دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی تاثیر اقدامات مدیریتی آبخیزداری در تغییر برخی ا ز مشخصات سیلاب حوزه آبخیز هفتان

باقر قرمزچشمه[۱]، شمس اله نیکچه فراهانی[۲] و حشمت آقارضی[۳]

۱- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، (نویسنده مسوول: baghergh@gmail.com)
۲- کارشناس ارشد پژوهشی- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۳- مربی پژوهشی- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۱۶
صفحه ۱۰۶ تا ۱۱۶

چکیده

ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری امروزه از مسائل مهم در برنامه‌ریزی‌های آتی مدیریت منابع طبیعی می‌باشد. با توجه به نبود تجهیزات لازم به منظور پایش و ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری و بررسی تأثیر اقدامات مدیریتی در وضعیت سیلاب و رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی جهت شبیه‌سازی رفتار حوزه در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری ابزاری کارآمد در دستیابی به اهداف می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تاثیر عملیات آبخیزداری در حوزه هفتان استان مرکزی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS انجام شد. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده‌های بارش و رواناب ثبت شده از دو رویداد اقدام به واسنجی پارامترهای شماره منحنی، زمان تمرکز و تلفات اولیه بارش شد و در نهایت صحت مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. با تعریف مقادیر بارش ٦ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف به عنوان بارش طرح، اقدام به شبیه‌سازی سیل قبل و بعد از احداث سازه‌های اصلاحی در مسیر آبراهه‌های اصلی شد. بدین منظور زمان تأخیر حوزه برای شبیه‌سازی سیل بعد از اقدامات آبخیزداری با توجه به تغییرات شیب آبراهه ناشی از تأثیر سازه‌های اصلاحی تغییر کرد. سرانجام با تعریف درصد خطای دبی اوج به عنوان تابع هدف، به ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری بر مشخصه‌های هیدروگراف سیل پرداخته شد. نتایج نشان داد عملیات آبخیزداری بیشترین تأثیر خود را بر روی وقایع سیلاب‌های کوچک نشان داده‌اند. همچنین همزمان با افزایش شدت بارش، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج کمتر شده است. با توجه به نتایج سیلاب شبیه‌سازی شده در خروجی حوزه هفتان مشخص شد که تأثیر عملیات آبخیزداری بر کاهش دبی اوج از ۲۱ تا ۸۳ درصد و بر کاهش حجم سیلاب از ۱۱ تا ۷۹ درصد بوده است که این نتیجه بیانگر تأثیر بیشتر عملیات آبخیزداری بر روی کاهش دبی اوج نسبت به کاهش حجم سیلاب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عملیات آبخیزداری، ارزیابی، مدل‌سازی، کاهش سیلاب، حوزه هفتان

مقدمه

حوزه آبخیز هفتان تفرش یکی از آبخیزهای بالادست رودخانه قره‌چای استان مرکزی به حساب می‌آید که به دلیل نوع فیزیوگرافی (پرشیب با سازندهای نفوذناپذیر و برونزدهای سنگی و پوشش گیاهی ضعیف) از پتانسیل سیل‌خیزی بالایی برخوردار است. عملیات آبخیزداری در این حوزه در سال ۱۳۷۴ با هدف کنترل سیلاب و کاهش فرسایش و رسوب به اجرا در آمده است (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری، ۱۳۷۴). عملیاتی نظیر بذر کاری و بادام کاری، بانکت بندی، انواع بندهای خاکی، گابیون و سنگی-ملاتی از مهمترین اقدامات مکانیکی در این حوزه به حساب می‌آیند. بعد از اجرای این عملیات، تأثیر کارایی آنها در کاهش سیلاب می‌باسیت ارزیابی قرار گیرد. انجام ارزیابی از آن جهت ضرورت و اهمیت دارد که می‌توان در مورد توزیع مکانی اقدامات آبخیزداری حوزه مذکور به صحیح یا غلط بودن اجرا پی برد. از طرفی بررسی دبی جریان قبل از اقدامات آبخیزداری مخصوصاً در مواقع سیلابی، و مقایسه این داده‌ها با زمان بعد از اقدامات آبخیزداری، راهکارهای مدیریتی صحیح را برای منطقه می‌توان به کار بست. ارزیابی عملیات آبخیزداری پس اجرا نشان داد که اغلب این عملیات تاثیر مثبت در کاهش سیل داشته‌اند. بطوری‌که نقش مدیریت پوشش گیاهی در شکل هیدروگراف سیل حوزه آبخیز دره‌شهر ایلام، نشان داد که هر چه دوره تناوب سیل بیشتر باشد و روش بیولوژیکی مستقل‌تر مطرح گردد، اثرات روش مکانیکی به سمت حداقل پیش می‌رود (۲).

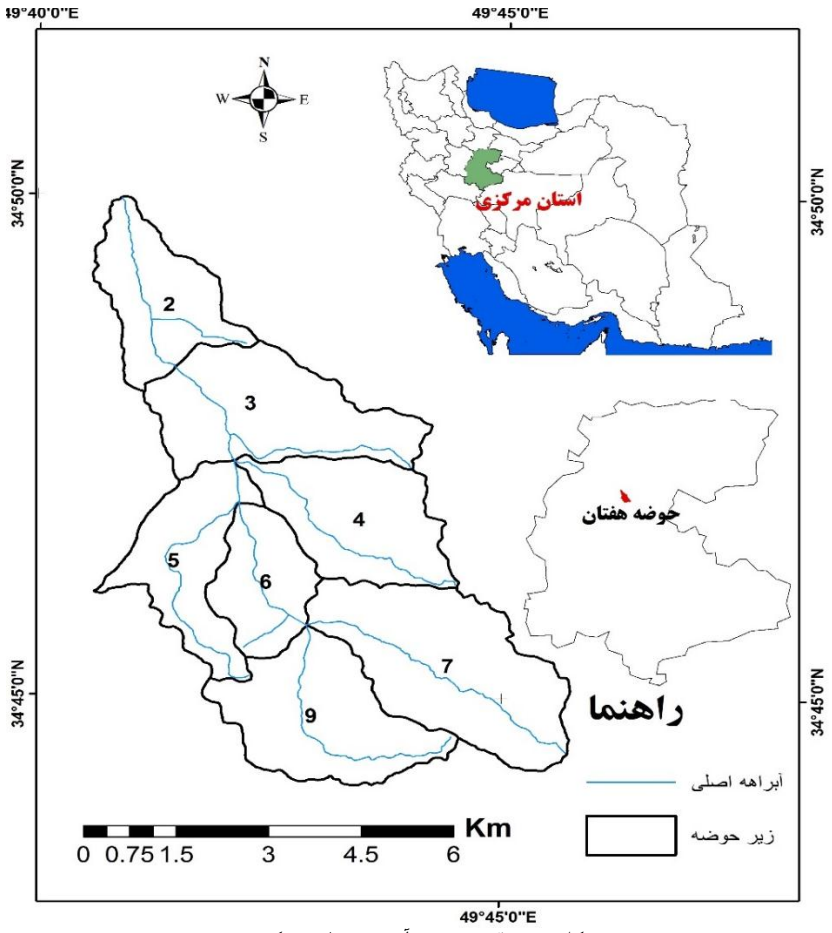
عملکرد اقدامات سازه‌ای در حوزه غاز محله کردکوی نشان داد که سازه‌ها، شرایط هیدرولوژیکی جریان را تغییر داده و وضعیت مطلوب‌تری برای عبور جریان فراهم نمودند. نتایج نشان داد پس از احداث سازه‌های اصلاحی مقطع عرضی آبراهه پهن‌تر و شیب کاهش یافته است. طبق نتایج سازه‌های اصلاحی با اخذ رسوبات در بالادست حوزه‌ها، مانع افزایش ارتفاع کف بستر آبراهه اصلی در پایین دست حوزه گشته و با حفظ و تثبیت ظرفیت انتقال از بروز سیلاب در پایین دست جلوگیری می‌کنند. (۱۵). برخی از تحقیقات صورت گرفته در ارزیابی عملیات آبخیزداری عدم کارایی آنها را نشان دادند. علت این امر به دلیل انتخاب اشتباه نوع سازه، احداث غیر اصولی سازه‌ها بدون توجه به مشخصات فنی پیش‌بینی شده برای آنها، عدم تلفیق، ترکیب و تکمیل سازه‌ها با اقدامات بیولوژیک و بالاخره عدم حفاظت و نگهداری از اقدامات انجام گرفته توسط بهره‌برداران، عنوان شده است (۵،۱۶،۴،۱۲). ولی اغلب تحقیقات انجام شده بیانگر تاثیر مثبت این عملیات در کاهش و یا کنترل سیل می‌باشد. در این خصوص نصیری مقدم (۱۳) به شبیه‌سازی سیل حوزه آبخیز گلاب دره –دربند

در شرایط قبل و بعد از عملیات آبخیزداری با مدل HEC–HMS پرداخت. نتایج کار ایشان نشان داد عملیات آبخیزداری در کاهش دبی اوج خروجی موثر بوده و در سیلاب‌های با دوره‌ی بازگشت پایین‌تر اثر انجام عملیات آبخیزداری بر دبی اوج خروجی بیشتر مشخص است. حق‌گو (۳) با ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر روی خصوصیات هیدرولوژیکی رودخانه غازمحله کردکوی اعلام داشت که میانگین خطای نسبی دبی اوج بعد از عملیات آبخیزداری نسبت به قبل از عملیات آبخیزداری، حاکی از آن است که به طور متوسط حدود ۴۷٪ دبی اوج کاهش یافته است. وی این رقم را نشان‌دهنده درصد موفقیت طرح آبخیزداری در حوزه مورد نظر عنوان کرد. شعبانی و همکاران (۲۱) به پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز نکا پرداخته و مناطق مولد سیل آن حوزه را بررسی کردند. نتایج نشان داد که سهم زیرحوزه‌ها در پتانسیل سیل‌خیزی کل حوزه تنها تحت تأثیر مساحت آنها نیست و عواملی چون موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوزه تأثیر قابل توجهی دارند. همچنین شاخص تعیین شدت سیل‌خیزی به‌ازای واحد سطح زیرحوزه‌ها، دراولویت‌بندی عملیات کنترل سیل به‌ازای هزینه و امکانات می‌تواند از شاخص‌های دیگر کارایی بیشتری داشته باشد. برخی از تحقیقات بر اساس سناریو سازی عملیات بیولوژیکی صورت گرفته و تاثیر کاهش CN را در میزان کاهش دبی پیک و حجم هیدروگراف را مورد بررسی قرار دادند (۷). صادقی و همکاران (۲۰) با ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری در زیر حوزه کشار حوزه آبخیز کن با استفاده از روش‌های منحنی جرم مضاعف، میانگین متحرک، منحنی تداوم جریان و بررسی رژیم هیدرولوژیکی، در مجموع عملکرد اقدامات آبخیزداری در کنترل رواناب منطقه مورد مطالعه را مثبت و استفاده از روش‌های یاد شده به صورت کمی را مورد تأیید قرار دادند. روغنی (۱۸) در تحقیقی با عنوان کنترل سیلاب حوزه‌های شهری و روستایی در حوزه رود زرد با هدف تعیین الگوی مناسبی در بهینه‌سازی عملیات آبخیزداری و مهار سیل، ضمن به کارگیری مشخصات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه در یک مدل هیدرولوژیکی و استفاده از مفهوم نمودار مساحت–زمان، رفتار حوزه را مورد واسنجی و ارزیابی قرار داد. با فرض اجرای عملیات مهار سیلاب در زیرحوزه‌های واقع در هر سطح هم پیمایش، تاثیر آنها روی دبی اوج هیدروگراف سیل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سطح هم پیمایش ۵ واقعه در بخش میانی حوزه پل منجنیق با ۶۴/۶ کیلومتر مربع وسعت، دارای بیشترین تاثیر در دبی اوج سیلاب خروجی از حوزه اصلی بوده است. در مقایسه با بخش‌های میانی حوزه، سطوح واقع در نزدیکی خروجی، نقش بسیار کمتری در دبی اوج داشت. دارابی و همکاران (۱) زیر حوزه‌های آبخیز دوآب شازند را بر اساس پارامترهای مرفومتریک و روش آنالیز خوشه‌ای طبقه‌بندی کردند. آنها دو روش آنالیز خوشه‌ای KCA و HCA را مورد آزمون قرار داده که در روش KCA در ۵ خوشه ایجاد شده به ترتیب ۳، ۷، ۳، ۷، ۴ زیر حوزه قرار گرفتند. همچنین در روش HCA نیز در پنج خوشه ایجاد شده به ترتیب ۳، ۷، ۲، ۸ و ۴ زیر حوزه واقع شد که بیانگر همخوانی خوب دو روش می‌باشد. شیاه و همکاران (۲۲) از نرم‌افزارهای HEC-RAS و HEC-HMS به منظور شبیه‌سازی جریان و بررسی اثر احداث چکدم، در آبخیز تسنگون تایوان استفاده کردند. نتایج رویکرد دامنه تغییرات (RVA) و آزمون تی جفت نشان داد که تاثیر احداث سازه بر خصوصیات جریان، در سطح ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار بوده است. شجاعی (۲۳) تأثیر عملیات آبخیزداری در مهار و کاهش رواناب و کنترل فرسایش و رسوب در حوزه هلاغره از توابع شهرستان اصفهان را مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که با انجام عملیات آبخیزداری از سال ۱۳۷۳ در سطح حوزه به طور متوسط سالانه حدود ۲۰۰۷۵۹۰ مترمکعب از حجم روان آب‌ها استحصال گردیده است و حدود ۳۹۴۹۵ تن معادل ۲۶۳۳ مترمکعب از رسوب‌زایی و حمل ذرات به پشت سد کاهش یافته است. روغنی و همکاران (۱۹) در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی تاثیر عملیات مکانیکی بر رفتار هیدرولوژی حوزه بارده در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس شاخص سیلاب و سیل‌خیزی و با روش کار عملیات صحرایی با استفاده از مدل SCS و شبیه‌سازی سیلاب حوزه نشان دادند که مخزن سازه‌های احداث شده با حجمی حدود ۴۷۱ متر مکعب ضمن ذخیره رواناب و تاثیر بر نفوذ عمقی جریان رواناب، قادر به کنترل سیلابی با دوره بازگشت حدود ۲۵ سال می‌باشند. در تحقیقات صورت گرفته بر روی ۳۰۰ سازه اصلاحی و تأثیر این عملیات در کاهش دبی اوج در سرشاخه‌های حوزه آبخیز تگزاس به این نتیجه رسید که در زیر حوزه‌های مختلف منطقه بین ۴۸ تا ۹۸ درصد کاهش در دبی اوج دیده شده و رابطه معکوس بین حجم رواناب خروجی و حجم رواناب نگهداری شده و ظرفیت سازه‌های کنترل سیل وجود دارد (۱۱). شکوهی (۲۴) در ارزیابی تاثیر ۱۴۰ سازه گابیونی و ۳ سد ذخیره‌ای در بالادست آبخیز شهری بهبهان، با مدل HEC-HMS دریافت که احداث سازه‌های ذخیره‌ای در بالادست آبخیزهای شهری به منظور کنترل سیل مناسب است. محققین به این نتیجه رسیدند که مدل HEC-HMS برای برآورد پارامترهای نفوذ و برای شبیه‌سازی جریان در حوزه رودخانه ران گاندی در شمال شرقی هند قابل اعتماد بوده است (۹). بنابراین، استفاده از مدل HEC-HMS جهت شبیه سازی حوزه برای مطالعات آینده قابل اعتماد است. در یک تحقیق تحت عنوان کالیبراسیون روش‌های برآورد تلفات در HEC-HMS برای شبیه‌سازی رواناب سطحی از سه روش نرخ تلفات اولیه و ثابت، گرین–آمپت و روش شماره منحنی SCS استفاده کردند (۱۷). با توجه به توابع هدف از، جمله درصد خطای اوج، حجم سیلاب ریشه اوج وزن متوسط مربع که مدل HEC-HMS بر اساس هر یک از تابع هدف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که تقریبا در ۷۰ درصد حوادث حداقل تغییرات جریان اوج در اولویت اول را به عنوان بهترین روش برای شبیه‌سازی رواناب استفاده می‌شود و روش‌های دیگر در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. خسروشاهی (۸) برای شناسایی مناطق سیل‌خیز در حوزه آبخیز دماوند، از روش (تکرار حذف انفرادی زیرحوزه) با

به کارگیری مدل HEC-HMS استفاده نمود. برای این منظور حوزه مزبور را به ۷ زیر حوزه تقسیم و خصوصیات فیزیکی حوزه را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در قالب رقومی تعیین کردند. سپس هیدروگراف‌های سیل متناظر با بارش طراحی را برای هر یک از زیرحوزه‌ها محاسبه نمود و با حذف متوالی زیرحوزه‌ها در هر بار اجرای مدل، بده خروجی کل حوزه، بدون زیرحوزه مورد نظر را محاسبه کرد. در نتیجه میزان تأثیر هر یک از زیرحوزه‌ها در تولید سیل خروجی به دست آمد و زیرحوزه‌ای که بیشترین سهم مشارکت را در تولید سیل خروجی حوزه بر عهده داشت، به عنوان سیل خیزترین زیرحوزه، شناسایی شد. سپس سایر زیرحوزه‌ها را به ترتیب میزان مشارکت آنها در سیل خروجی، اولویت‌بندی نمودند. با توجه به متفاوت بودن مساحت زیرحوزه‌ها، جهت حذف مساحت در اولویت‌بندی یرحوزه‌ها، میزان تأثیر هر واحد سطح زیر حوزه در سیل خروجی محاسبه شد که از این نظر اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها تغییر یافت. Niehoff et al (۱۴) در مطالعه‌ای تحت عنوان مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه با استفاده از نرم افزار HEC-HMS و GIS در رودخانه Wochhuواقع در حوزه آبخیز Paro Dzongkhag هند با جمع‌آوری اطلاعات ده سال بارندگی و شبیه‌سازی مدل کالیبره شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد که مقادیر برآوردی با مشاهده‌ای تطبیق داشتند. در منابع مورد بررسی ارزیابی‌های صورت گرفته اغلب بعد از اجرای عملیات بوده و بعضی نیز با ایجاد سناریو به تحلیل اثرات عملیات آبخیزداری پرداخته بودند. نتایج آنها متفاوت بوده، بطوریکه اغلب این عملیات را مثبت و بعضا بدون اثر و یا حتی منفی ارزیابی کرده بودند. این موضوع بیانگر آنست که در هر حوزه باید ارزیابی بعد از اجرا صورت گیرد و نمی‌توان نتایج بررسی‌های صورت گرفته را به مناطق دیگر تعمیم داد. لذا در این تحقیق سعی شده است عملیات آبخیزداری حوزه هفتان مورد ارزیابی از دیدگاه کاهش سیل بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز هفتان یکی از سرشاخه‌های حوزه آبریز قره چای با مساحتی برابر ۴۰/۶۷ کیلومتر مربع در استان مرکزی، بخش مرکزی شهرستان تفرش، دهستان رودبار قرار دارد. این حوزه از نظر مختصات جغرافیایی بین طول‌های ۴۹ درجه، ۴۰ دقیقه و ۴۰ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی و عرض‌های ۳۴ دقیقه و ۴۴ درجه و ۱۲ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه و ۰۸ ثانیه شمالی واقع شده است. شکل (۱) موقعیت حوزه هفتان و زیرحوزه‌های آن را بازگو می‌کند.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز هفتان در کشور

Figure 1. Location of Haftan Watershed in Iran

متوسط بارندگی سالانه حوزه حدود ۳۱۴ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه حدود ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد و تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن در حدود ۱۰۷۸ میلی‌متر است. همچنین آب و هوای منطقه بر اساس اقلیم نمای آمبرژه در طبقه خشک سرد تا نیمه خشک سرد قرار دارد (۱۰). این حوزه به لحاظ داشتن آب و هوای کوهستانی و توپوگرافی تند و بعضاً داشتن اراضی مسطح در وسعت کم، دارای کاربری‌های مرتعی، تفریحی و باغداری می‌باشد. بر این اساس بیش از ۸۴ درصد حوزه مرتعی بوده که ۳۵ درصد آن توده سنگی و پر شیب می‌باشد. اراضی زراعی در محدوده آبراهه‌های اصلی گسترش داشته و در مناطق کم شیب نیز به صورت خیلی پراکنده دیده می‌شود.

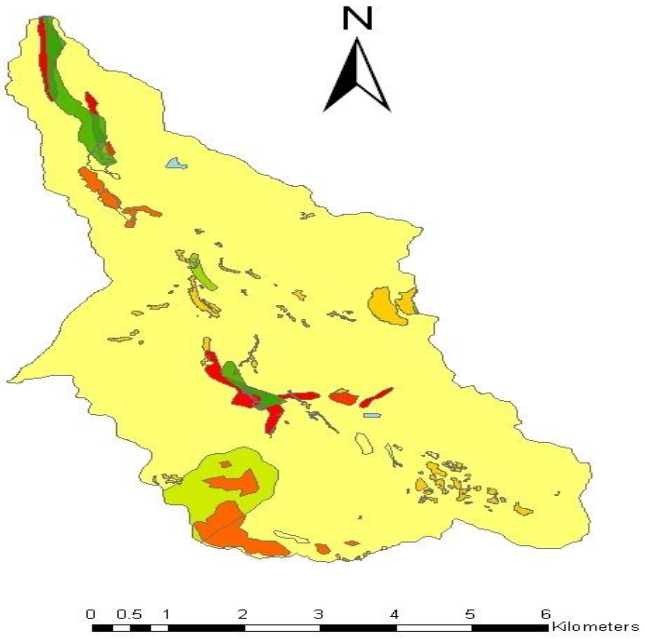
عملیات مکانیکی آبخیزداری حوزه هفتان در سال ۱۳۷۴ انجام شده است که این عملیات در مسیر آبراهه‌های اصلی شامل سدهای اصلاحی گابیون، سنگی ملاتی، بند خاکی، تورکینست و دیوار ساحلی می‌باشد. لازم به ذکر است بر روی دامنه‌های این حوزه، عملیات بیولوژیکی و بانکت نیز به اجرا در آمده‌اند. در دامنه‌های شرقی حوضه که دارای خاک مناسب بود اقدام به کاشت درختان بادام گردید که در حال حاضر قابل بهره‌برداری است (شکل ۲).

روش تحقیق

در این تحقیق با بازدیدهای صحرایی، داغاب‌های بر جای مانده از سیل، حجم سازه‌ها و حجم مفید باقی مانده و نیز میزان رسوبات پشت آنها اندازه‌گیری و بر اساس رابطه (۱) محاسبه گردید (۶).

$$V_{i+1} = \frac{1}{2} DZ(A_i + A_{i+1}) \qquad (۱)$$

که در این فرمول V_{i+1} حجم سد، DZ ارتفاع سد، A_i مساحت کف سد و A_{i+1} مساحت داغاب حجم سدهای خاکی و بندهای سنگ و سیمان می‌باشد. موقعیت هر بند با GPS برداشت و استفاده از دوربین نقشه‌برداری، کف هر بند و داغاب آن اندازه‌گیری، شبکه‌بندی و در محیط GIS با توجه رابطه فوق حجم مفید آن محاسبه گردید. تغییرات پوشش گیاهی ایجاد شده در اثر عملیات بیولوژیکی نیز انجام و نقشه کاربری جدید تهیه شد. سپس با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS به بررسی تأثیر سازه‌های هیدرولیکی و عملیات بیولوژیکی ناشی از اجرای عملیات آبخیزداری بر تغییرات خصوصیات سیلاب پرداخته شد. در ابتدای ورود به نرم‌افزار HEC-HMS، زیرحوزه‌ها و اتصالات بین آنها (آبراهه‌ها) تعریف شد. مطابق با شکل (۳) مدل حوزه از المان ۷ زیرحوزه تعریف شد. در این مدل برای هر زیرحوزه مشخصات فیزیوگرافی و هیدرولوژی شامل، مساحت زیرحوزه، تلفات اولیه، زمان تأخیر و شماره منحنی (CN)[1] تعریف شد و مقادیر مربوطه وارد گردید.



شکل ۲- نقشه CN حوزه هفتان بعد ازعملیات آبخیزداری
Figure 2. CN map of the Haftan catchment after watershed management operation

برای محاسبه پارامتر تلفات اولیه حوزه که در حالت پیش فرض برابر ۰/۲ ضریب نگهداشت در نظر گرفته شد، از روش نفوذ شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای هر یک از زیرحوزه‌ها استفاده شد. در نهایت با قرار دادن شیب جدید در رابطه زمان تمرکز (فرمول کرپیچ)، زمان تمرکز جدید آبراهه تعیین و زمان تأخیر برای بعد از عملیات آبخیزداری

1- Curve Number

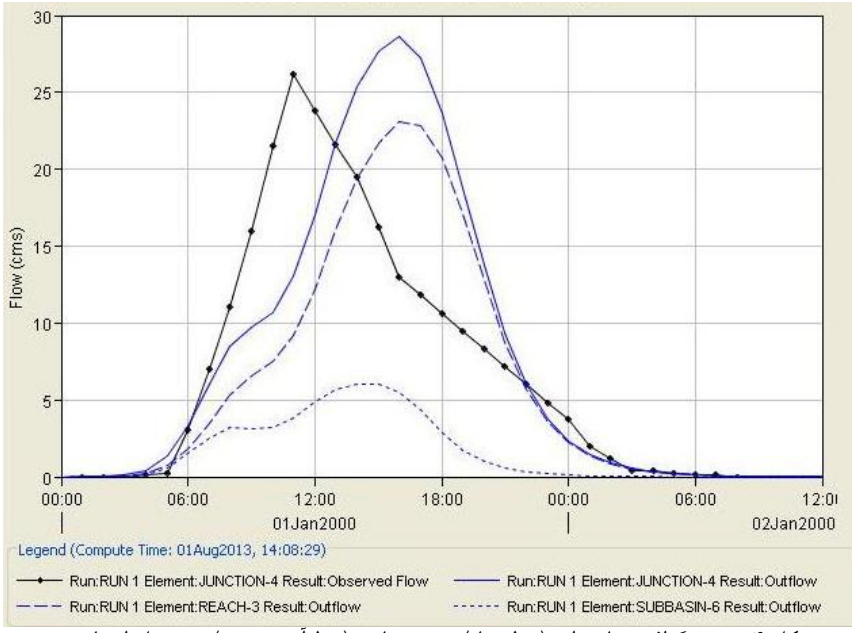
محاسبه شد. بنابراین مدل‌سازی سیل یک بار برای قبل و یک بار برای بعد از عملیات آبخیزداری انجام گردید. مقدار K در هر بازه با توجه به بازدیدهای میدانی حوزه از تقسیم طول بازه به سرعت جریان بدست آمد. مقدار X نیز بصورت تجربی برابر ۰/۲ در نظر گرفته شد. برای بارش، از هایتوگراف ایستگاه سینوپتیک تفرش استفاده شد. این ایستگاه در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری شرق حوزه واقع شده و نزدیکترین ایستگاه دارای باران نگار منطقه می‌باشد که دارای آمار مناسب و شرایط اقلیمی مشابه حوزه می‌باشد. همچنین از مقادیر تبخیر و تعرق و ذوب برف (با توجه به ضریب کم برف، تاثیری در رواناب ندارد. لذا در مدل لحاظ نگردید) صرف نظر گردید و صرفاً فرایند تبدیل بارش مازاد به رواناب شبیه‌سازی شد. پس از تعریف چارچوب مدل و وارد کردن داده‌ها، مدل‌سازی براساس سه گروه از داده‌ها انجام شد. ابتدا (گروه اول) شبیه‌سازی و واسنجی به جهت دستیابی به مقادیر بهینه پارامترهای حوزه (تلفات اولیه و شماره منحنی) انجام شد. سپس با گروه دوم داده‌ها، مدل در شرایط پارامترهای بهینه شده، اعتباریابی و صحت‌سنجی گردید. سپس، بر اساس بارش طرح (از ایستگاه تفرش) با دوره بازگشت‌های مختلف، مدل برای شرایط قبل و بعد از عملیات آبخیزداری اجرا و هیدروگراف سیل با دوره بازگشت‌های مختلف بدست آمد. ارزیابی نقش اقدامات آبخیزداری حوزه آبخیز هفتان در میزان وقوع سیلاب با بهره‌گیری از مدل HEC-HMS انجام پذیرفت. در طول دو سال داده‌برداری، بدلیل خشکسالی رواناب در خروجی ثبت نگردید. ولی بعد از اجرای عملیات آبخیزداری، در چند واقعه داغاب برداشت شده بود. بر اساس مشخصات داغاب برداشت شده از بارندگی و سیلاب بر روی سازه‌ها از روش مصنوعی اشنایدر دبی مشاهداتی محاسبه گردید. در ابتدا برای تعیین مقادیر بهینه پارامتر تلفات اولیه و شماره منحنی مربوط به مدل حوزه در نرم‌افزار HEC-HMS، سیلاب شبیه‌سازی شده از دو رویداد ۸۰/۲/۱۴ با تداوم ۷ ساعت برابر ۲۴/۳ میلی‌متر و ۸۲/۱/۶ با ۱۳ ساعت تداوم برابر ۳۴/۱ میلی‌متر مطابق با هیدروگراف مشاهده‌ای واسنجی شدند. برای بررسی میزان اعتبار مقادیر بهینه پارامترها، با میانگین‌گیری از مقادیر بهینه پارامترهای تلفات اولیه (Ia) شماره منحنی (CN) و قرار دادن این میانگین بهینه پارامترها در نرم‌افزار HEC-HMS، رویداد تاریخ ۸۳/۱۲/۲۲ شبیه‌سازی و مورد اعتبارسنجی قرار گرفت.

شکل ۳- زیر حوزه‌های آبخیز هفتان در نرم‌افزار Hec-HMS
Figure 3. Haftan sub- watersheds in Hec-HMS

برای محاسبه دقت مدل، روش تابع درصد خطای دبی اوج به عنوان تابع هدف واسنجی انتخاب شد. این تابع میزان برازش را برای دبی اوج هیدروگراف محاسبه شده (Q_s) و مشاهده شده (Q_p) نشان می‌دهد و برازش را به صورت مقدار قدر مطلق اختلاف به درصد بیان می‌نماید. بنابراین زیاد یا کم برآورد کردن را به یک اندازه نامطلوب در نظر می‌گیرد. این تابع نمی‌تواند خطا در حجم جریان یا در زمان اوج را بیان کند. رابطه این تابع به صورت رابطه (۲) می‌باشد.

$$Z = 100\left|\frac{Qo_{(peak)} - Qs_{(peak)}}{Qo_{(peak)}}\right| \qquad (۲)$$

پس از اینکه مقادیر بهینه پارامترهای مدل- بارش رواناب در مرحله اعتبارسنجی مدل تأیید شد، مرحله اصلی تحقیق که شبیه‌سازی بارش طرح در دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد انجام شد. با توجه به اینکه مدت زمان بارش طرح را بایستی برابر زمان تمرکز حوزه در نظر گرفت و زمان تمرکز حوزه نیز تقریباً ۶ ساعت می‌باشد، در این تحقیق بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال از روی منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی تهیه شدند (مدیریت آبخیزداری جهاد سازندگی اراک، ۱۳۷۵). در نهایت با ورود این مقادیر، شبیه‌سازی سیل برای بارش طرح در دوره بازگشت‌های مختلف انجام شد.



شکل ۴- هیدروگراف مشاهده‌ای (خط سیاه) و شبیه‌سازی (خط آبی پیوسته) در مرحله اعتبارسنجی
Figure 4. Observed and estimated hydrograph in calibration step

نتایج و بحث

طبق نتایج حاصله در مرحله واسنجی رویدادهای ۸۰/۲/۱۴ و ۸۲/۱/۶ حوزه آبخیز هفتان، ملاحظه می‌شود که تابع هدف انتخابی (درصد خطای دبی اوج) به خوبی توانسته است اختلاف مقادیر دبی اوج شبیه‌سازی و مشاهده‌ای را به حداقل ممکن برساند. در جدول (۱) درصد اختلاف مقادیر دبی پیک و حجم سیل دو رویداد شبیه‌سازی شده نسبت به سیل مشاهده‌ای نشان داده شده است. بر این اساس درصد اختلاف حجم سیل برای دو رویداد واسنجی برابر ۶۰/۶ و ۱۴/۲ درصد و اختلاف دبی اوج برای این دو رویداد برابر ۸ و ۶ درصد بدست آمد. بنابراین مدل HEC-HMS توانسته با میانگین اختلاف ۷ درصد دبی اوج، به خوبی اقدام به واسنجی دو رویداد مربوطه کند که با تحقیقات Kumar & Bhattacharya (۹) و ناصری مقدم و همکاران (۱۳) هم‌خوانی مناسبی را نشان داد.

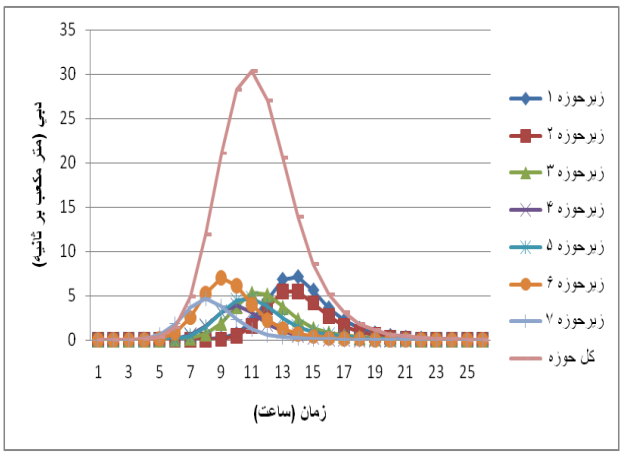
در مرحله اعتبارسنجی رویداد ۱۳۸۳/۱۲/۲۲ حوزه آبخیز هفتان مقدار دبی اوج سیل شبیه‌سازی شده اختلاف کمی (برابر ۹ درصد) با سیل مشاهده‌ای نشان داد. همچنین خطای حجم سیلاب برای رویداد مذکور ۱۳ درصد بدست آمد (جدول ۱). مقدار خطای ۹ درصد در این مرحله نشان از کارایی قابل قبول مدل و اعتبار آن دارد و می‌توان صحت مدل را تأیید کرد که با تحقیقات Kumar & Bhattacharya (۹) و ناصری مقدم و همکاران (۱۳) مطابقت نشان داد.

جدول ۱- درصد اختلاف دبی اوج و حجم سیل مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی
Table 1. The difference (%) between observed and estimated flood valume and peak flow in calibration step

تاریخ	پارامتر	مشاهده‌ای	شبیه‌سازی	اختلاف	درصد اختلاف
۸۰/۲/۱۴ واسنجی	حجم (مترمکعب)	۷۷۷۶۰	۴۸۴۰۰	۲۹۳۶۰	-۶۰/۶
	دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	۲/۶	۲/۸	-۰/۲	-۸
۸۲/۱/۶ واسنجی	حجم (مترمکعب)	۲۱۴۹۲۰	۱۸۸۲۰۰	۲۶۷۲۰	-۱۴/۲
	دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	۶/۸	۶/۴	۰/۴	۶
۸۳/۱۱/۱۲ صحت سنجی	حجم (مترمکعب)	۸۸۳۴۴۰	۱۰۱۵۴۰۰	-۱۳۱۹۶۰	-۱۳
	دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	۲۶/۲	۲۸/۸	-۲/۶	-۹

برای شبیه‌سازی سیل قبل از عملیات آبخیزداری، از مقادیر بهینه پارامترها و زمان تاخیر و بارش ۶ ساعته (بارش طرح) در دوره بازگشت‌های مختلف استفاده شد که برای نمونه دوره بازگشت ۲۵ سال در شکل (۵) برای هر یک از زیر حوزه‌ها آورده شده است.

بعد از اجرای عملیات آبخیزداری و احداث سازه‌های هیدرولیکی در مسیر جریان آبراهه‌ای، زمان تأخیر افزایش و در زیر حوزه‌هایی که عملیات بیولوژیک صورت گرفته بود، مقادیر CN کاهش را نشان داد که این امر منجر به کاهش دبی اوج و حجم هیدروگراف گردید. جدول (۲) مقادیر دبی اوج، حجم سیلاب و درصد اختلاف آنها را نسبت به قبل از اجرای عملیات در خروجی حوزه نشان می‌دهد. بیشترین درصد کاهش دبی اوج در دوره بازگشت ۲ سال با ۸۰ درصد و کمترین کاهش دبی اوج با دوره بازگشت ۲۰۰ سال به میزان ۲۰ درصد رخ داد. همچنین بیشترین درصد کاهش حجم سیلاب در دوره بازگشت ۲ سال با ۷۹ درصد و کمترین درصد کاهش حجم سیل نیز مربوط به بارش طرح با دوره بازگشت ۲۰۰ سال با ۱۱ درصد بدست آمد.



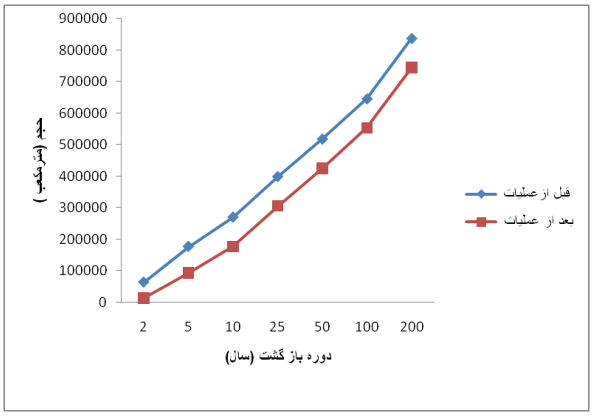
شکل ۵- هیدروگراف بارش طرح با دوره بازگشت ۲۵ سال قبل از عملیات آبخیزداری
Figure 5. Hydrograph of 25 return priod of precipitation before watershed management opration

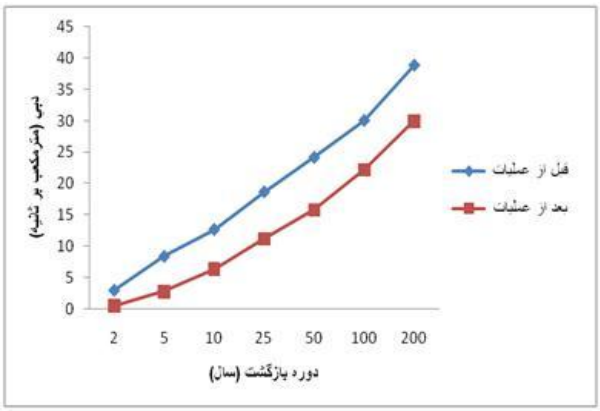
جدول ۲- مقادیر دبی اوج و حجم سیلاب خروجی حوزه آبخیز هفتان در قبل و بعد از عملیات آبخیزداری
Table 2. Peak and volume of discharge in outlet watershed before and after watershed management operations

پارامتر		دوره بازگشت (سال)						
		۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	قبل ازعملیات	۳	۸/۴	۱۲/۷	۱۸/۷	۲۴/۲	۳۰/۱	۳۸
حجم (مترمکعب)	آبخیزداری	۶۴۲۰۰	۱۷۷۵۰۰	۲۷۰۴۰۰	۳۹۹۱۰۰	۵۱۸۱۰۰	۶۴۶۱۰۰	۸۳۷۸۰۰
دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	بعد از عملیات	۰/۵	۲/۸	۶/۴	۱۱/۲	۱۵/۸	۲۲/۲	۳۰
حجم (مترمکعب)	آبخیزداری	۱۳۵۰۰	۹۴۱۰۰	۱۷۷۴۰۰	۳۰۶۱۰۰	۴۲۵۲۰۰	۵۵۳۱۰۰	۷۴۴۷۰۰
درصد کاهش دبی اوج		۸۳/۳	۶۶/۷	۴۹/۶	۴۰/۱	۳۴/۷	۲۶/۲	۲۱
درصد ذخیره حجم سیلاب		۷۹	۴۷	۳۴	۲۳	۱۸	۱۴	۱۱

در شکل (۶) نمودارهای تغییرات دبی اوج و حجم سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری آمده است. طبق این نتایج، علیرغم کاهش دبی اوج و حجم سیلاب بعد از عملیات آبخیزداری، زمان تا اوج سیل افزایش یافته است. علت این افزایش به دو عامل کاهش شیب و افزایش ذخیره حجم سیلاب در پشت بندهای خاکی و بندهای سنگ و ملاتی برمی‌گردد که افزایش زمان تا اوج سیل در دوره بازگشت‌های کمتر به دلیل نسبت حجم ذخیره آب به کل حجم سیلاب بهتر قابل مشاهده بود.

اجرای عملیات سازه‌ای بر روی آبراهه‌های اصلی حوزه آبخیز هفتان، سبب افزایش زمان تمرکز جریان شده است. طبق نتایج، این افزایش زمان تمرکز در حدود ۳۰ درصد نسبت به قبل از احداث سازه‌ها بوده است که در نهایت منجر به کشیدگی افقی هیدروگراف سیل شد. این نتیجه با نتایج تحقیقات خلیقی سیگارودی (۷) مطابقت دارد. عملیات آبخیزداری منجر به کاهش مقادیر دبی اوج و همچنین تا حدودی ذخیره رواناب در مخازن سازه‌ها شده‌اند. به طوری که در مورد بارش طرح با دوره بازگشت دو سال، ۸۳ درصد کاهش در دبی اوج دیده می‌شود. از طرفی در حدود ۷۹ درصد از حجم سیلاب این بارش طرح منجر به ذخیره در مخازن سازه‌های اصلاحی شد. این درصد کاهش دبی اوج برای دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال به ترتیب برابر ۶۷، ۴۹، ۴۰، ۳۴، ۲۶ و ۲۱ درصد می‌باشد (شکل ۶). از طرفی درصد ذخیره حجم سیلاب برای دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال به ترتیب برابر ۴۷، ۳۴، ۲۳، ۱۸، ۱۴ و ۱۱ درصد است. در اینجا نیز طبق نتایج حاصل در مورد اثر سازه‌های اصلاحی بر کاهش دبی اوج مشخص می‌شود که تأثیر عملیات آبخیزداری در دوره بازگشت‌های کوتاه مدت بیشتر می‌باشد. این نتیجه با نتایج تحقیقات (۳، ۱۳، ۲۴، ۱۵) مطابقت دارد.

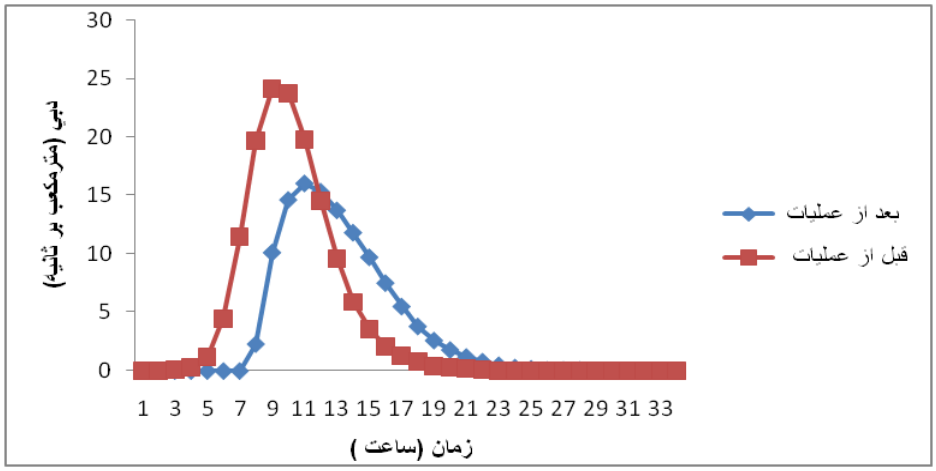




شکل ۶- نمودار تغییرات حجم و دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری

Figure 6. Variation of peak and volume of flood with different return periods in outlet watershed before and after watershed management operations

همچنین نتایج نشان داد علاوه بر کاهش دبی اوج و حجم سیلاب بعد از عملیات آبخیزداری، زمان تا اوج سیل نیز افزایش یافته است که این نتایج با افزایش زمان تمرکز و زمان تأخیر نسبت به قبل از عملیات آبخیزداری کاملاً مطابقت دارد (شکل ۷). همان طور که قبلاً بیان شد، این افزایش زمان تأخیر به طور متوسط در حدود ۳۰ درصد برای کل زیرحوزه‌ها بوده است.



شکل۷- هیدروگراف خروجی حوزه با دوره بازگشت۵۰ سال در قبل و بعد از عملیات آبخیزداری

Figure 7. Hydrograph of outlet watershed with return periods50 year in outlet watershed before and after watershed management operations

نتایج و بحث

در این تحقیق به ارزیابی تأثیر سازه‌های اصلاحی آبراهه بر خصوصیات سیل اعم از دبی اوج، حجم سیل و زمان تأخیر پرداخته شد. بدین منظور سازه‌های هیدرولیکی آبراهه‌ای و عملیات بیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان داد که سازه‌های آبخیزداری به خوبی توانسته‌اند در کاهش دبی اوج و حجم سیلاب و همچنین افزایش زمان تمرکز حوزه آبخیز هفتان اثرگذار باشند. به طوری که در زیرحوزه‌های ۱، ۲، ۴، ۶ و ۷ که عملیات اصلاح آبراهه صورت گرفته است تغییر مشخصه‌های سیل دیده می‌شود، به‌طوری که در حوزه ۶ که بیشترین عملیات صورت گرفته به ترتیب ۱۴/۳، ۵/۳، ۶/۷، ۸/۹، ۸/۶، ۶/۹ و ۶/۵ بیشترین درصد کاهش دبی اوج رخ داد. در حوزه ۷ به ترتیب صفر، ۷/۷، ۱۰، ۶/۹، ۵/۴، ۶/۵ و ۶/۷ درصد کاهش دبی اوج مشاهده شد. در حالی که در زیرحوزه‌های ۳ و ۵ بدون اجرای عملیات آبخیزداری، تغییری در مشخصه‌های وقایع سیلابی ایجاد نشد. عملیات آبخیزداری بیشترین تأثیر خود را بر روی وقایع سیلاب کوچک نشان دادند؛ به گونه‌ای که دبی اوج تا ۱۴/۳ درصد در حوزه ۶ کاهش داشته است. اما همزمان با شدت یافتن مقیاس بارش، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج کمتر شد.

با توجه به نتایج، مشخص شد که تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج بیشتر از تأثیر بر کاهش حجم سیلاب خروجی حوزه آبخیز هفتان بوده است به طوری تاثیر در دبی اوج ۲۱ تا ۸۳ درصد و تاثیر در کاهش حجم ۱۱ تا ۷۹ درصد قبل از عملیات آبخیزداری بوده است. که این نتیجه برای تمامی دوره بازگشت‌ها صدق می‌کند. پیشنهاد می‌شود، در مورد تأثیر احداث سازه‌های اصلاحی بر وضعیت مقاطع طولی و عرضی آبراهه تحقیقات بیشتری صورت گیرد تا نحوه تأثیر تغییرات در برنامه‌های مدل‌سازی شفاف‌تر باشد. همچنین در مورد توزیع مکانی عملیات مکانیکی و بیولوژیکی بر برنامه‌های حفاظت آب و خاک حوزه‌ها مطالعات دقیق‌تری صورت گیرد تا اولویت‌بندی برنامه‌ها نیز به خوبی انجام پذیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح تحقیقاتی ارزیابی تاثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب حوزه هفتان تهیه شده است. جا دارد از مرکز تحقیقات، آموزش و کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری که هزینه‌های اجرای آن را پرداخته‌اند، تشکر و قدردانی شود.

منابع

1. Darabi, H., K. Solaimani, K. Shahedi and M. Miryaghubzadeh. 2012. Sub-Watersheds classification based on morphometric parameters uUsing cluster analysis in Pol-Doab Shazand Watershed, Journal of water and soil science, 22(4): 119-211 (In Persian).
2. Gholami, Sh. 1994. Effect of vegetation management (forest and range) in shape of flood hydrograph (reducing flood hazard), Proceedings of the National Seminar on renge and range management in Iran, Forests, Range and Wtershed Management Organization, 33 pp (In Persian).
3. Haghgoo, K. 2001. Evaluation impact of watershed management operations on the hydrological characteristics of the Kordkoy River (Case study Ghaz Mahalleh Kordkoy River). M.Sc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 69 pp (In Persian).
4. Hosseini, A. 2003. Evaluation of study and executive schemes of watersheds (Case study: Ramian Watershed in Golestan Province), M.Sc thesis, Tehran University, Karaj, Iran, 85 pp. (In Persian)
5. Kallohr, M. 2007. Economic and technical evaluation Kand Subwatershed of the Jarjarood Watershed, M.Sc thesis, Tehran University, Karaj, Iran, 95 pp (In Persian).
6. Kasaee Roodsari, B. and H. Teymoori Rad. 1999. Estimation of curve volume tank based on remote sensing methods, 4th Civil Engineering Conference, Tehran, 8 pp (In Persian).
7. Khalighi Sigaroudi, Sh. 2004. Evaluation of landuse changes on characteristics of hydraulic surface water (Case study: Barandoezchay in West Azarbaijan Province), Ph.D Thesis, Tehran University, Karaj, Iran, 127 pp (In Persian).
8. Khosroshahi, M. 2001. Determining role of flood severity on watershed, case stady: Damavand Watershed, PhD Thesis in Hydrometeorology, Department of Irrigation, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, 205 pp (In Persian).
9. Kumar, D. and R. Bhattacharya. 2011. Distributed rainfall runoff modeling. International Journal of Earth Sciences and Engineering, 4(6): 270-275.
10. Management of watershed management of Jihad Central Province. 1992. Implemntational and formal studies reports of Haftan Watershed, 54 pp (In Persian).
11. Moore, C.M. 1969. Effects of small structures on peak flow in: effects of watershed changes on stream flow. Texas press, 101-117.
12. Mostafazadeh, R., A. Sadoddin, A. Bahremand, V. Sheikh and H. Nazarnejad. 2010. Assessing hydrological effects of Jafar-Abad watershed management project in Golestan province using HEC-HMS model, Journal of Engineering and Watershed Management, 2(2): 65-122 (In Persian).
13. Nassiri Moghaddam, F. 2004. Evalution effect of watershed management operations on debris flow flood using hydrological models, M.Sc. Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, 92 pp (In Persian).
14. Niehoff, D., U. Fritsch and A. Bronstert. 2002. Land-use impacts on storm-runoff generation: scenarios of land-use change and simulation of hydrological response in a meson-scale catchment in SW-Germany. Journal of Hydrology, 267(1-2): 80-93.
15. Parsamehr, M. 1999. Efficacy of modified structures to collection sediment and stabilizing of river profile in the Ghaz Mahalleh Kordkoy Watershed, M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 194 pp (In Persian).
16. Qoddoosi, J. 1999. Evaluation of watershed management operations, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Ministry of Jahad-Agriculture, 79 pp (In Persian).
17. Rafiei Sardoii, E., N. Rostami, Sh. Khalighi Sigaroudi and S. Taheri. 2012. Calibration of loss estimation methods in HEC-HMS for simulation of surface runoff (Case Study: Amirkabir Dam Watershed, Iran). Advances in Environmental Biology, 6(1): 343-348.
18. Roghani, M. 2005. Flood controlling in rural and urban watersheds. Journal of Control Extension, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (In Persian).

19. Roghani, M., M. Tabatabai and S. Shadfar. 2011. Evaluation of watershed Management operations introduce a method for determining flood control structures, Iran-Watershed Management Science & Engineering, 4:13, 51-60 (In Persian).
20. Sadeghi, S.H.R., F. Sharifi, E. Forootan and M. Rezae. 2005. Quantitative performance evaluation of watershed management measures (Case Study: Keshar Sub-Watershed), Journalof Pajouhesh & Sazandegi, 65: 96-102 pp (In Persian).
21. Shaabani Bazneshin, A., A. Emadi and R. Fazloula. 2016. Investigation the Flooding Potential of Basins and Determination Flood Producing Areas (Case Study: Neka Basin), Journal of Watershed Management Research, 7(14): 20-28.
22. Shieh, Ch.L., Y.R. Guh and Sh.O. Wang. 2007. The application of range of variability approach to the assessment of a check dam on river in habitat alteration. Journal of Environmental Geology, 52: 427-435.
23. Shojaee, M. 2007. The effects of watershed management oparations in reducing runoff and erosion and sediment control (Case Study: Helaghareh Watershed in Darn City- Isfahan), 4th National Conference of Iranian Science and Engineering Watershed Management, (In Persian)
24. Shokoohi, A.R. 2007. Assessment of Urban Basin Flood Control Measures Using Hydrologist Tools. Journal of Applied Science, 7(13): 1726-1733.

Effects of Watershed Management Practices on Some of Flood Characteristics Change in Haftan Watershed

Bagher Ghermezcheshmeh[1], Shamsollah Nikcheh Farahani[2] and Heshmat Agharazi[3]

1- Assistant Professor of Soil Conservation and Watershed Management, Agricultural Research and Training Organization, (Corresponding author: baghergh@gmail.com)
2- M.Sc. In Research Center for Agricultural and Natural Resources Education in Markazi Province, Agricultural Research and Training Organization
3- Research Coordinator, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Markazi Province, Agricultural Research and Training Organization
Received: April 3, 2017 Accepted: August 7, 2018

Abstract

Evaluation of watershed projects is one of the most fundamental problems in countries for future implementation planning and management of natural resources. In regard to lack of required equipment for monitoring and evaluation of watershed projects and investigation of management measures in watersheds, application of hydrologic models is an efficient tool for simulation of watershed behavior before and after implementation of watershed projects. So, this study was carried out in order to evaluate of hydraulic structures using HEC-HMS in the Haftan watershed, Markazi province, Iran. For this purpose, with use of rainfall-runoff data from two storm events the initial rainfall losses and curve number parameters were calibrated. Then, the model was validated using one event. Finally, six hours rainfall was used as design storm for flood simulation before and after construction of check dams along the water ways. Variation of runoff lag time due to changes in channel slope because of construction of check dams was evaluated. Finally, after definition of peak discharge error percentage as objective function, effect of construction of protective hydraulic structures on flood hydrograph properties were evaluated. Results showed that watershed management constraction operations have the most effect on small flood events. Waterways could decrease both flood peak and flood volume.. So with increasing in rainfall intensity, the effect of structure have been decreased. Also the results of this study showed that implementation of protective hydraulic structures cause 21 to 83 percent decrease in flood peak and 11 to 79 percent decrease in flood volume. It can be concluded that protective hydraulic structures are more effective on decrease in flood peak compare to decrease in flood volume.

Keywords: Watershed Management Oprations, Evaluation, Modeling, Flood Reduce, Haftan Watershed