تأثیر چکدم‌های خشکه چین سنگی برکاهش دبی پیک سیلاب در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز درجزین سمنان)

سید علی اصغر هاشمی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲)

چکیده

چکدم‌های خشکه چین‌سنگی یکی از عمده‌ترین اقدامات برای کنترل سیلاب و رسوب در حوضه‌های آبخیز هستند که کاربردشان از سال ۱۳۶۹ به سرعت در ایران گسترش یافته است. این تحقیق در حوضه آبخیز درجزین در شمال شهر سمنان انجام شده است. چکدم‌های خشکه چین سنگی به‌طورگسترده طی ۱۵ سال گذشته در دو زیرحوضه آن با هدف کنترل سیل شهر مهدی شهر احداث شده‌اند. به منظورتعیین اثرچکدم‌ها، تعداد بیش از۶۵۰ چکدم درحوضه با پیمایش صحرایی اندازه‌گیری و ارزیابی میدانی شدند. داده‌های جمع‌آوری شده به محیط نرم‌افزار ArcGIS منتقل شد. با استفاده از برنامه الحاقی HECGeoHMS و مدل هیدرولوژیک HEC-HMS، تأثیر این سازه‌ها بر کاهش سیلاب مورد ارزیابی قرارگرفت. با توجه به همگن بودن پروژه‌های آبخیزداری درحوضه واحداث چکدم‌های متعدد در مسیر آبراهه‌ها، هرگونه تغییر در سیلاب حوضه مربوط به این عملیات بوده است. ارزیابی اثر این سازه‌ها برسیلاب با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش t–استیودنت نشان داد بین دبی سیلاب در قبل و بعد از احداث چکدم‌های خشکه چین سنگی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد و چکدم‌ها قادرند دبی پیک سیلاب را به‌طور میانگین ۱۶/۷ درصد کاهش دهند.

واژه‌های کلیدی: چکدم‌های خشکه چین سنگی، سیل، مدل HEC-HMS، حوضه آبخیز درجزین، سمنان

۱. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hashemiaa12@gmail.com

مقدمه

در سال‌های اخیر برای کاهش دبی سیلاب اقدامات مختلفی در حوضه‌های آبخیز توسعه داده شده‌اند. احداث چکدم‌ها یکی از عمده‌ترین اقدامات برای کنترل سیلاب و رسوب در حوضه‌های آبخیز ایران می‌باشند که کاربرد آنها از سال ۱۳۶۹ و همزمان با تشکیل معاونت آبخیزداری در وزارت جهاد سازندگی سابق، به سرعت در ایران گسترش یافته است و چکدم‌ها به‌طور گسترده برای کنترل رسوب و کاهش خطر سیل در حوضه‌های آبخیز ساخته شده‌اند. این سازه‌ها در حوضه‌های آبخیز بالادست سدهای بزرگ غالباً با هدف کنترل رسوب و در سایرحوضه‌ها با هدف کاهش خطر سیلاب و رسوب احداث می‌شوند. در ایران، احداث چکدم در حوضه‌های آبخیز هزینه زیادی در بر دارد و با توجه به اهداف پیش‌بینی شده در حوضه‌های مختلف بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد.

فقدان تجهیزات کافی برای ثبت تغییرات دبی سیلاب در اغلب حوضه‌های آبخیز ایران، ارزیابی اثر احداث چکدم‌ها را دشوار نموده است. ولیکن استفاده از مدل‌های بارش رواناب می‌تواند برای پاسخ به این سوال کمک شایانی نماید. لذا با توجه به کاربرد نتایج شبیه‌سازی مدل‌های هیدرولوژیکی در توسعه منابع آب و خاک و تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت حوضه‌های آبخیز و استفاده از آنها به منظورمطالعه هیدرولوژیکی حوضه آبخیز، کاربرد آنها در این زمینه سودمند می‌باشد (۱۰).

چکدم‌ها برای تله انداختن رسوبات و نگه داشتن سیلاب در آبراهه‌ها ساخته می‌شوند (۱۵) علاوه بر این گاهی این سازه‌ها به‌صورت موانعی کوچک در عرض آبراهه‌ها برای ذخیره و برداشت آب احداث می‌شوند (۷). دبی پیک سیلاب وحداکثر رسوبات نهشته شده در مخازن چکدم‌ها اغلب به‌طور همزمان اتفاق می‌افتند (۱۳). از طرفی احداث چکدم‌ها معمولاً با هدف کاهش جریان آب و رسوب در مسیر آبراهه‌ها صورت می‌گیرد (۸).

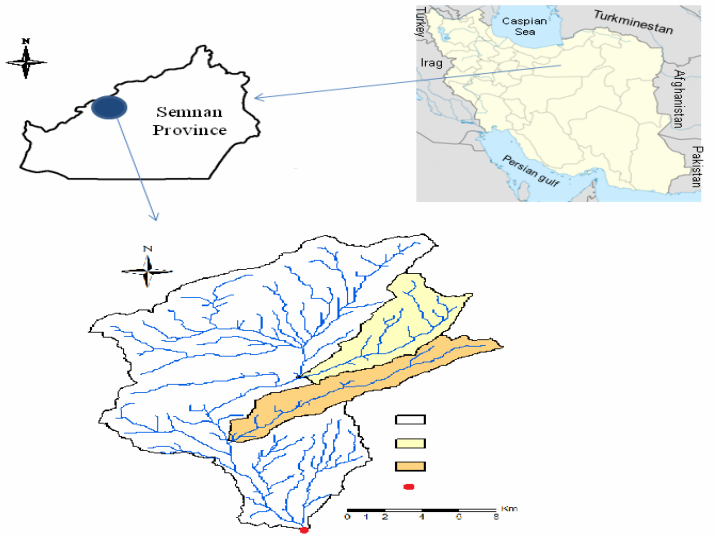
موری(۱۴) با مطالعه۳۰۰ سازه اصلاحی و تأثیر این عملیات در کاهش دبی اوج در سر شاخه‌های حوضه آبخیز تگزاس به این نتیجه رسید که در زیرحوضه‌های مختلف منطقه بین ۴۸ تا ۹۸ درصد کاهش در دبی اوج دیده شده است.

پارسامهر (۴) با تحقیق روی عملکرد سازه‌های اصلاحی (چکدم‌ها) در حوضه غاز محله کردکوی به این نتیجه رسید که سازه‌ها شرایط هیدرولوژیکی جریان را تغییر داده و وضعیت مطلوب‌تری برای عبور جریان فراهم می‌کنند. هم‌چنین پس از احداث سازه‌های اصلاحی مقطع عرضی آبراهه پهن‌تر و شیب کاهش یافته است. علاوه بر این سازه‌های اصلاحی با اخذ رسوبات در بالادست حوضه‌ها، مانع افزایش عمق کف بستر آبراهه اصلی در پایین دست حوضه گشته و با حفظ و تثبیت ظرفیت انتقال از بروز سیلاب در پایین دست جلوگیری می‌کنند.

اوجاقلو(۲) تحقیق خود را تحت عنوان بررسی تأثیر سازه‌های کوچک آبی بر روی سیلاب‌ها انجام داد. وی مشخصات سیلاب نظیر دبی اوج، حجم و زمان رسیدن تا اوج در حوضه باروت آغاجی را مورد ارزیابی قرار داد و برای این منظور از شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه توسط مدل ریاضی HEC–HMS استفاده نمود و نتیجه گرفت میزان تأثیر عملیات آبخیزداری در خصوصیات سیل به‌دلیل حجم کم عملیات انجام شده قابل توجه نمی‌باشد.

کریمی (۶) تأثیر ۲۳۴ سازه اصلاحی شامل چکدم‌های خشکه چین، گابیونی و سنگ ملاتی را بر تغییرات دبی سیلاب در حوضه آبخیز سیرا–کلوان از سرشاخه‌های سد کرج ارزیابی نمودند و به این نتیجه رسیدند که این اقدامات ۶۵/۸۶ درصد متوسط دبی اوج سیل و ۴۸/۴۲ درصد متوسط حجم سیل در حوضه را کاهش داده است و متوسط زمان پایه سیل به میزان ۲/۰۴ ساعت افزایش یافته است. علاوه بر این سرعت آب و زمان تمرکز سیل در محل احداث سازه‌ها تغییر معنی‌داری نیافته است.

عباسی و همکاران (۵) با بررسی تأثیر ۱۹۶سازه اصلاحی گابیونی و سنگ ملاتی در زمان تمرکز حوضه آبخیز کن در استان تهران نشان دادند چکدم‌ها نقش ناچیزی در افزایش زمان تمرکز حوضه داشته‌اند به‌طوری‌که حداکثر افزایش



شکل ۱. موقعیت عرصه مورد مطالعه در ایران

آن۱/۶۱دقیقه برآورد گردیده است. هم‌چنین کاهش دبی اوج به میزان ۲۱ درصد مربوط به پروژه‌های بیولوژیک در حوضه بوده است و سازه‌های اصلاحی آبراهه‌ها نقش خود را درکاهش دبی به‌دلیل طولانی بودن مسیر آبراهه‌های حوضه و پرشیب بودن آبراهه‌ها به خوبی ایفا نکرده‌اند.

در اغلب ارزیابی‌های انجام شده به‌خصوص در ایران، تأثیر ترکیبی از سازه‌های مختلف برکاهش سیلاب به واسطه تغییر شیب آبراهه‌ها و زمان تمرکز زیرحوضه‌ها مورد بررسی قرارگرفته‌اند. در این تحقیق، حوضه آبخیز بالادست شهر مهدی‌شهر انتخاب شده است که تعداد زیادی سازه کوچک صرفاً از نوع چکدم‌های خشکه چین سنگی به منظور کاهش سیلاب درآن احداث شده‌اند. ارزیابی تأثیر این سازه‌های کوچک احداث شده در مسیرآبراهه‌ها، بر میزان کاهش سیل‌خیزی حوضه از نظر میزان کاهش دبی و حجم سیلاب خروجی از حوضه، هدف اصلی این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد تحقیق

این تحقیق در زیرحوضه‌های مهدی شهر و ریگاب از حوضه آبخیز بزرگ در جزین در استان سمنان به انجام رسیده است که بین ″۲۰ ′۱۴ °۵۳ تا ″۱۵ ′۲۹ °۵۳ طول جغرافیایی شرقی و ″۴۹ ′۴۵ °۳۵ تا ″۱۱ ′۵۷ °۳۵ عرض جغرافیایی شمالی واقع شده است(شکل شماره ۱). این حوضه از غرب به حوضه آبخیز آبگرم، از شرق به حوضه آبخیز زردتل، از شمال به حوضه آبخیز تالار مازندران و از جنوب به شهر سمنان در مرکز استان سمنان محدود می‌شود. سه شهر مهم در داخل این حوضه قرار گرفته‌اند که شامل شهرهای مهدی شهر، شهمیرزاد و در جزین می‌باشند.

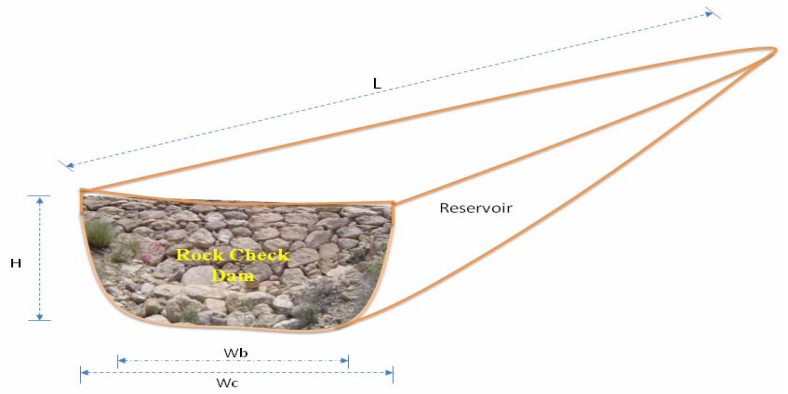
مواد و روش تحقیق

برای استخراج اطلاعات فیزیوگرافیکی حوضه از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰ موجود در ایران استفاده شده است. پس از تهیه مدل رقومی ارتفاعی(DEM) منطقه و تعیین محل دقیق ایستگاه هیدرومتری درخروجی حوضه، نقشه‌های مورد نیاز همچون شیب و جهت تهیه شد. برای تقسیم‌بندی حوضه و زیرحوضه‌های آبخیز، از برنامه الحاقی HEC-GeoHMS استفاده شد.

نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM^{+} سال ۲۰۱۰ و بازدیدهای میدانی تهیه شد. در مرحله بعد نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک براساس

جدول ۱. تاریخ‌های وقوع سیل واجد برگه‌های ثبت باران در حوضه آبخیز درجزین

۱۳۷۲/۰۲/۰۹	۱۳۷۱/۱۱/۱۴	۱۳۷۱/۰۲/۰۷	۱۳۷۰/۰۱/۰۶	۱۳۶۵/۰۱/۱۷
۱۳۷۲/۰۳/۲۳	۱۳۷۱/۱۲/۱۷	۱۳۷۱/۰۳/۱۵	۱۳۷۰/۰۲/۱۶	۱۳۶۷/۰۶/۳۰



شکل ۲. نمایی از یک چکدم خشکه چین سنگی و پارامترهای آن

نوع خاک و کاربری اراضی تهیه گردید. این نقشه به روش سرویس حفاظت خاک آمریکا تهیه شده و براساس آن خاک‌های منطقه در۴ گروه هیدرولوژیکی قرار گرفتند (۹ و ۱۶).

در حوضه آبخیز درجزین تعداد ۴ ایستگاه باران سنجی وجود دارد. ایستگاه شهمیرزاد به‌صورت خودکار بوده و بارش را به‌صورت جزئی ثبت می‌نماید ولی بقیه ایستگاه‌ها، غیرخودکار بوده و باران را به‌صورت روزانه ثبت می‌نمایند. تمامی برگه‌های ثبت بارش مربوط به ایستگاه شهمیرزاد مورد ارزیابی قرار گرفتند و مقادیر بارش آنها با فواصل زمانی ۱۰ دقیقه استخراج شدند.

یک ایستگاه هیدرومتری به نام درجزین در خروجی حوضه آبخیز بزرگ درجزین وجود دارد. داده‌های سیلاب در این ایستگاه هیدرومتری، توسط شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان برداشت وآرشیو شده است.

به منظور شبیه‌سازی بارش- رواناب برای هر واقعه سیل منتخب، از برگه‌های باران متناظر آن استفاده شد. بنابراین وقایعی از سیلاب انتخاب شدند که اطلاعات بارندگی مربوط به همان زمان وجود داشت. به‌دلیل احداث سد خاکی گل رودبار در بخش میانی حوضه در سال ۱۳۷۲، وقایع سیل مربوط به تاریخ‌های قبل از آن برای ارزیابی انتخاب شدند که در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

از مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی بارش- رواناب و روندیابی سیل در حوضه استفاده شد. این مدل یک مدل عددی است که شامل یک سری روش‌ها برای شبیه‌سازی حوضه آبخیز، کانال و رفتار سازه‌های کنترل آب، پیش‌بینی جریان، سکوها و زمان‌سنجی است (۱۰، ۱۱ و۱۲).

با توجه به این‌که در خروجی حوضه آبخیز مهدی‌شهر ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد برای کالیبراسیون و بهینه‌سازی پارامترهای مدل مورد استفاده از داده‌های ایستگاه هیدرومتری خروجی حوضه آبخیز درجزین بهره‌برداری شد.

چکدم‌های خشکه چین سنگی در آبراهه‌های بالادست با شیب نسبتاً بالاتر در حوضه احداث شده‌اند. به منظور تعیین موقعیت دقیق و خصوصیات این چکدم‌ها عملیات گسترده صحرایی در سطح حوضه انجام شد و داده‌هایی همچون موقعیت جغرافیایی با استفاده از GPS، ارتفاع سد(H)، طول تاج (Wc)، عرض بستر(Wb)، طول مخزن(L) چکدم‌ها برداشت شد. براساس اطلاعات برداشت شده، حجم مخزن هر یک از چکدم‌ها برآورد شد. نمایی از یک چکدم خشکه چین سنگی در شکل ۲ نمایش داده شده است.

جدول ۲. مساحت کاربری‌های مختلف در حوضه آبخیز درجزین (به هکتار)

اراضی صخره‌ای	مراتع	مناطق مسکونی	باغات	اراضی کشاورزی	استخرهای فاضلاب	مناطق صنعتی
۱۳۹۶۸	۱۳۵۳۴	۶۳۰	۱۱۶۹	۱۸۱	۶	۱۲۴

جدول ۳. پراکنش گروه‌های هیدرولوژیک خاک در حوضه آبخیز درجزین (به هکتار)

A	B	C	D	کل
۹۷۶	۹۸۵۲	۱۰۲۸۱	۸۷۸۲	۲۹۶۱۳

اطلاعات تمامی چکدم‌های موجود درحوضه درمدل HEC-HMS وارد شد و شبیه‌سازی بارش- رواناب برای دو سناریوی قبل و پس ازاحداث چکدم‌ها انجام شد. از آنجایی‌که کالیبراسیون و بهینه‌سازی مدل برای حوضه آبخیز در جزین در شرایط قبل از احداث چکدم‌ها انجام شده است. لذا شبیه‌سازی بارش- رواناب برای تمامی وقایع بارش‌های ثبت شده در دو شرایط با و بدون چکدم‌های موجود انجام شد و نتایج شبیه‌سازی به کمک آزمون آماری t- استیودنت و به روش جفتی برای هر دو سناریو با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

حوضه آبخیز درجزین با مساحت ۲۹۶/۱ کیلومترمربع در بخش جنوبی البرز واقع شده است. این منطقه یک حوضه آبخیزکوهستانی دشتی می‌باشد که بخش شمالی آن توسط کوه‌های با شیب تند بیش از۶۰ درصد و بخش میانی و جنوبی آن توسط تپه ماهورهای با شیب ملایم تاکم شیب پوشیده شده است. اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقطه حوضه ۱۹۴۱ متر می‌باشد و خروجی حوضه دارای ارتفاع ۱۲۷۰ است. متوسط شیب حوضه آبخیز مورد مطالعه برابر۲۸/۹ درصد می‌باشد.

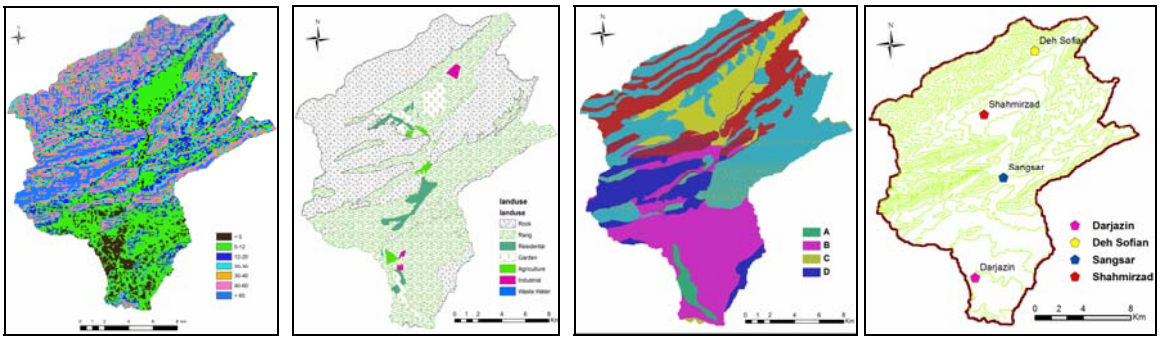
از نظر زمین‌شناسی، حوضه در جزین در زون ساختاری البرز قرارگرفته است و سازندهای زمین‌شناسی سلطانیه دوره پرکامبرین تا نهشته‌های آبرفتی دوره کواترنر را در بر می‌گیرند و عمده‌ترین لیتولوژی سطح این حوضه در ارتفاعات را آهک و دولومیت، ماسه سنگ، شیل، کنگلومرا، سنگ‌های ولکانیکی و در مناطق دشتی، تراس‌ها و نهشته‌های آبرفتی جدید و قدیم تشکیل می‌دهند(۳).

کاربری اراضی در این حوضه آبخیز عمدتاً مرتع بوده و بخش زیادی از اراضی فاقد کاربری می‌باشند که شامل اراضی توده سنگی و شیبدار منطقه هستند. کاربری دیگرحوضه شامل باغات و اراضی کشاورزی است که عمدتاً در حاشیه شهرهای درجزین و شهمیرزاد گسترش یافته‌اند و بقیه اراضی مربوط به مناطق مسکونی و شهرک‌های صنعتی می‌باشند. جدول شماره ۲ مساحت کاربری‌ها در حوضه مورد تحقیق و جدول شماره ۳ وضعیت گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه را نشان می‌دهند. شکل شماره ۳ نقشه‌های شیب، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک و ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه مورد تحقیق را نشان می‌دهد.

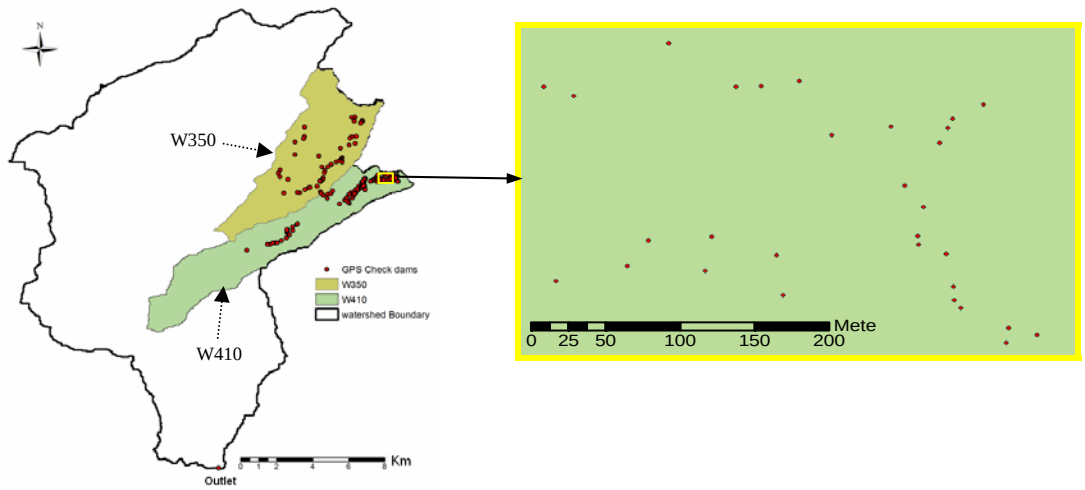
حوضه آبخیز درجزین براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، جزو اقالیم خشک تا نیمه خشک سرد می‌باشد که در بخش‌های جنوبی، خشک و در قسمت‌های میانی و شمالی حوضه نیمه خشک است (۳).

میانگین بارش بلند مدت حوضه، براساس رابطه گرادیان بارش منطقه برابر ۲۵۵/۸ میلی‌متر در سال می‌باشد میانگین دمای سالیانه حوضه آبخیز درجزین با استفاده از رابطه گرادیان حرارتی منطقه برابر۹/۷۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است (۱).

حوضه آبخیز درجزین به ۲۵ زیرحوضه تقسیم شده است و



شکل۳. از چپ نقشه‌های شیب، کاربری اراضی،گروه‌های هیدرولوژیک خاک وموقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه



شکل ۴. پراکنش چکدم‌های خشکه چین سنگی در حوضه آبخیز درجزین

صرفاً در دو زیرحوضه مهدی شهر(W410) و ریگاب(W410) که در بالادست شهر مهدی شهر واقع شده‌اند چکدم‌ها با هدف کنترل سیل شهر مهدی شهر از سال ۱۳۷۶تا ۱۳۷۹ توسط مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد سازندگی سابق ازمحل اعتبارات ستاد حوادث غیرمترقبه استان به اجرا درآمده‌اند و در سایر زیرحوضه‌ها، چکدم احداث نشده است. تعداد چکدم‌های احداث شده در این دو زیرحوضه ۶۶۱ مورد می‌باشند که در برداشت‌های صحرایی مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفتند. (جدول۴) نقشه پراکنش این چکدم‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است.

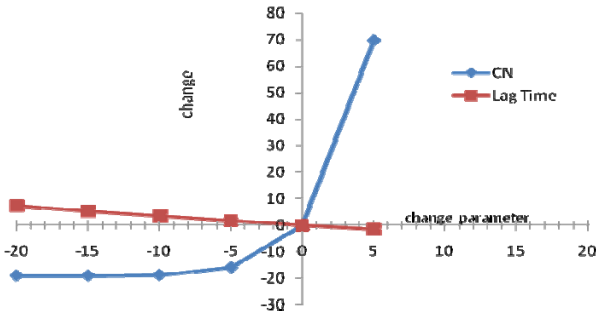
آنالیز حساسیت، بهینه‌سازی و واسنجی مدل

برای آنالیز حساسیت مدل HEC-HMS از شبیه‌سازی بارش رواناب ۱۰ واقعه سیل ثبت شده(جدول ۱) در حوضه آبخیز درجزین استفاده شد. آنالیز حساسیت برای دو پارامتر CN و زمان تأخیر سیل (Lag time) در محدوده ۲۰ درصد بالا و پایین هر پارامتر انجام شد. مدل برای هر واقعه رگبار اجرا شد و مقادیر سیلاب آن به‌دست آمد. سپس نتایج تغییرات دبی برای هر پارامتر مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. که نتایج آن در شکل ۵ نشان داده شده است.

دیاگرام حساسیت نشان می‌دهد مدل HEC-HMS، چندان به تغییرات زمان تأخیر سیل حساس نبوده، در حالی‌که به تغییرات مقادیر CN در محدوده ۵- تا ۵+ درصد بسیار حساس می‌باشد. علاوه بر این ارزیابی حساسیت برای افزایش ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد برای CN انجام نشد چرا که به‌دلیل بالا بودن CN در اغلب بخش‌های حوضه، مقدار آن با افزایش این مقادیر از حداکثر مجاز CN یعنی ۱۰۰ تجاوز می‌نمود. سپس مدل برای

جدول ۴. نمونه‌ای از خصوصیات برداشت شده از چکدم‌های خشکه چین سنگی و مخازن آنها

زیرحوضه	شماره چکدم	H (m)	Wc (m)	Wb (m)	L (m)	حجم مخزن (مترمکعب)
W410	CD 001	۱/۰۰	۳/۸	۱/۱	۸/۰	۹/۸۰
W410	CD 002	۰/۹۰	۳/۷	۱/۵	۸/۰	۱۰/۴۰
W410	CD 003	۰/۸۰	۴/۴	۱/۵	۱۰/۰	۱۴/۷۵
W410	CD 004	۰/۸۰	۶/۰	۳/۰	۸/۰	۱۸/۰۰
W410	CD 005	۰,۸۵	۵/۵	۱/۶	۱۵/۰	۲۶/۶۳
W410	CD 006	۰/۸۰	۴/۸	۱/۵	۹/۰	۱۴/۱۸
W410	CD 007	۰/۷۵	۳/۰	۱/۵	۵/۰	۵/۶۳
W410	CD 008	۰/۷۰	۴/۱	۱/۹	۵/۰	۷/۵۰
W410	CD 009	۰/۷۰	۴/۸	۱/۵	۵/۰	۷/۸۸
W410	CD 010	۰/۷۴	۳/۸	۱/۸	۵/۰	۷/۰۰
W410	CD 011	۰/۶۵	۴/۲	۲/۲	۴/۰	۶/۴۰
W410	CD 012	۰/۸۰	۳/۸	۱/۵	۴/۰	۵/۳۰
W410	CD 013	۰,۸۵	۲/۹	۱/۴	۳/۰	۳/۲۳
W410	CD 014	۰/۹۰	۳/۵	۱/۸	۴/۵	۵/۹۶
			. . .			
W350	CD135	۱/۰۰	۶/۰	۴/۰	۶/۰	۱۵/۰۰
W350	CD136	۱/۰۰	۶/۰	۴/۰	۶/۰	۱۵/۰۰
W350	CD137	۱/۰۰	۶/۰	۴/۰	۶/۰	۱۵/۰۰



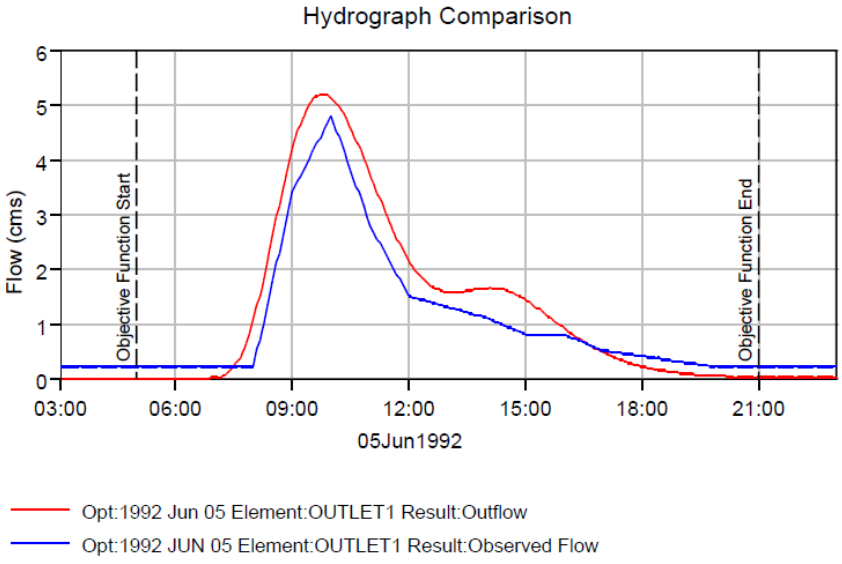
شکل ۵. دیاگرام حساسیت پارامترهای مدل در حوضه آبخیز درجزین

حوضه مورد مطالعه براساس تابع هدف درصد خطای دبی اوج بهینه‌سازی شد و مقادیر جدید CN به‌دست آمد که نتایج آن درجدول ۵ ارائه شده است.

مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای با برآوردی در خروجی حوضه آبخیز درجزین نشان‌دهنده میزان تطابق این دو هیدروگراف نسبت به هم می‌باشد. برای نمونه مقایسه هیدروگراف‌های

جدول ۵. مقادیر متوسط CN بهینه‌سازی شده برای زیرحوضه‌های حوضه آبخیز درجزین

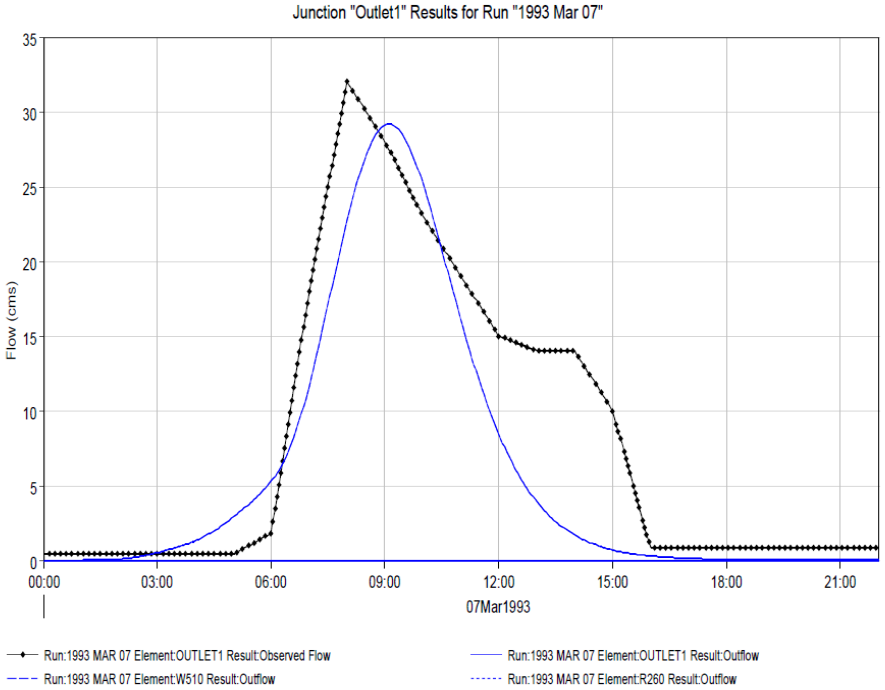
زیر حوضه	CN		زیر حوضه	CN	
	قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی		قبل از بهینه سازی	بعد از بهینه سازی
W270	۸۷/۲	۸۷/۴	W400	۸۹/۰	۸۷/۰
W280	۹۱/۹	۸۹/۳	W410 (مهدی شهر)	۸۷/۱	۸۶/۲
W290	۸۴/۲	۸۴/۷	W420	۹۱/۰	۸۹/۲
W300	۹۳/۶	۹۰/۸	W430	۸۳/۹	۸۴/۸
W310	۸۴/۷	۸۵/۲	W440	۸۸/۲	۸۷/۶
W320	۸۵/۵	۸۴/۰	W450	۸۹/۰	۸۸/۶
W330	۹۲/۶	۸۹/۸	W460	۸۰/۴	۸۰/۴
W340	۸۰/۸	۸۰/۸	W470	۷۶/۷	۷۶/۷
W350 (ریگاب)	۹۰/۸	۸۸/۸	W480	۷۹/۹	۷۹/۹
W360	۶۹/۵	۶۹/۵	W490	۸۳/۸	۸۵/۱
W370	۷۶/۲	۷۶/۲	W500	۷۵/۷	۷۵/۷
W380	۹۰/۵	۸۸/۳	W510	۸۰/۶	۸۰/۶
W390	۸۳/۵	۸۲/۸			



شکل ۶. مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای و برآوردی سیل در رخداد ۱۵خرداد۱۳۷۱

مشاهده‌ای و برآوردی مربوط به رخداد ۱۵خرداد۱۳۷۱ در شکل ۶ ارائه شده است.

برای تعیین مقدار بهینه CN، همه وقایع به‌جز تاریخ ۱۷ اسفند ۱۳۷۱ بهینه‌سازی شدند و مقدار متوسط کل وقایع به‌عنوان پارامتر بهینه CN محاسبه شد.



شکل ۷. هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده سیل درخروجی حوضه- رویداد ۱۷اسفند ۱۳۷۱

اعتبار سنجی مدل HEC-HMS

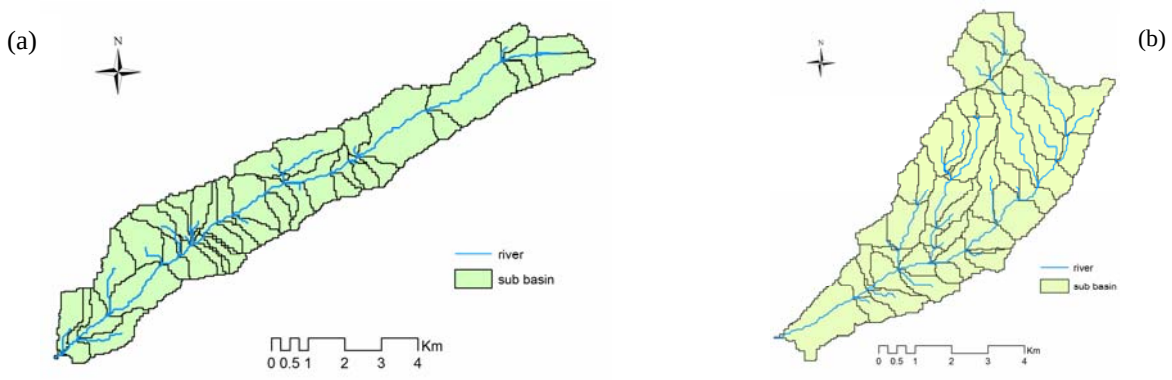
بعد از تعیین مقادیر بهینه CN در طی مراحل کالیبراسیون مدل HEC-HMS، برای اعتبار سنجی مقادیر CN بهینه، رویداد ۱۷ اسفند ۱۳۷۱ انتخاب شد. مدل با CN جدید برای این رویداد شبیه‌سازی شد. در این رویداد سیلاب با دبی ۳۲/۰۰ مترمکعب بر ثانیه ثبت شده و مقدار شبیه‌سازی شده سیلاب برابر ۲۹/۴۲۵ مترمکعب برثانیه می‌باشد که نشان می‌دهد سیلاب برآوردی با ۸/۷۵ درصد اختلاف محاسبه شده است. شکل ۷ هیدروگراف این سیل را نشان می‌دهد.

توسعه مدل HEC-HMS برای زیرحوضه‌های مهدی شهر و ریگاب

برای ارزیابی اثر چکدم‌ها روی سیلاب در حوضه‌های آبخیز مهدی شهر(W410) و ریگاب (W350)، این زیرحوضه‌ها از کل حوضه آبخیز درجزین جدا شدند. سپس اطلاعات این زیرحوضه‌ها با دقت بیشتری در محیط نرم‌افزار ArcGIS استخراج شد. بر این اساس، زیرحوضه‌های مهدی شهر و ریگاب هر یک به ۴۶ زیرحوضه کوچک‌تر تقسیم شدند(شکل ۸).

حوضه‌های آبخیز ریگاب و مهدی شهر به‌ترتیب دارای مساحت ۳۲۸۴/۶ و ۳۲۶۷/۸ هکتار می‌باشند. دامنه تغییرات مساحت برای زیرحوضه‌های ریگاب بین ۱۲/۲۲ تا ۲۵۱/۹ هکتار و برای زیرحوضه مهدی‌شهر بین ۲۴/۱ تا ۳۲۰/۳ هکتار می‌باشد. حداقل شیب متوسط زیرحوضه‌های ریگاب و مهدی‌شهر به‌ترتیب برابر ۱۰ و ۶/۳ درصد است و حداکثر شیب برای این دو زیرحوضه به‌ترتیب برابر ۳۵/۳ و ۴۸/۵ درصد می‌باشد.

بعد از این مراحل زیرحوضه‌های آبخیز مهدی‌شهر(W410) و ریگاب(W350) هر یک به‌عنوان یک حوضه آبخیز مستقل به محیط نرم‌افزارHEC-HMS فرستاده شدند و دو فایل مجزا برای هر زیرحوضه در محیط این نرم‌افزار آماده شد که یکی لایه حوضه بدون چکدم و دیگری لایه‌ای دارای تمامی چکدم‌های احداث شده و موجود بود. آنگاه برای تمامی رویدادهای بارش ذکر شده در جدول۱، مدل بارش- رواناب شبیه‌سازی شد که نتایج اجرای مدل در دوسناریوی قبل و بعد از احداث چکدم‌ها



شکل ۸. زیرحوضه‌های مهدی شهر(a) و ریگاب(b) در حوضه آبخیز درجزین

جدول ۶. خلاصه مقادیر شبیه‌سازی شده سیلاب در زیرحوضه مهدی‌شهر برای رویدادهای مختلف

تاریخ وقوع سیل	دبی حداکثر سیلاب(m^3/s)				حجم سیلاب ($1000M^3$)			
	قبل از احداث چکدم‌ها		بعد از احداث چکدم‌ها		قبل از احداث چکدم‌ها		بعد از احداث چکدم‌ها	
	W410	W350	W410	W350	W410	W350	W410	W350
۱۳۶۵ /۰۱/۱۷	۰/۹	۲/۰	۱/۰	۰/۳	۱۰/۶	۲۲/۰	۹/۷	۵/۲
۱۳۶۷/۰۶/ ۳۰	۲/۹	۹/۳	۴/۸	۲/۷	۲۱/۲	۵۲/۳	۱۹/۸	۱۲/۱
۱۳۷۰/۰۱/۰۶	۳/۵	۸/۸	۴/۵	۱/۹	۳۳/۷	۶۴/۴	۲۸/۰	۱۴/۶
۱۳۷۰/۰۲/۱۶	۷/۸	۵/۰	۷/۱	۲/۷	۷۴/۸	۴۶/۳	۴۹/۲	۱۷/۴
۱۳۷۱/۰۲/۰۷	۰/۷	۱/۸	۱/۰	۰/۵	۴/۹	۱۰/۱	۴/۳	۲/۱
۱۳۷۱/۰۳/۱۵	۰/۲	۰/۹	۰/۲	۰/۲	۲/۰	۷/۶	۱/۷	۱/۳
۱۳۷۱/۱۱/۱۴	۰/۵	۰/۹	۰/۵	۰/۳	۶/۷	۱۲/۹	۶/۰	۲/۹
۱۳۷۱/۱۲/۱۷	۰/۴	۳/۵	۰/۴	۹/۱	۵/۷	۳۸/۳	۴/۸	۶۸/۶
۱۳۷۲/۰۳/۲۳	۱/۰	۳/۷	۱/۱	۲/۲	۹/۰	۲۹/۰	۸/۴	۹/۰
۱۳۷۳/۰۱/۰۷	۰/۴	۱/۳	۰/۴	۱/۰	۵/۲	۱۶/۲	۴/۶	۵/۳
۱۳۷۴/۰۱/۲۴	۸/۷	۱۲/۶	۶/۳	۳/۰	۱۰۰/۵	۱۳۹/۹	۶۰/۸	۲۹/۶
۱۳۷۴/۰۲/۰۴	۹/۶	۲۳/۱	۵/۶	۲۶/۹	۲۱۳/۳	۶۰۴/۰	۱۲۵/۲	۷۰۷/۰
۱۳۷۴/۰۶/ ۳۰	۵/۲	۱۲/۰	۳/۵	۱۷/۹	۸۷/۲	۱۹۰/۵	۵۴/۹	۱۴۷/۲
۱۳۷۴/۱۲/۲۳	۳۲/۶	۳۴/۹	۲۸/۷	۲۸/۷	۱۰۲۰/۳	۱۰۸۷/۷	۶۹۱/۹	۸۳۱/۹
۱۳۷۵/۰۱/۱۶	۰/۷	۱/۳	۰/۸	۰/۴	۶/۵	۱۱/۰	۵/۶	۲/۵
۱۳۷۵/۰۲/۱۷	۰/۴	۰/۷	۰/۴	۰/۲	۴/۹	۷/۷	۴/۲	۱/۸

در جدول ۶ ارائه شده است.

مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون t- استیودنت و به روش نمونه‌های جفتی نشان داد که اختلاف بین دبی پیک و حجم سیلاب خروجی زیرحوضه‌های مورد مطالعه برای شرایط قبل و بعد از احداث چکدم‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد که نتایج آن در جدول ۷ نشان داده شده است. میانگین کاهش دبی پیک سیل برای مجموع دو زیرحوضه برابر۱۶/۷ درصد و برای زیرحوضه‌های مهدی‌شهر و ریگاب به‌ترتیب برابر۱۲/۲ و۱۹/۵ درصد است. حال آن‌که میانگین کاهش حجم سیلاب برای مجموع دو زیرحوضه برابر۲۵/۲ درصد و برای هریک از

جدول ۷. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش t- استیودنت جفتی

Paired Samples Test - W350

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Q_before - Q_after	1.48750	4.32895	1.08224	-.81924	3.79424	1.374	15	.189
Pair 2	V_before - V_after	30.08750	74.18925	18.54731	-9.44516	69.62016	1.622	15	.126

Paired Samples Test - W410

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Qp_before - Qp_after	.57500	1.62870	.40718	-.29287	1.44287	1.412	15	.178
Pair 2	V_before - V_after	32.96250	82.27495	20.56874	-10.87873	76.80373	1.603	15	.130

زیرحوضه‌های مذکور به‌ترتیب برابر ۳۳ و۱۹/۶ درصد به‌دست آمده است.

نتیجه‌گیری

از آنجائی‌که در خروجی زیرحوضه‌های آبخیز مهدی‌شهر و ریگاب، ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد برای کالیبراسیون مدل HEC-HMS از اطلاعات ایستگاه هیدرومتری خروجی حوضه آبخیز درجزین استفاده شد. که این روش قابل استفاده برای شبیه‌سازی بارش- رواناب در حوضه‌های کوچک و فاقد آمار سیلاب می‌باشد.

بررسی‌های صحرایی نشان داد متوسط ارتفاع چکدم‌های خشکه چین سنگی یک متر، عرض چکدم‌ها در بستر۲ متر و در تاج ۵ متر وحجم مخزن آنها به‌طور متوسط ۲۰ مترمکعب می‌باشد که در مسیر آبراهه‌های مختلف، به‌صورت سازه‌های تیپ و همگن از نظر نوع مصالح و شکل احداث، توسعه داده شده‌اند.

همگن بودن عملیات اجرایی در زیرحوضه‌های مورد مطالعه توانست به خوبی اثر چکدم‌های خشکه چین سنگی بر خصوصیات سیل را نشان دهد. درحالی‌که تحقیقات قبلی توسط عباسی (۵)، کریمی(۶) و اوجاقلو(۱) برای مجموعه‌ای از سازه‌های آبخیزداری شامل چکدم‌های خشکه‌چین‌سنگی، توریسنگی و سنگی- ملاتی در حوضه‌های آبخیز ایران انجام شده و تأثیر منفرد هر یک از انواع سازه‌ها بر کاهش دبی سیلاب، از هم تفکیک نشده‌اند.

مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای با برآوردی در خروجی حوضه آبخیز درجزین، نشان‌دهنده تطابق این دو هیدروگراف نسبت به هم بوده و نشان می‌دهد مدل HMS-HEC به خوبی قادر است شبیه‌سازی بارش رواناب را با اطمینان بالایی در حوضه آبخیز مورد مطالعه انجام دهد که با نتایج کریمی(۶)، عباسی(۵)، اوجاقلو(۲) و پارسامهر(۴) همخوانی دارد.

آنالیزحساسیت مدل در حوضه مورد مطالعه نشان می‌دهد مدل HEC-HMS، چندان به تغییرات زمان تأخیر سیل حساس نبوده در حالی‌که به تغییرات مقادیر CN در محدوده ۵- تا ۵+ درصد بسیار حساس می‌باشد. نتایج بهینه‌سازی پارامتر CN و سپس اعتبارسنجی مدل نشان داد که مدل با خطایی در حدود ۸/۷۵ درصد قادر است شبیه‌سازی بارش رواناب را درحوضه انجام دهد.

نتایج شبیه‌سازی سیلاب در شرایط بعد از احداث چکدم‌ها در مقایسه با شرایط قبل از آن در برخی موارد نشان می‌دهد که دبی سیل، کاهش ولیکن حجم سیلاب افزایش داشته است. این مهم عمدتاً برای سیلاب‌های با تداوم بیشتر رخ داده است چرا که چکدم‌های مورد بررسی به‌دلیل انفصال مصالح وخشکه چین بودن، دارای منافذ و درز و شکاف‌هایی هستند که جریان آب را از خود نفوذ داده و به همین دلیل در صورت تداوم زیاد

سیلاب، بخش قابل توجهی ازجریان سیلاب ازلابه‌لای درز و شکاف‌ها عبور نموده و علی‌رغم کاهش چشمگیر دبی پیک سیل، حجم جریان خروجی کاهش نداشته و حتی در مواردی افزایش نشان می‌دهد.

ارزیابی اثر احداث چکدم‌های خشکه چین سنگی بر میزان کاهش دبی وحجم سیلاب نشان داد که از نظر آماری میزان کاهش دبی پیک سیل و حجم آن دارای اختلاف معنی‌داری هستند و از نظر توصیفی این میزان کاهش برای زیرحوضه‌های W410 و W350 به‌ترتیب برابر۱۲/۲ و ۱۹/۵ درصد است که با نتایج تحقیقات موری(۹) و کریمی(۶) مطابقت دارد ولی با تحقیقات عباسی(۵) و اوجاقلو(۲) مطابقت نداشته و دلیل آن بررسی ترکیبی پروژه‌های مختلف در حوضه‌های مورد بررسی آنها بوده است که نقش چکدم‌های کوچک سنگی در مقایسه با سایر چکدم‌ها تفکیک نشده‌اند.

منابع مورد استفاده

۱. ارسطو، ب. و س. ع. ا. هاشمی. ۱۳۸۹. بررسی روند خشک‌سالی به منظور تعیین معیارها و مدلسازی خشک‌سالی بخش کشاورزی استان سمنان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان سمنان.

۲. اوجاقلو، ف.۱۳۸۰. بررسی تأثیر سازه‌های کوچک آبی روی سیلاب‌ها. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. بی نام. ۱۳۸۸. مطالعات تفضیلی اجرایی آبخیزداری حوضه آبخیز گل رودبار در استان سمنان. اداره کل منابع طبیعی وآبخیزداری استان سمنان.

۴. پارسامهر، م. ر. ۱۳۷۸. بررسی کارآیی سازه‌های اصلاحی در جمع‌آوری رسوب و تثبیت پروفیل طولی آبراهه‌ها در حوضه آبخیز غاز محله کردکوی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مرتع وآبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۵. عباسی، م .، م. محسنی ساروی، م. م. خیرخواه، ش.خلیقی سیگارودی، ق. رستمی و م. حسینی. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر فعالیت‌های آبخیزداری در زمان تمرکز و شماره منحنی حوضه با بهره‌گیری از مدل HEC-HMS (بررسی موردی: حوضه آبخیز کن تهران). نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران ۶۳(۳): ۳۷۵ – ۳۸۵.

۶. کریمی، ک. ۱۳۸۸. ارزیابی فنی اثرات عملیات اجرایی آبخیزداری بر دبی رودخانه (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیرا –کلوان). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

7. Balooni, K., A.H. Kalro and A.G. Kamalamma. 2008 Community initiatives in building and managing temporary check-dams across seasonal streams for water harvesting in South India. Agric. Water Manage. 95: 1314–1322.
8. Bombinoa, G., A. M. Gurnell, V. Tamburinoa, D. A. Zemaa and S. M. Zimbone. 2007. Sediment size variation in torrents with check dams: Effects on riparian vegetation. Ecol. Eng. 32: 166–177.
9. Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988. Applied Hydrology. McGraw Hill Press., New York.
10. Fleming. M.J. 2010. Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Quick start Guide. U.S. Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center. PP.46.
11. Fleming. M. J. and J. H. Doan. 2009. HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension, User's Manual version 4.2. U.S. Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center. PP.197.
12. Ford, D., N. Pingel and J.J. Devries. 2008. Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Applications Guide. U.S. Army Corps of Engineers press-Hydrologic Engineering Center, Washington, DC. PP.108.
13. Li, X.G. and X. Wei. 2011 . Soil erosion analysis of human influence on the controlled basin system of check dams in small watersheds of the Loess Plateau, China. Expert Sys. with Appl. 38: 4228–4233
14. Moori, C.M. 1999. Effects of small structures on peak flow. Water Resources Symposium No. 2. University of Texas, Austin, Texas, PP. 101-117.
15. Ran, D.C., Q.H. Luo, Z.H. Zhou, G.Q. Wang and X.H. Zhang. 2008. Sediment retention by check dams in the Hekouzhen-Longmen Section of the Yellow River. Intl. J. Sediment Res. 23:159-166.
16. Sahoo, G.B., C. Ray and E.H. De Carlo. 2006. Calibration and validation of physically distributed hydrological model MIKE-SHE, To Predict storm flow at high frequency in flashy mountainous Hawaii stream. J. Hydrol. 327: 94-109.

J. Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour., Water and Soil Sci., Vol. 17, No. 66, Winter 2014, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

Effect of Rock Check Dams on Flood Reducing in Arid and Semi Arid Regions (Case Study: Darjazin Watershed in Semnan Province)

S. A. A. Hashemi[1]*

(Received : Aug. 9-2012 ; Accepted : Feb. 20 -2013)

Abstract

Check dams are considered as main measures for flood and sediment control in watersheds, and their uses have been rapidly increased from 1990 onward in Iran. This research is done in Darjazin watershed in north of semnan city. The check dams have been constructed from 15 years ago in two sub basins of the watershed for flood control in Mahdishar. More than 650 check dams were evaluated for effects on flood. The collected data in the field was fed to ArcGIS software. The effects of these structures on flood reduction were evaluated by HEC-GeoHMS extension and HEC-HMS model. Because of homogeneity of watershed management projects in the basin due to building more check-dams in different watercourses, any flood discharge is related to check dams. Evaluating the effects of check dams on flood by t-test showed significant differences between flood discharge before and after construction of check dams at 5 percent level. So, check dams have been able to reduce flood discharge by 16.7 percent on average.

Keywords: Rock check dams, Flood, HEC-HMS model, Darjazin watershed, Semnan.

1. Agric. and Natur. Resour. Res. Center of Semnan Province, Semnan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: hashemiaa12@gmail.com