نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال چهاردهم، شماره ۳۵، زمستان ۹۳

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

دریافت مقاله:۹۲/۴/۱۱ پذیرش نهایی: ۹۳/۲/۲۰
صفحات: ۲۳۰-۲۱۳

عطا اله کاویان: دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری[۱]
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 قائمشهر
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 سیلاب درحوضه آبخیز محمد آباد است. بدین منظور ۶۷ سازه اصلاحی احداث شده در ۱۰ زیرحوضه از حوضه آبخیز محمد آباد در فاصله تقریبی ۷۵ کیلومتری ازشهرستان 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 سیلاب در دو حالت قبل و بعد ازاحداث سازه‌ها به روش SCS برای هر یک از زیرحوضه‌ها برآورد شد. نتایج نشان از برآورد بیشترین تغییر در دبی اوج سیلاب 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 سیلاب ($P_{value} = 0.017$) بعد از ساخت سدهای اصلاحی وجود دارد، در حالی‌که بعد از ساخت سازه‌ها، تفاوت معنی‌داری در مقدار زمان تمرکز ($P_{value} = 0.107$) مشاهده نگردید. همچنین نتایج نشان داد تغییر در دبی اوج سیلاب ارتباط معنی-داری در سطح ۹۹٪ با تغییر درشیب آبراهه و تعداد سازه‌ها داشته و این در حالیست که رابطه معنی‌داری در سطح ۹۵٪ بین تغییر در دبی اوج سیلاب و تغییر در طول آبراهه وجود ندارد.

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

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** ساری- کیلومتر ۱۰ جاده نکا- دانشکده منابع طبیعی- صندوق پستی ۷۳۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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 متناسب، امری اجتناب ناپذیر است (Brouwer and Van, 2004). دراین ارتباط استفاده تلفیقی از عملیات ساختمانی و غیر سازه‌ای به منظور دستیابی به موفقیت بیشتر درعملیات 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 حوضه-های آبخیز و مطالعات کنترل سیل می‌باشد، بطوری‌که اجرای هرگونه عملیات در سطح حوضه با ایجاد تغییراتی در ضریب 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 می-توان احداث سدهای اصلاحی در طول آبراهه بیان کرد. سدهای اصلاحی سدهای کوچکی هستند که در عرض یک آبراهه یا خندق به منظور کاهش سرعت جریان‌های متمرکز (Nyssen et al, 2004)، افزایش کیفیت آب (Hudson et al, 2003; Heede and Mufich, 1973)، کنترل و تله اندازی رسوبات (Castillo et al, 2007)، افزایش ظرفیت نفوذ در کانال، افزایش پوشش گیاهی (Bombino et al, 2008; Goel et al, 1996) و کاهش دبی اوج سیلاب (Roshani, 2003; Moore, 1996; Honxiong, 1998) حوضه می‌شوند که در نهایت منجر به اصلاح نیمرخ طولی و عرضی آبراهه خواهند شد (Hassanli et al, 2009). بر پایه گزارش Hudson (1976) هدف اصلی از احداث این سدها نگهداشت 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، ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی آبراهه‌ها بخوبی شناخته نشده است. در این بین بیشتر تحقیقات در مورد تأثیر سدها بر روی برتری سدهای بزرگ و مخزن‌دار متمرکز 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

بستگی دارد (Han Li et al, 2005). Honxiong (1998) با مطالعه سدهای رسوب‌گیر چنین نتیجه گرفت که به دلیل عملکرد سدهای رسوب‌گیر، دبی حداکثر سیلاب 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 برآورد 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 ۴۸ تا ۹۸ 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 غازمحله کردکوی به این نتیجه رسید که سازه‌ها، شرایط هیدرولیکی جریان را تغییر داده، مقطع عرضی آبراهه را پهن‌تر و موجب کاهش شیب 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 سیلاب 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 نداشته و میزان افزایش زمان تمرکز در همه موارد کمتر از ۱٪ بوده است (مهدوی، ۱۳۷۸). بنی حبیب و عربی (۱۳۸۹) با شبیه‌سازی سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف نتیجه گرفتند که عملیات آبخیزداری منجر به کاهش دبی اوج سیلاب و افزایش زمان پیش هشدار 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 بوستانلی در ترکیه را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که احداث سد با کاهش دبی اوج سیل از ۶۸/۹ و ۱۵۸/۷ مترمکعب برثانیه (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 سازه های موجود علاوه بر نفوذ دادن عمقی رواناب، قادر به کاهش شیب و سرعت جریان بوده و دارای اثر مثبت در کنترل سیل می‌باشد. ندیمی و همکاران (۱۳۹۱) اثر اقدامات بیولوژیک بر

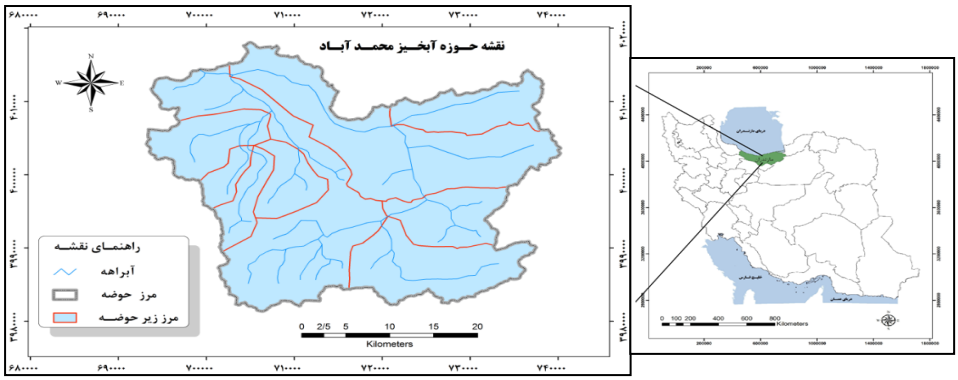
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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) برخصوصیات هیدرولوژیک حوضه آبخیز محمد آباد می‌باشد.

روش تحقیق

معرفی منطقه

حوضه آبخیز محمد آباد قسمتی از حوضه آبخیز سد تجن می‌باشد که در طول جغرافیایی بین ″۲۰ ′۱۲ °۵۳ تا ″۲۰ ′۲۰ °۵۳ و عرض جغرافیایی ″۳۵ ′۰۱ °۳۶ تا ″۲۰ ′۱۲ °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 محمد آباد در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

جدول (۱) مساحت و علائم زیرحوضه‌های مورد مطالعه

زیرحوضه	مساحت (هکتار)	زیرحوضه	مساحت (هکتار)
A	۸۹۶/۲۲	F	۲۲۵/۶۱
B	۱۱۴۷/۵۹	G	۳۶۳/۲۳
C	۱۲۴	H	۳۳۴/۲
D	۱۳۲۴/۴۶	I	۱۳۱/۲۸
E	۲۱۵/۵۲	J	۹۷۰
منبع: اداره کل منابع طبیعی ساری، ۱۳۸۳			

جمع آوری داده ها

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

زیرحوضه	شماره منحنی	زیرحوضه	شماره منحنی
A	۶۴/۵	F	۶۲/۴
B	۶۰/۵	G	۶۱/۵
C	۶۰/۲	H	۶۰
D	۶۰/۴	I	۶۱/۸
E	۵۸/۸	J	۶۲/۹
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 سیلاب 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 ته‌نشست ذرات رسوبی نسبت به بدنه سد) و نیز ضخامت لایه رسوبی در کناره سد (نزدیک ترین نقطه به بدنه سد) تعیین گردید. در مرحله بعد، با مشخص کردن ارتفاع اولیه بستر در محل احداث سازه، این دو نقطه با شیب ثابت به یکدیگر متصل گردیدند و این شیب به عنوان شیب اولیه بستر منظور گردید. سپس، با

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

تعیین طول و شیب آبراهه اصلی از روی پروفیل طولی، زمان تمرکز آبراهه قبل از احداث سازه-های 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.

$$TC = 0.019 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (۱)$$

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 سیلاب حوضه‌ها قبل و بعد از احداث سازه**

برای محاسبه دبی اوج سیلاب قبل از احداث سازه، ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته مورد نیاز می-باشد. 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	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
بارندگی۲۴ ساعته	۳۷	۴۸,۸	۵۷,۹	۶۷,۷	۷۱	۸۱,۷	۹۳,۳
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.

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \quad (۲)$$

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.

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4 \quad (۳)$$

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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

$$Q_{\max} = \frac{2.083A.Q}{tp} \quad (۴)$$

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:

$$T_p = 0.6T_c + \sqrt{T_c} \quad (۵)$$

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 مجددا حساب گردید و در نهایت دبی اوج در زمان بعد از ایجاد سازه نیز به‌دست 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، شیب آبراهه و زمان تمرکز در قبل و بعد از احداث سدهای اصلاحی در جدول ۴ آمده است.

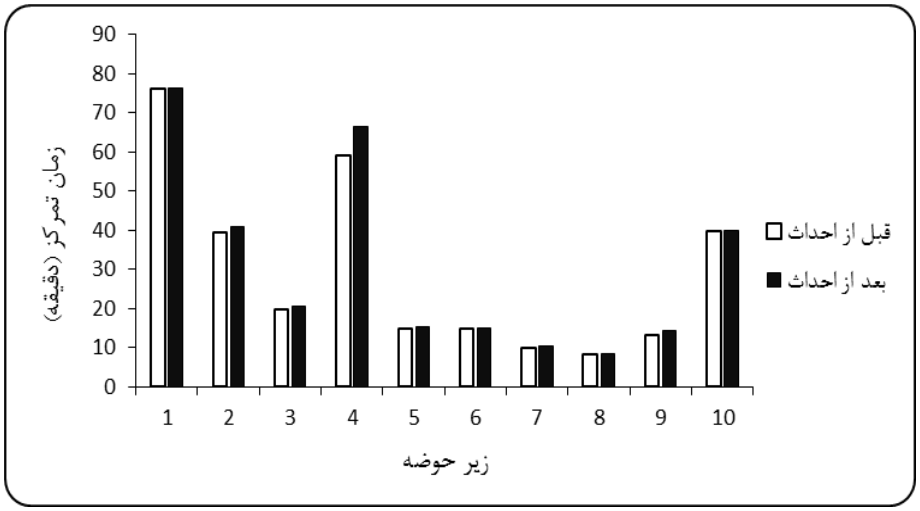
همچنین نتایج حاصل از مقایسه زمان تمرکز در قبل و بعد از ساخت سازه‌ها و نیز درصد تغییر در زمان تمرکز و تعداد سازه‌های اصلاحی برای هر زیر حوضه به ترتیب در شکل ۲ و جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که در بسیاری از زیرحوضه‌ها تغییر قابل توجهی در زمان تمرکز ایجاد نشده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

جدول (۴) نتایج محاسبات تعیین زمان تمرکز در هر یک از زیرحوضه‌های حوضه آبخیزمحمد آباد

زیرحوضه	مشخصات	در بازه دارای سازه		زیرحوضه	مشخصات	در بازه دارای سازه	
		قبل	بعد			قبل	بعد
A	طول(متر)	۵۸۱۰/۲۹	۵۸۱۰/۲۷	F	طول(متر)	۲۲۹۱/۰۵	۲۲۹۰/۰۷
	شیب(درصد)	۱/۵۸۳	۱/۵۶۶		شیب(درصد)	۱۷/۵۴	۱۶/۹۱
	زمان تمرکز(دقیقه)	۷۶/۱۴	۷۶/۴۶		زمان تمرکز(دقیقه)	۱۴/۷۳	۱۴/۹۳
B	طول(متر)	۵۵۷۶/۵۶	۵۵۷۶/۱۹	G	طول(متر)	۱۳۶۳/۷۹	۱۳۶۳/۱۵
	شیب(درصد)	۷/۹۹۷	۷/۲۶		شیب(درصد)	۱۶/۸۶	۱۵/۴۵
	زمان تمرکز(دقیقه)	۳۹/۵۴	۴۱/۰۴		زمان تمرکز(دقیقه)	۱۰/۰۳	۱۰/۳۷
C	طول(متر)	۳۱۹۹/۰۸	۳۱۹۸/۹۲	H	طول(متر)	۹۲۵/۶۳	۹۲۵/۳۲
	شیب(درصد)	۱۶/۲۵	۱۴/۴۹		شیب(درصد)	۱۲/۹۶	۱۲/۱
	زمان تمرکز(دقیقه)	۱۹/۶۱	۲۰/۵		زمان تمرکز(دقیقه)	۸/۲۳	۸/۴۵
D	طول(متر)	۵۲۹۳/۶۱	۵۲۹۳/۱۲	I	طول(متر)	۱۰۸۴/۵۴	۱۰۸۴/۳۳
	شیب(درصد)	۲/۵۳	۱/۸۵		شیب(درصد)	۵/۳۴	۴/۳۱
	زمان تمرکز(دقیقه)	۵۹/۱۶	۶۶/۶۳		زمان تمرکز(دقیقه)	۱۳/۰۸	۱۴/۲۱
E	طول(متر)	۲۶۳۸	۲۶۳۷/۸	J	طول(متر)	۶۱۹۲/۴	۶۱۹۱/۴
	شیب(درصد)	۲۲/۴۳	۲۱/۱۵		شیب(درصد)	۹/۶۸	۹/۵۶
	زمان تمرکز(دقیقه)	۱۴/۹۳	۱۵/۲۸		زمان تمرکز(دقیقه)	۳۹/۸۲	۴۰/۰۱

منبع: محاسبات تحقیق



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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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

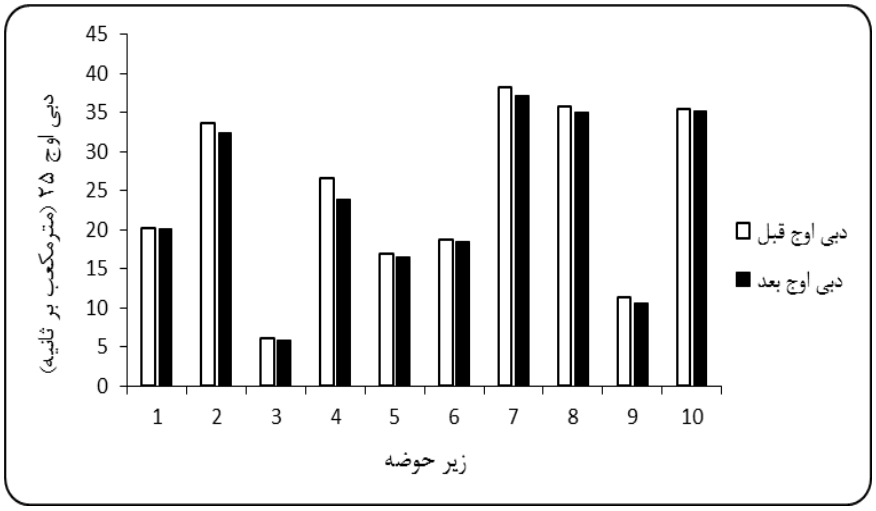
زیرحوضه	تعدادسازه	تغییر در زمان تمرکز(درصد)
A	۲	./۴۱۷
B	۹	۳/۷۹
C	۶	۴/۵۴
D	۱۵	۱۲/۶۳
E	۵	۲/۳۴
F	۵	۱/۳۵
G	۵	۳/۳۸
H	۵	۲/۶۷
I	۹	۸/۶۹
J	۶	./۴۷۷۱

با توجه به اینکه سازه‌های اصلاحی متداول در آبخیزداری بر اساس دبی طرح با دوره بازگشت ۲۵ سال طراحی می شوند، 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 محمد آباد

زیرحوضه	دبی اوج سیلاب(قبل)	دبی اوج سیلاب(بعد)	میزان تغییر(درصد)
A	۲۰/۱۶۵۹۶	۲۰/۰۸۸۴۲	۰/۳۸۴
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	۰/۴۳۵
منبع: محاسبات تحقیق			

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



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 شیب آبراهه، زمان تمرکز و دبی اوج سیلاب در قبل و بعد از ساخت سازه‌ها در جدول ۷ آمده است. نتایج نشان داد شیب آبراهه به طور معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد (P_{value} = ۰/۰۰۱) و دبی اوج سیلاب در سطح ۹۵ درصد (P_{value} = ۰/۰۱۷) پس از ساخت سدهای اصلاحی کاهش یافته که نشان دهنده تأثیر مثبت احداث سازه‌ها می‌باشد.

جدول (۷) نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون t

پارامتر	میانگین		T-value	P-value
	قبل از ساخت سد	بعد از ساخت سد		
شیب (٪)	۱۱/۳۲	۱۰/۴۶	۴/۹۴	۰/۰۰۱**
زمان تمرکز (دقیقه)	۲۹/۵۳	۳۰/۷۹	-۱/۷۹	۰/۱۰۷ns
دبی اوج سیل (متر مکعب بر ثانیه)	۲۴/۳۱	۲۳/۵۶	۲/۹۳	۰/۰۱۷*
منبع: محاسبات تحقیق				

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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

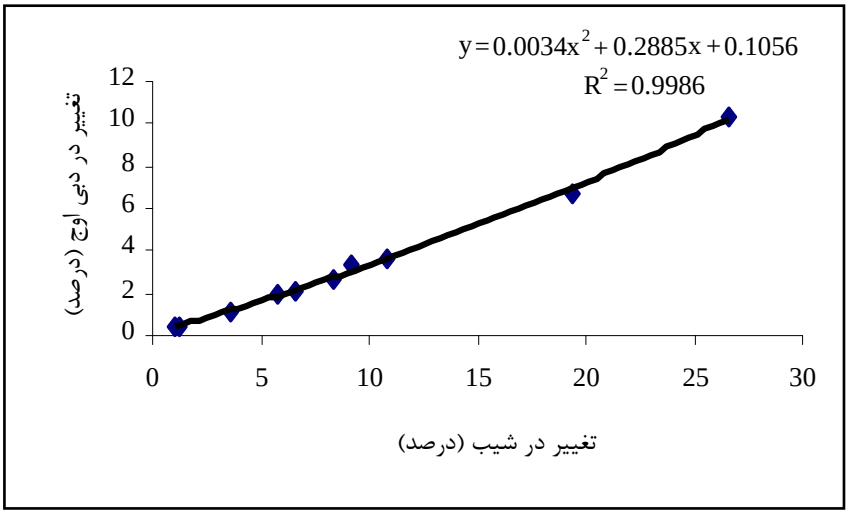
مشاهده می‌شود، تغییر در دبی اوج سیلاب با عواملی همچون تغییر در شیب آبراهه و تعداد سازه‌ها در سطح ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد.

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

	میزان تغییر در زمان تمرکز	تعداد سد	میزان تغییر در دبی اوج	تغییر در شیب	تغییر در طول آبراهه
میزان تغییر در زمان تمرکز	۱				
تعداد سد	۰/۹۰۲**	۱			
میزان تغییر در دبی اوج	۰/۹۹۹**	۰/۹۱۳**	۱		
تغییر در شیب	۰/۹۹۸**	۰/۸۹۳**	۰/۹۹۷**	۱	
تغییر در طول آبراهه	-۰/۰۷۱ns	-۰/۱۶۴ns	-۰/۰۸۹ns	-۰/۰۴۹ns	۱

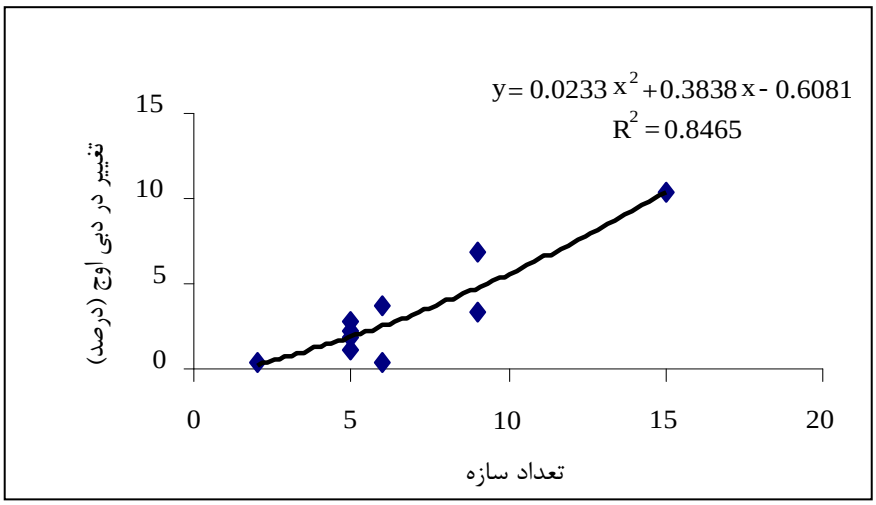
ns: non significant

منبع: محاسبات تحقیق



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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



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 برکاهش 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 سیلاب بیانگر عدم همبستگی لازم بین تغییر در طول آبراهه و تغییر در دبی اوج سیلاب 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 نکرده اند، 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 سیلاب نشان می‌دهد که تغییر در دبی اوج سیلاب با عواملی همچون تغییر در شیب آبراهه و تعداد سازه‌ها در سطح ۹۹٪ معنی‌دار 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 شیب آبراهه نشان می‌دهد که سازه‌های اصلاحی تأثیر مثبتی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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 (جدول۴). 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 وکاهش دبی اوج سیلاب می‌باشد. این نتیجه نیز با یافته های Roshani (2003)؛ Honxiong (1998) و Moore (1996) مبنی بر تأثیر مثبت سازه‌های اصلاحی بر کاهش دبی اوج همخوانی و با یافته های 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 می کند. یکی از اثرات سازه‌های اصلاحی به ویژه در بازه‌های سیلابی پایین تر ایجاد تنوع و دگرگونی طولی در انواع پوشش گیاهی بلافاصله 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 سازه های اصلاحی بر تغییر در پوشش و CN و پی آمد 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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 سازه های 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 تثبیت 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 مد نظر باشد، بندهای با ارتفاع بلند کارآیی 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 تعدا سدهای اصلاحی به تعدا کافی در پروژه‌های کنترل فرسایش و رسوب، نقش بسزایی در موفقیت این طرح‌ها که بعضاً با هزینه‌های اجرایی بسیاربالایی احداث می‌گردند، 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.

سپاسگزاری

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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

منابع و ماخذ

۱. بنی حبیب، محمد و ابراهیم، عربی‌آذر (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، محمدتقی، یوسفی، محسن، سلطانی، محبوبه و پورشرعیاتی، ربابه (۱۳۹۱). **بررسی تاثیر سدهای رسوبگیر در کاهش دبی سیلاب 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 سازه های 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 سازه های 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، ۴۰۱ صفحه.

۸. ندیمی، نادیا، زهتابیان، غلامرضا و ملکیان، آرش (۱۳۹۱). **ارزیابی نقش اقدامات بیولوژیک آبخیزداری بر کاهش سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ینگجه)**. پژوهش-های 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

Bombino, G., Gurnell, A.M. Tamburino, V., Zema, D.A. and Zimbone, S.M, (2008). ***Sedimentsize 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

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.

Zehtabiyan, 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]