean-up operations on sediment and water quality in river systems: the Ríos Agrio–Guadiamar, Aznalcóllar, Spain.* Applied Geochemistry, 18, 221-239.

Kundzewicz, Z.W., (2002). *Non-structural Flood Protection and Sustainability.* Water International, 27, 3 – 13.

Moore, C.M., (1996). *Effect of small structure on peak flow, in effect of watershed change on stream flow.* Water Resources symposium NO2, Austin, Texas, October 1968, P 101-117, University of Texas press, Austin and London, 17 pp.

Nyssen, J., Veyret-Picot, M., Poesen, J., Moeyersons, J., Haile, M., Deckers, J. and Govers, G, (2004). *The effectiveness of loose rock check dams for gully control in Tigray, northern Ethiopia.* Soil Use and Management, 20 pp.

Roshani, R., (2003). *Evaluating the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control measures (Kan case study in Iran).* Thesis submitted to the I.T.C institute for the degree of Master of Science, 54 pp.

Simonovic, S.P., (2002). *Two new non-structural measures for sustainable management of floods.* Water International, 27, 38 – 46.

- Singh, R., Garg, K.K., Wani, S.P., Tewari, R.K. and Dhyani, S.K, (2014) *Impact of water management interventions on hydrology and ecosystem services in Garhkundar-Dabar watershed of Bundelkhand region, Central India.* Journal of Hydrology, 509, 132-149.
- Xu, X.Z., Zhang, H.W. and Zhang, O, (2004). *Development of check dam systems in gullies on the Loess Plateau, China.* Environmental Science and Policy, 7, 79–86.
- Zehtabiyani, GH, Ghoddusi, J., Ahmadi, H. and Khalilzadeh, M, (2011). *Assessment of the Efficiency of Check Dams in the Control of Stream Suspended Load (Case Study: MARMEH Watershed in Southern IRAN).* Journal of Environmental Hydrology, 19, 1-10.