DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2016.106817

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 8, Issue 3, 2016, Pages 332-338

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۸، شماره ۳، ۱۳۹۵، صفحات ۳۳۲-۳۳۸

گزارش فنی
تاثیر اقدامات مکانیکی بر دبی اوج آبخیز سد بوستان با استفاده از سامانه مدل‌سازی آبخیز

نفیسه مقدسی*[۱]، واحدبردی شیخ[۲]، علی نجفی‌نژاد[۳] و ایمان کریمی‌راد[۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲و۳] دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و [۴] دانشجوی دکتری، گروه منابع آب دانشگاه تهران

تاریخ دریاف: ۱۳۹۳/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۱

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و بررسی اثرات اقدامات مکانیکی آبخیزداری اجرا شده بر کاهش دبی اوج سیلاب در حوزه آبخیز سد بوستان انجام شده است. بدین منظور از سامانه مدل‌سازی حوزه آبخیز برای مقایسه دوره قبل و بعد از اجرای اقدامات استفاده شد. اقدامات مکانیکی مورد نظر در این مطالعه بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۶ انجام گرفته است. عمده اقدامات حفاظت خاک و آب در حوزه آبخیز سد بوستان در قالب عملیات مکانیکی انجام گرفته و عملیات بیولوژیک در سطح محدود اجرا شده است. برای تعیین تاثیر این اقدامات، این حوزه آبخیز در محیط سامانه مدل‌سازی آبخیز (WMS) مدل‌سازی شد. برای واسنجی و اعتباریابی مدل پنج واقعه سیلاب مشاهداتی در بازه زمانی قبل از انجام اقدامات و برای بررسی اثر اقدامات حفاظت خاک و آب، سه واقعه سیلاب مشاهداتی در ایستگاه تمر برای زمان بعد از تکمیل آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در اثر انجام اقدامات مکانیکی، با وجود این‌که مخازن آن پر از رسوب می‌باشند، دبی اوج به‌طور متوسط ۱/۷۹ درصد نسبت به عدم انجام این اقدامات کاهش یافته که در صورت تخریب نشدن برخی از سازه‌ها، میزان این کاهش به ۵/۹۵ درصد می‌رسید. لازم به ذکر است، در صورتی که مخازن سازه‌ها رسوب نگرفته بودند، دبی اوج به‌طور متوسط ۳/۲۵ درصد نسبت به وضعیت موجود و ۷/۶۴ درصد نسبت به عدم وجود سازه‌ها افزایش پیدا می‌نمود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل حساسیت مدل، حوزه آبخیز گرگان‌رود، سد اصلاحی، شماره منحنی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین بخش‌های علم هیدرولوژی، مطالعه سیلاب است (Green و همکاران، ۲۰۰۰). با توجه به حجم مطالعات و عملیات انجام شده طی سالیان گذشته، ضروری است تا مطالعات انجام شده در این زمینه را مورد ارزیابی قرار داد. در صورت طراحی و اجرای دقیق عملیات مهار سیل می‌توان احتمال بروز سیلاب و خسارات و اثرات نامطلوب سیل را به میزان قابل توجهی کاهش داد. این در حالی است که عدم موفقیت در طرح‌های مهار سیلاب، سبب تشدید سیل و افزایش خسارت می‌گردد (Soltani و همکاران، ۲۰۱۱). ارزیابی مستمر مراحل اجرای پروژه، امکان برگزاری جشن موفقیت را در طول عمر پروژه و

* مسئول مکاتبات: nafisehmogadasi@yahoo.com

روزنه‌هایی را برای جذب آبخیزنشینان فراهم خواهد نمود (Sheikh و Mostafazadeh ، ۲۰۱۱).

پژوهش‌های گسترده انجام شده که به بخشی از آن اشاره می‌شود، نشان می‌دهد مبحث ارزیابی در عملیات حفاظت خاک و آب جایگاه ویژه‌ای داشته، بر طبق پژوهش‌های انجام گرفته این اقدامات می‌توانند تا ۹/۸ درصد در کاهش دبی اوج سیلاب موثر باشد (Soltani و همکاران، ۲۰۱۱). پژوهش در زمینه ارزیابی تاثیر اقدامات مکانیکی آبخیزداری سابقه‌ای طولانی دارد که بخش عمده‌ای از آن نیز به بررسی اثر بر دبی اوج سیلاب پرداخته‌اند. بررسی تأثیر سدهای اصلاحی بر سیل‌خیزی در حوزه آبخیز منشاد نشان داد که تاثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج به‌طور متوسط ۹/۸۲ درصد و حجم سیل ۷/۷۵ درصد بوده است (Soltani و همکاران، ۲۰۱۱). یکی از روش‌های ارزیابی اثر اقدامات آبخیزداری بر مشخصات هیدرولوژیک حوزه‌های آبخیز استفاده از سامانه مدل‌سازی آبخیز[1] (WMS) است. توانمندی مدل WMS به طور خاص در برآورد دبی اوج سیلاب نیز مورد توجه بوده است، به‌عنوان نمونه نتایج پژوهشی به منظور تعیین دبی اوج سیلاب نشان داد این مدل تطابق مناسبی را با سیلاب محاسباتی با معادلات تجربی دارد (Hosseini، ۲۰۱۲). از جمله پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه می‌توان به Lalozaei و همکاران (۲۰۱۳) اشاره نمود که بیان کردند این مدل قادر است هیدروگراف سیل را با سرعت مناسب و خطای ناچیز شبیه‌سازی نماید. بر اساس نتایج Hashemi (۲۰۱۴) نیز که به بررسی اثر سازه‌های اصلاحی در حوزه آبخیز درجزین در شمال شهر سمنان پرداخت، این سازه‌ها قادرند دبی اوج سیلاب را به طور میانگین ۱۶/۷ درصد کاهش دهد. در بررسی تأثیر اقدامات حفاظت خاک و آب بر سیل‌خیزی در حوزه آبخیز طزرجان مشخص شد اقدامات مکانیکی و بیولوژیکی و تلفیق آن‌ها بر دبی اوج به طور متوسط ۶/۴۴، ۰/۶۶ و ۷/۱۹ درصد موثر بوده است (Dehghani Firozabadi و همکاران، ۲۰۱۴). به عنوان مثال Kavian و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی میزان تأثیر سدهای اصلاحی احداث شده در بالادست سد تجن بر دبی اوج سیلاب در حوزه آبخیز محمد آباد به این نتیجه دست یافتند که بیشترین تغییر در دبی اوج سیلاب به میزان ۱۰/۳ درصد کاهش نسبت به قبل از احداث سازه‌ها می‌باشد.

به نظر می‌رسد که امروزه پژوهشگران ارزیابی را به عنوان یکی از بخش‌های مهم هر برنامه مدیریت جامع حفاظت خاک و آب پذیرفته‌اند چرا که بررسی اثربخشی پروژه‌های اجرا شده امکان یافتن علل موفقیت یا شکست این طرح‌ها را فراهم کرده و در صورت لزوم می‌توان اقدام به اصلاح آن نمود. عدم ارزیابی و بازنگری فعالیت‌ها در درازمدت منجر به انحراف از اقدامات اساسی مورد نیاز و در نتیجه اتلاف سرمایه‌ها و نیروها می‌شود. هدف اصلی از این پژوهش ارزیابی کارآیی و عملکرد طرح‌های حفاظت خاک و آب اجرا شده در حوزه آبخیز سد بوستان می‌باشد که بر اساس نتایج می‌توان میزان تاثیر طرح‌های حفاظت خاک و آب را بر دبی رودخانه مورد ارزیابی قرار داد و بدین ترتیب موثر بودن سازه‌ها را مورد تایید قرار داد.

مواد و روش‌ها

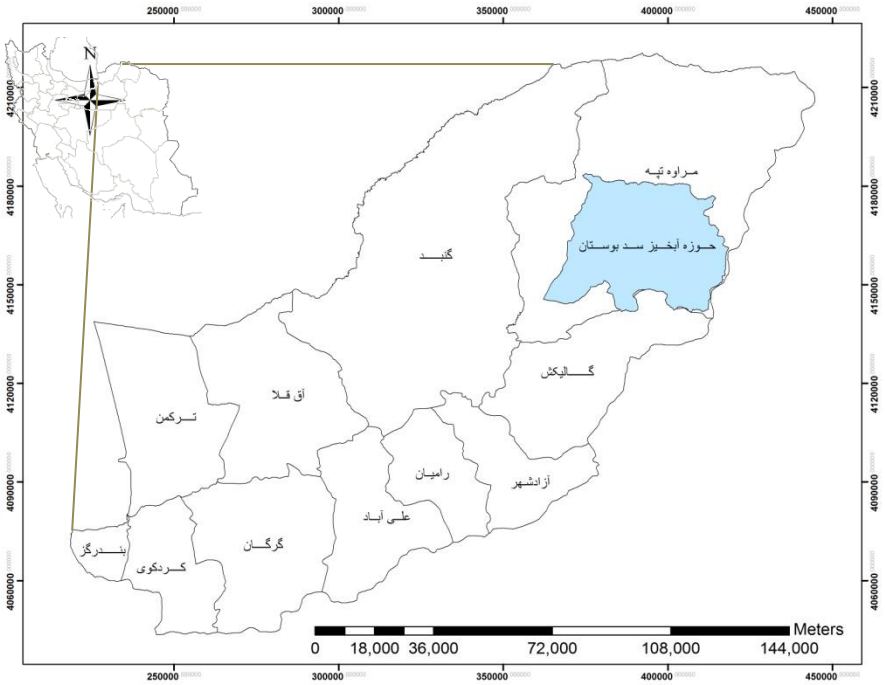
حوزه آبخیز سد بوستان یکی از زیرحوزه‌های گرگانرود واقع در شرق استان گلستان و شمال شرقی شهرستان کلاله می‌باشد. شکل ۱، موقعیت حوزه آبخیز سد بوستان در ایران و استان گلستان را نشان می‌دهد. مساحت آبخیز حدود ۱۵۶۲ کیلومترمربع است. متوسط بارش سالانه حوضه حدود ۴۶۵ میلی‌متر و اقلیم آن نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب است.

در این پژوهش به منظور شناخت آبخیز سد بوستان، نقشه‌ها و اطلاعات مربوط به توپوگرافی، پوشش گیاهی و خاکشناسی جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. به منظورتعیین اثر اقدامات حفاظت خاک و آب بر وقوع سیلاب آبخیز سد بوستان، شماره منحنی (CN) در هر زیرحوضه مشخص، در محیط WMS مدل تهیه و بر اساس داده‌های مشاهداتی واسنجی و اعتباریابی شد و میزان حساسیت مدل با تغییر در شماره منحنی و حجم مخازن مورد تحلیل قرار گرفت. با شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با اقدامات

[1] Watershed Modeling System

مختلف اجرا یا عدم اجرای اقدامات مکانیکی، تأثیر اقدامات اجرا شده در رژیم سیلابی حوضه تعیین شد.

اطلاعات سیلاب‌های ثبت شده از ایستگاه هیدرومتری تمر که در نزدیکی خروجی آبخیز سد بوستان قرار دارد برای تهیه مدل مورد استفاده قرار گرفت. در بازه زمانی قبل از انجام اقدامات آبخیزداری در منطقه، تعداد پنج واقعه مشاهداتی که دارای هایتوگراف بارش نظیر بودند، برای واسنجی و اعتباریابی انتخاب شد و در ادامه به‌منظور بررسی اثر اقدامات حفاظت خاک و آب، سه واقعه سیلاب مشاهداتی، پس از انجام اقدامات، مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین بارش مولد سیل، آمار بارندگی روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و اطراف آبخیز سد بوستان از شرکت آب منطقه‌ای گلستان تهیه شد. پس از اعتباریابی مدل، تغییرات شماره منحنی برای مدل تعریف شد و تاثیر آن در دبی اوج سیلاب کل حوضه بررسی شد. همچنین آبخیز بالادست هر یک از سازه‌ها مشخص شده، حجم مخازن با روش Elevation-Area محاسبه شد و در نهایت سازه‌ها در مدل بارش-رواناب شبیه‌سازی شدند.

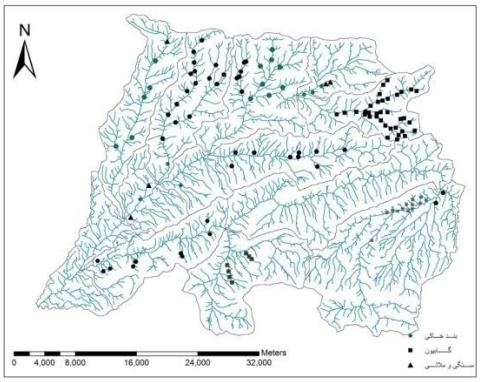


شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز سد بوستان در استان گلستان

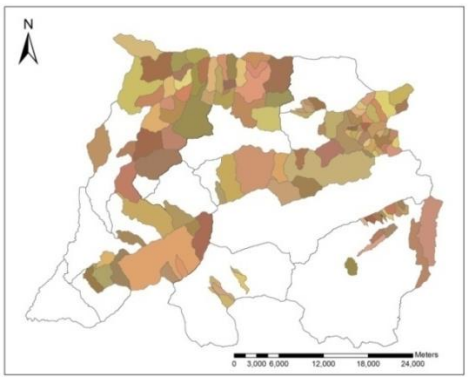
به‌طورکلی اقدامات حفاظت خاک و آب در حوزه آبخیز سد بوستان را می‌توان در قالب عملیات مکانیکی شامل احداث بند خاکی (۶۱ مورد)، سازه‌های سنگی ملاتی (پنج مورد) و گابیون‌بندی (۵۵ مورد) دسته‌بندی نمود. عملیات بیولوژیک از قبیل نهال‌کاری و علوفه‌کاری در حوزه آبخیز در سطوح خیلی کم اجرا شده است. شکل ۲، موقعیت مکانی بندهای خاکی، سازه‌های سنگی ملاتی و گابیونی اجرا شده در حوزه آبخیز و محدوده تحت پوشش آبخیز بالادست سازه‌های اجرا شده را نشان می‌دهد.

طبق اطلاعات موجود، احداث سازه‌های حفاظت خاک و آب در سطح آبخیز از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۸۶ روند افزایشی داشته است به‌طوری‌که درصد مساحت تحت پوشش این سازه‌ها طی این سال‌ها به‌ترتیب از سال آبی ۱۳۷۹-۱۳۷۸، ۴/۸۲، ۵/۶۸، ۱۷/۳۲، ۲۲/۷۳، ۲۸/۸۲، ۲۹/۸۴، ۳۶/۴۰ بوده، در سال ۱۳۸۶ به ۴۰/۴۸ درصد از مساحت کل آبخیز رسیده است. لازم به ذکر است که این سازه‌ها در شرایط فعلی دارای مقادیر مختلف رسوب می‌باشند که عملکرد آن را تحت‌تاثیر قرار داده است.

به منظور ارزیابی کیفیت نتایج به دست آمده از آماره‌های جذر میانگین مربعات خطا (Willmott، ۱۹۸۱)، ضریب تبیین (Legates و McCabe، ۱۹۹۹)، شاخص کارایی Nash- Sutcliffe (Nash و Sutcliffe، ۱۹۷۰) و شاخص تطابق (Legates و McCabe، ۱۹۹۹) استفاده شده است.



الف)



ب)

شکل ۲- االف) اقدامات مکانیکی اجرا شده تا سال ۱۳۸۶ و ب) محدوده تحت پوشش آبخیز بالادست سازه‌های اجرا شده در حوزه آبخیز سد بوستان

نتایج و بحث

جدول ۱، بارش‌های مولد سیل در ایستگاه‌های باران سنجی اطراف منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. واسنجی مدل WMS به روش خودکار و بر روی مقادیر CN حوضه متمرکز بوده است که جدول ۲، مقادیر شماره منحنی قبل و بعد از واسنجی را نشان می‌دهد. برای اعتباریابی مدل حوزه آبخیز سد بوستان از واقعه ۱۳۷۸/۱/۲۱ و ۱۳۷۷/۵/۳ استفاده شد. مدل WMS مقادیر دبی اوج و زمان تا اوج هیدروگراف سیلاب‌ها را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌نمایند ولی نتایج آن برای حجم سیلاب خیلی خوب نمی‌باشد (Parisai و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۱- بارش‌های مولد سیل (میلی‌متر) در ایستگاه‌های باران‌سنجی اطراف منطقه

اقدامات حفاظت خاک و آب	تاریخ واقعه	تمر	پارک ملی گلستان	قرناق	گلیداغ	پیشکمر	زاوبالا
قبل از اجرا	۱۳۷۶/۸/۱۵	۲۰	۰	۱۲	۲۷	۱۹/۸	۲۶
	۱۳۷۷/۳/۹	۲۶	۱۶/۵	۱۷	۰	۵۰/۱	۳۹
	۱۳۷۷/۵/۳	۲۰	۱۹/۵	۱۹	۰	۱۴/۳	۴۸
	۱۳۷۷/۶/۲۰	۴۱	۰	۳۲	۰	۲۵/۷	۲۸
	۱۳۷۸/۱/۲۱	۲۱	۴۳	۲۱	۲۷	۱۸/۱	۱۶
بعد از اجرا	۱۳۸۹/۴/۱	۴۴	۱۱/۵	۲۷	۱۲/۵	-	-
	۱۳۹۰/۶/۴	۳۶	۷۹/۵	۳۷/۵	۱۴	-	-
	۱۳۹۱/۳/۴	۱۵	۳	۴۷	۱۵/۵	-	-

مقادیر آماره‌های جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب ناش ساتکلیف (E) و شاخص تطابق (d) در جدول ۳ ارائه شده است. این مقادیر نشان می‌دهند که سامانه مدل‌سازی حوزه آبخیز، حوضه را به خوبی شبیه‌سازی کرده است، به‌طوری که به‌عنوان مثال متوسط ضریب تبیین ۰/۸۹ و متوسط جذر میانگین مربعات خطا ۰/۶۷ مترمکعب بر ثانیه می‌باشند.

یکی از دلایل کارایی مناسب مدل، توانایی سامانه مدل‌سازی آبخیز در استفاده از نقشه‌های گروه‌های هیدرولوژیکی و کاربری اراضی است که امکان محاسبه مستقیم شماره منحنی را در هر پلی‌گون می‌دهد و

همچنین از نقشه DEM با قدرت تفکیکی بالا برای محاسبه و استخراج مشخصات فیزیکی آبخیز از جمله شیب، طول آبراهه اصلی و در نتیجه محاسبه زمان تمرکز و زمان تأخیر بهره می‌برد.

نتایج شبیه‌سازی مدل مذکور از نظر تطابق بین هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی در پژوهش Hosseini (۲۰۱۲)، نیز رضایت‌بخش گزارش شده است.

جدول۲- مقادیر شماره منحنی زیر حوضه‌ها قبل و بعد از واسنجی

زیرحوضه	قبل از واسنجی	بعد از واسنجی	زیرحوضه	قبل از واسنجی	بعد از واسنجی
کال‌شور	۷۹/۲	۸۰/۰۶	عزیزآباد	۸۱/۱	۸۲/۴۷
شوردره	۸۱/۲	۸۱/۵۱	زاو	۷۳/۹	۷۳/۴۴
آق امام	۸۱/۱	۸۱/۷	گلیداغ	۷۵/۱	۷۴/۴۸
چنارلی	۷۸/۲	۷۸/۸۳	یل چشمه	۷۴/۴	۷۴/۴۲
قرناوه	۷۷/۷	۷۸/۰۴	بین حوضه ۱	۷۹/۳	۸۰/۹۵
کریم ایشان	۸۰/۱	۸۲/۱۳	بین حوضه ۲	۸۱/۶	۸۲/۱
قپان	۷۸	۷۸/۹۴	بین حوضه ۳	۷۶/۸	۷۴/۸
کل حوضه	۷۷/۸۱	۷۸/۲۱			

جدول۳- مقدار شاخص‌های ارزیابی کارایی مدل

تاریخ واقعه	جذر میانگین مربعات خطا	ضریب تبیین	شاخص کارایی	شاخص تطابق
۱۳۷۶/۰۸/۱۵	۰/۵۸	۰/۹۲	۰/۵۴	۰/۹۲
۱۳۷۷/۰۳/۰۹	۰/۶۶	۰/۸۷	۰/۷۴	۰/۹۳
۱۳۷۷/۰۵/۰۳	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۶۳	۰/۹۲
۱۳۷۷/۰۶/۲۰	۰/۶۴	۰/۸۷	۰/۷۵	۰/۹۳
۱۳۷۸/۰۱/۲۱	۰/۵۷	۰/۸۹	۰/۳۲	۰/۸۷

میزان حساسیت مدل با بررسی تغییرات دبی اوج سیل حوزه آبخیز نیز نسبت به تغییرات شماره منحنی و حجم مخازن مورد تحلیل قرار گرفت، که بیانگر سهم هر یک از این دو مولفه در وقوع سیلاب حوضه مورد مطالعه است. در سه واقعه سیلاب بعد از اجرای اقدامات حفاظت خاک و آب انجام شده است که نتایج در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- مقادیر دبی اوج سیل (متر مکعب بر ثانیه) در اثر تغییر شماره منحنی در آبخیز سد بوستان

تاریخ وقوع سیلاب	شرایط فعلی	درصد افزایش شماره منحنی				
		۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰
۱۳۸۹/۰۴/۰۱	۱۶۶/۶۳	۱۶۷	۱۶۷/۳۲	۱۶۷/۶۸	۱۶۷/۹۲	۱۶۸/۲۸
۱۳۹۰/۰۶/۰۴	۱۹۹/۱۱	۱۹۹/۸۵	۲۰۰/۲	۲۰۰/۵۶	۲۰۰/۸۲	۲۰۱/۳
۱۳۹۱/۰۳/۰۴	۱۰۴/۶۹	۱۰۴/۷۸	۱۰۴/۸۹	۱۰۵/۰۲	۱۰۵/۲۵	۱۰۵/۴۵

جدول ۵- درصد کاهش دبی اوج سیل در اثر تغییر حجم مخازن

تاریخ وقوع سیلاب	درصد افزایش حجم مخازن				
	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰
۱۳۸۹/۰۴/۰۱	۰/۲۲	۰/۴۱	۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۹۹
۱۳۹۰/۰۶/۰۴	۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۷۳	۰/۸۶	۱/۱۰
۱۳۹۱/۰۳/۰۴	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۵۳	۰/۷۳

مقادیر دبی اوج در شرایط خالی فرض شدن سازه‌ها در مدل و نیز عدم وجود سازه‌ها اجرا شده در مدل، با مقادیر مشاهده شده مورد مقایسه قرار گرفته که نتایج مربوط به آن در جدول ۶ نشان داده شده است. همچنین تغییرات دبی اوج سیلاب در شرایطی که مخازن سازه‌ها در مدل پر (رسوب یا آب) در نظر گرفته شوند، محاسبه شد که نتایج آن نیز در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- دبی اوج سیل (مترمکعب بر ثانیه) در شرایط خالی بودن، پر بودن مخازن و نیز عدم وجود سازه‌های اجرا شده

تاریخ وقوع سیلاب	مشاهده شده	با فرض خالی بودن سازه‌ها	درصد کاهش	با فرض پر بودن مخازن سازه‌ها	درصد کاهش	با فرض عدم وجود سازه‌ها	درصد افزایش
۱۳۸۹/۰۴/۰۱	۱۷۲/۷۴	۱۶۶/۶۳	۳/۵۴	۱۷۰/۵۷	۱/۲۶	۱۸۰/۸۶	۴/۷۰
۱۳۹۰/۰۶/۰۴	۲۰۵/۵۸	۱۹۹/۱۱	۳/۱۵	۲۰۲/۳۵	۱/۵۷	۲۱۶/۰۷	۵/۱۰
۱۳۹۱/۰۳/۰۴	۱۰۸/۰۱	۱۰۴/۶۹	۳/۰۷	۱۰۶/۲۵	۱/۶۳	۱۱۲/۸۱	۴/۴۴

مقایسه دبی‌های اوج نشان می‌دهد که دبی اوج سیلاب مشاهده‌ای مابین دبی‌های اوج سیلاب شبیه‌سازی شده برای شرایط پر بودن مخازن سازه‌ها و عدم اجرای اقدامات حفاظت خاک و آب قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده این مطلب است که علاوه بر پر بودن مخزن سازه‌ها، تعدادی از آن‌ها نیز در اثر سیلاب از بین رفته‌اند که این این با مشاهدات میدانی مطابقت داشته و خود به‌نحوی توانایی مدل در شبیه‌سازی اثرات سازه‌های اجرایی را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که طبق بازدیدهای بعمل آمده از منطقه، بندهای گابیونی احداث شده بر روی آبراهه اصلی تخریب شده‌اند که نشان‌دهنده آن است که قدرت لازم برای ایستادگی در مقابل سیلاب را نداشته‌اند و برای مناطق لسی از کارآیی لازم برخوردار نیستند. تخریب سازه‌ها نشان می‌دهد عملیات مکانیکی موقتی بوده، جنبه تسکین دارد و باید با فعالیت‌های بیولوژیکی همراه باشد و در واقع زمینه ساز استقرار پوشش تلقی شوند.

در شرایطی اقدامات مکانیکی اجرا شده در حوزه آبخیز سد بوستان عملکرد بهینه خود را داشته، امکان استفاده کامل از ظرفیت مخازن آن‌ها وجود می‌داشت، می‌توانست به طور متوسط ۳/۲۵ درصد نسبت به وضعیت موجود و ۷/۶۴ درصد نسبت به عدم وجود سازه‌ها باعث کاهش دبی اوج سیلاب شود. حتی اگر با وجود پر شدن مخازن، سازه‌ها تخریب نمی‌شدند، دبی اوج ۱/۴۹ درصد کمتر از شرایط کنونی اتفاق می‌افتاد. این در حالی است که در صورت عدم اجرای این سازه‌ها دبی اوج سیلاب به‌طور متوسط ۱/۷۹ درصد افزایش می‌یافت. به عبارت دیگر در اثر انجام اقدامات مکانیکی، با وجود این‌که مخازن آن پر از رسوب می‌باشند، دبی اوج به طور متوسط ۱/۷۹ درصد نسبت به عدم انجام این اقدامات کاهش یافته که در صورت تخریب نشدن برخی از سازه‌ها، میزان این کاهش به ۵/۹۵ درصد می‌رسید که این با نتایج Yoshikawaa و همکاران (۲۰۱۰) و Soltani و همکاران (۲۰۱۱) و Dehghani Firozabadi و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

عدم محاسبه دقیق رسوب منتقل شده از بالادست و در نتیجه طراحی بندهای خاکی با حجم نامناسب باعث شده مخازن سدها در مدت کوتاهی بعد از احداث و با وقوع کمتر از پنج واقعه نسبتا بزرگ از رسوب پر شود و کارایی خود را در خصوص مهار سیل از دست بدهند. اگرچه به نظر می‌رسد بتوان با برداشت مقاطع عرضی، پروفیل‌های طولی و داده‌های مورد نیاز روش‌های هیدرولیکی برآورد رسوب، مطالعات مربوط به طراحی حجم بندها را با صحت بیشتری انجام داد و بدین‌وسیله بر عمر مفید این سازه‌ها افزود ولی به دلیل میزان بالای فرسایش و تولید رسوب در اراضی بالادست مخازن که دارای خاک‌های لسی می‌باشند استفاده از اقدامات مکانیکی فقط به‌صورت موقتی مشکل‌گشا بوده، بعد از مدت کوتاهی میزان کارآیی آن‌ها بشدت کاهش خواهد یافت. با توجه به محاسبات انجام شده، استفاده از رگبارهای سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در شرایط موجود نشان می‌دهد که

اقدامات حفاظت خاک و آب اجرا شده تا حدی توانسته است باعث کاهش در دبی اوج سیلاب شود که با نتایج Karimizadeh (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

در مجموع می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که اجرای پروژه‌های آبخیزداری در منطقه مورد مطالعه اثربخشی مناسبی در کاهش سیل‌خیزی داشته ولی در تحقق سایر اهداف مورد انتظار از جمله بهبود وضع معیشت آبخیزنشینان و جلب رضایت ذی‌نفعان موفق نبوده است. از سوی دیگر دلایل اصلی وقوع سیلاب در این منطقه، علاوه بر بارش‌های شدید شامل گستره بالای اراضی لسی و خاک‌های با بافت سنگین، مدیریت زراعی نادرست (شخم در جهت شیب و وجود زمین‌های عاری از پوشش) و تخریب مراتع و تغییرات کاربری می‌باشد. بخش عمده‌ای از سطح آبخیز شامل مناطقی با پتانسیل رواناب بالا به دلیل وجود خاک‌های با بافت سنگین، با پوشش گیاهی نسبتاً تنک و عملیات زراعی نامناسب مانند شخم در جهت شیب می‌باشند. بنابراین علاوه بر اجرای اقدامات مکانیکی می‌توان با مدیریت پوشش گیاهی و کاربری اراضی به طور قابل ملاحظه‌ای میزان دبی و حجم سیلاب را کاهش داد. بر اساس نتایج مقاله حاضر پیشنهاد می‌شود، ضمن استفاده بیشتر از آبخیزنشینان در اجرا و نگهداری سازه‌های حفاظت خاک و آب، این اقدامات با عملیات بیولوژیک همراه شود. همچنین از قابلیت WMS در شبیه‌سازی فرسایش و رسوب حوضه نیز استفاده شود.

منابع مورد استفاده

1. Dehghani Firozabadi, N., A.A. Jamali and M. Hasanzadeh Nafoti. 2014. Effects of watershed management measures to reduce flood watershed using a mathematical model HEC-HMS (case study: watershed Tzrjan Yazd). Journal of Geographic Space, 47: 163-182 (in Persian).
2. Green, C.H., D.J. Parker and S.M. Tunstall. 2000. Assessment of flood control and management options. Flood Hazard Research Center, 124 pages.
3. Hashemi, S.A.A. 2014. Effect of rock check dams on flood reducing in arid and semi-arid regions (case study: Darjazin Watershed in Semnan Province). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science, 66: 159-171 (in Persian).
4. Hoseini, I. 2012. WMS model assessment in determining the maximum flood discharge in Khuzestan. Proceeding of the 1st National Conference on Solutions to Access Sustainable Development in Agriculture, Natural Resources and The Environment, Tehran (in Persian).
5. Karimizadeh, K. 2009. Assessment of watershed management practices on river discharge. MSc Thesis, 157 pages.
6. Kavian, A.A., M.A. Mohamadi and A. Azmode. 2015. Effects of check dams on hydrological characteristics Mohammad Sari Watershed. Journal of Applied Researches in Geographical Sciences, 35: 213-230 (in Persian).
7. Lalozaei, A., A. Pahlavaravi, A. Moghaddamnia and F. Bahreini. 2013. Rainfall-runoff simulation using WMS/NFF model in Kameh representative watershed (case study: Razavi Khorasan Province, Iran). Journal of Applied and Basic Sciences, 7(1): 43-48.
8. Legates, D.R. and G.J. McCabe. 1999. Evaluating the use of "goodness-of-fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. Water Resources Research, 35(1): 233-241.
9. Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models. 1: Discussion of principles. Journal of Hydrology, 10(3): 282–290.
10. Nouri, F., J. Bahmanesh, B.A. Mohammadnezhad and H. Rezaei. 2013. Evaluation of WMS/HEC-HMS model in flood forecasting of Ghorveh Watershed. Journal of Water and Soil Conservation, 19: 201-210 (in Persian).
11. Parisai, Z., V. Sheikh, M. Onagh and A.R. Bahremand. 2014. Flood hazard zonation by combining Mod-Clark and HEC-RAS models in Bustan dam basin, Golestan Province. Journal of Water and Soil, 28: 729-741 (in Persian).
12. Sheikh, V. and R. Mostafazadeh. 2011. The watershed project management guide. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 430 pages (in Persian).
13. Soltani, M., M. Ekhtesasi, A. Talebi, M.J. Pouraghniaei and A.R. Sarsangi. 2011. Effect of check dams on reduction of flood peak (case study: Manshad Watershed). Journal of Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi), 93: 46-54.
14. Willmott, C.J. 1981. On the validation of models. Physical Geography, 2(2): 184-194.
15. Yoshikawaa, N., N. Nagaob and S. Misawac. 2010. Evaluation of the flood mitigation effect of a paddy field dam project. Agricultural Water Management, 97: 259 -270.