



ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر آبنمود سیل با استفاده از مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گوش و بهره)

مهروز نورعلی^۱ و بیژن قهرمان^۲

۱- دانشجوی دکتری، پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد، (نویسنده مسوول: mahrouznourali@yahoo.com)

۲- استاد، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۱

چکیده

کمی کردن تأثیر پروژه‌های آبخیزداری در سطح حوزه‌ها، اولین گام در ارزیابی اثربخشی این اقدامات می‌باشد. مسئله مهم در ارزیابی، انتخاب شاخص مناسب برای ارزیابی است که برپایه نوع پروژه، روش ارزیابی، دقت مورد نیاز و داده‌های در دسترس تعیین می‌شود. از سال ۱۳۷۵ اجرای طرح‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز گوش و بهره در استان خراسان رضوی، آغاز شده است. در این مطالعه با توجه به اهمیت ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری، از شاخص‌های دبی اوج سیلاب و حجم جریان استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق شامل موقعیت و مشخصات سازه‌ها در آبراهه‌های اصلی و مقاطع روندیابی و اطلاعات پایه، با انجام بازدیدهای میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده است. سپس برای کمی کردن تأثیر این اقدامات از شبیه‌سازی جریان با مدل HEC-HMS استفاده شد. نتایج نشان داد که انجام عملیات بیولوژیکی و مکانیکی باعث کاهش مقدار دبی اوج سیلاب تا ۳۶/۲۱ درصد و کاهش حجم سیلاب تا ۳۴/۷۸ درصد در دوره بازگشت‌های مختلف می‌شوند و همچنین با افزایش دوره بازگشت، تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب کاهش می‌یابد. با انجام این تحقیق تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب حوزه آبخیز گوش و بهره مثبت ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اقدامات آبخیزداری، مدل HEC-HMS، حوزه آبخیز گوش و بهره، روندیابی، سیلاب

مقدمه

در فرآیند تصمیم‌گیری نقش تعیین‌کننده‌ای به خود گرفته است (۱). تحقیقات انجام شده در مورد ارزیابی تأثیر پروژه‌های اجرا شده بر روی ویژگی‌های مختلف سیل از جمله دبی اوج و حجم سیلاب از دیرباز وجود داشته است (۱۰، ۱۲).

در این میان بعضی از محققان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS به ارزیابی تأثیر بهبود پوشش گیاهی بر ویژگی‌های سیل (۳۰) و عده‌ای دیگر به ارزیابی تأثیر سازه‌های اصلاحی بر ویژگی‌های سیل در حوزه‌های آبخیز پرداختند، مثلاً، نتایج تحقیق سوتانتو و گینتینگ (۲۷) در مورد شبیه‌سازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی سیل با استفاده از مدل HEC-HMS و مدل هیدرولیکی SOBEK در حوزه آبخیز گارانگ به مساحت ۲۲۹۰۱ هکتار در اندونزی نشان داد که مخازن واقع شده در حوزه می‌توانند میزان دبی اوج سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال را ۶۴ درصد کاهش دهد. همچنین، کانتی یایوچایی (۱۴) در تحقیقی به ارزیابی تأثیر مخازن احداث شده در کاهش دبی سیل در پایین دست حوزه رودخانه چای به مساحت ۴۹۴۷۷ هکتار با استفاده از مدل HEC-HMS پرداخت. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که مخازن موجود می‌توانند میزان دبی اوج را تا ۲۶/۶ درصد کاهش دهند. در ایران نیز تحقیقات زیادی در مورد ارزیابی تأثیر پروژه‌های اجرا شده بر ویژگی‌های سیل با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS انجام شد. نتایج این تحقیقات به کاهش دبی

یکی از روش‌های مهم در کنترل و کاهش رواناب سطحی برای به تعویق انداختن سیل، عملیات آبخیزداری است. این عملیات شامل موانع بیولوژیکی یا ساختمانی در مقابل فرسایش و تشدید رواناب در سطوح حوزه‌های آبریز و نیز آبراهه‌های آن می‌باشد. نقش مدیریت آبخیزداری در کنترل سیلاب به نسبت کاهش در دوره بازگشت، افزایش می‌یابد (۳۲). با توجه به اهمیت پروژه‌های آبخیزداری در سطح حوزه در مدیریت منابع طبیعی و توسعه مناطق روستایی و به‌منظور دستیابی به روش مناسب برای یافتن علل شکست این طرح‌ها، ارزیابی عملکرد پروژه‌های انجام شده بخش مهمی از اقدامات حفاظت خاک و آب است. نبود ارزیابی و بازنگری فعالیت‌ها در درازمدت منجر به انحراف از اقدامات اساسی مورد نیاز و در نتیجه اتلاف سرمایه و نیروها می‌گردد. پروژه‌های آبخیزداری فعالیت‌های مختلفی را شامل می‌شود که هر یک به نحوی در کل حوزه تأثیرگذار هستند. بنابراین، برای ارزیابی دقیق و اصولی بایستی مجموعه فعالیت‌ها را در نظر گرفت و در نهایت تأثیر این مجموعه در کل حوزه را بررسی کرد (۲۴). نبود تجهیزات لازم به‌منظور ثبت تغییرات دبی سیلاب در بسیاری از حوزه‌ها ارزیابی تأثیرات مورد نظر این طرح‌ها را دشوار نموده است. امروزه بهره‌گیری از قابلیت مدل‌های هیدرولوژیکی به منظور همانندسازی اثرگذاری‌های فعالیت‌های مدیریتی،

روش تحقیق

در این تحقیق تأثیر اقدامات سازه‌ای با استفاده از پارامتر زمان تمرکز حوزه و تأثیر اقدامات بیولوژیکی با پارامتر شماره منحنی^۳ بررسی شد. به علاوه، روش شماره منحنی به علت این که بر اساس مشاهدات فیزیکی استوار است و از راه آن می‌توان تغییرات ایجاد شده در پوشش گیاهی را بررسی نمود نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌تر است (۲۸، ۱۷). برای ارزیابی تأثیر اقدامات مکانیکی و بیولوژیکی بر آبنمود سیل حوزه، از مدل HEC-HMS استفاده شد. به طوری که با شبیه‌سازی بارش طرح قبل و بعد از انجام اقدامات آبخیزداری و بررسی تغییر اوج جریان، اثربخش بودن این اقدامات مشخص شد. در مدل HEC-HMS شبیه‌سازی و محاسبه هیدروگراف در حوزه به معرفی مؤلفه‌های مدل حوزه، مدل اقلیمی، داده‌های سری زمانی و شاخص‌های کنترل نیازمند است.

بدین منظور، باید اطلاعات و خصوصیات فیزیکی حوزه شامل مساحت، شماره منحنی متوسط وزنی زیرحوزه‌ها و همچنین تلفات اولیه و پارامترهای مربوط به انتقال (زمان تأخیر زیرحوزه‌ها) و روندیابی سیلاب و روش جداسازی آب پایه از هیدروگراف سیلاب را به مؤلفه مدل حوزه وارد کرد. سپس باید داده‌های آبنمود سیل مشاهده‌ای و داده‌های بارش مولد سیل را در مؤلفه‌های مدل اقلیمی و داده‌های سری زمانی وارد کرد. محدوده زمانی شبیه‌سازی و فاصله زمانی آن در مؤلفه شاخص‌های کنترل وارد می‌شوند. وارد کردن اطلاعات به مدل HEC-HMS در شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری مشابه است اما برای شرایط بعد از اقدامات آبخیزداری باید از داده‌های بارش و مشخصات حوزه مربوط به این زمان استفاده کرد. بنابراین برای آماده‌سازی داده‌های ورودی به مدل HEC-HMS پس از تعیین حوزه مورد نظر بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری، برخی از خصوصیات فیزیکی حوزه نظیر مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، ارتفاع حداقل و حداکثر حوزه و زمان تمرکز محاسبه شدند. شیب متوسط وزنی حوزه پس از تهیه نقشه شیب حوزه به دست آمد و تقریباً برابر با ۳۵/۹۵ درصد محاسبه گردید (جدول ۱). حوزه مورد مطالعه دارای یک ایستگاه باران‌سنجی ثبات (گوش بالا) و یک ایستگاه هیدرومتری (کوشک آباد) در محل خروجی حوزه است.

جدول ۲ مشخصات کلی ایستگاه‌های هواشناسی اطراف و داخل حوزه و مشخصات کلی ایستگاه هیدرومتری (آب‌سنجی) خروجی حوزه را نشان می‌دهد. در این تحقیق با توجه به وضعیت هیدرولوژیکی حوزه و موقعیت سازه‌ها، حوزه آبخیز گوش و بهره در شرایط قبل از اقدامات آبخیزداری به ۴۱ واحد هیدرولوژیکی تقسیم شد و در شرایط بعد از اقدامات آبخیزداری به‌علت در نظر

اوج یا حجم سیلاب در اثر احداث سازه‌های اصلاحی و یا بهبود پوشش گیاهی اشاره دارند (۲۵، ۲۰، ۹). عباسی و همکاران (۱) به ارزیابی تأثیر فعالیت‌های آبخیزداری اجرا شده روی زمان تمرکز و شماره منحنی در حوزه آبخیز کن به مساحت ۱۹۷ کیلومترمربع در استان تهران با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. نتایج نشان داد که انجام فعالیت‌های مکانیکی در افزایش زمان تمرکز حوزه نقش ناچیز داشته است، به طوری که حداکثر افزایش آن ۱/۶۱ دقیقه برآورد شده است و بهبود پوشش گیاهی باعث کاهش شماره منحنی به‌طور متوسط ۳/۱ درصد در حوزه شد. بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که این تأثیرات باعث کاهش دبی اوج و حجم سیلاب به ترتیب ۲۱ درصد و ۱۱ درصد در حوزه می‌شود. مطالعات صورت گرفته از سوی محققین به‌طور عمده بر اساس بررسی جداگانه تأثیر تغییرات پوشش گیاهی یا اقدامات مکانیکی بر آبنمود سیل حوزه است. این تحقیق در مورد بررسی تأثیر اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی در حوزه بر آبنمود است. با توجه به اهمیت ارزیابی اقدامات آبخیزداری در سطح حوزه و با در نظر گرفتن شرایط قبل و بعد از انجام اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی، میزان آبدهی حوزه آبخیز گوش و بهره که از زیر حوزه‌های آبخیز سد کارده واقع در استان خراسان رضوی می‌باشد، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS شبیه‌سازی و مقایسه گردیده است. مدل HEC-HMS در سال ۱۹۶۷ توسط مهندسی ارتش ایالات متحده توسعه یافته و از انواع مدل‌های ریاضی کامپیوتری است که دارای قابلیت واسنجی^۱ و اعتباریابی^۲ پارامترها می‌باشد و پس از اعتباریابی می‌تواند برای مدل‌سازی حوزه و پیش‌بینی اثر تغییر پارامترها به کار رود (۲۹).

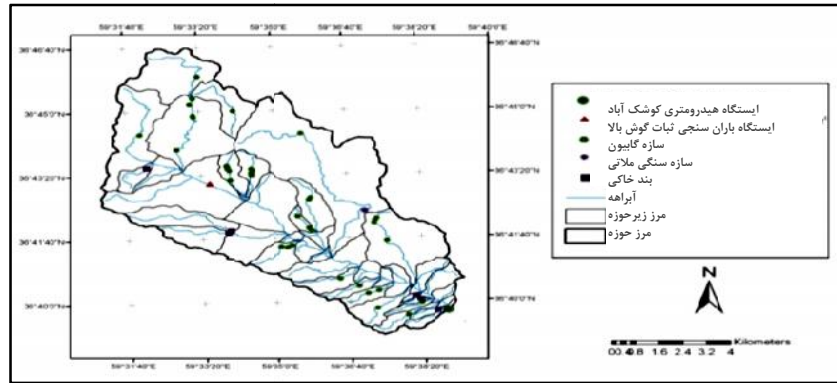
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

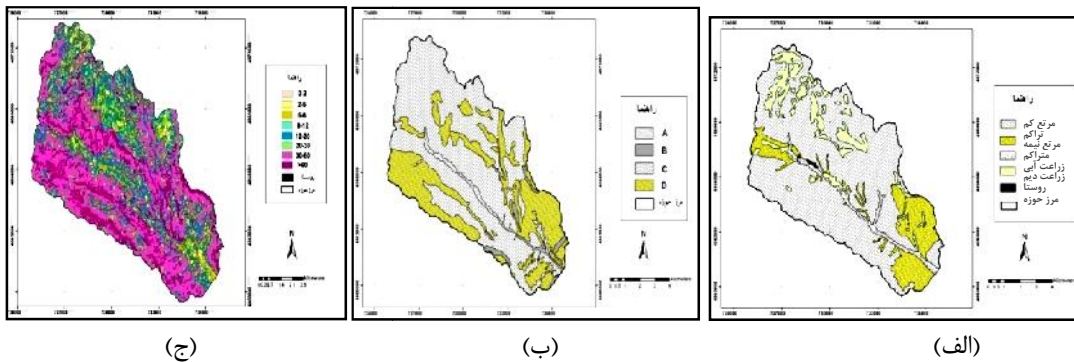
حوزه آبخیز گوش و بهره با مساحت ۸۷۶۲/۳۲ هکتار در استان خراسان رضوی، شمال شهرستان مشهد، در بخش مرکزی و دهستان کارده واقع شده است. این حوزه آبخیز در فاصله حدود ۴۰ کیلومتری شمال شهر مشهد قرار دارد. روستاهای گوش و بهره، کوشک آباد درون منطقه مطالعاتی واقع شده و محدوده مورد مطالعه از شمال به روستای جنگ، از غرب به روستای حصار، از شرق به روستای آل و از جنوب شرق به روستای کارده منتهی می‌گردد و در محدوده جغرافیایی ۳۰' ۵۹" تا ۴۱' ۵۹" طول شرقی و ۳۶' ۳۹" تا ۴۶' ۳۶" عرض شمالی واقع شده است. بلندترین نقطه ارتفاعی حوزه ۲۲۰۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۳۰۰ متر است. در شکل (۱) زیرحوزه‌ها و شبکه آبراهه‌های حوزه آبخیز گوش و بهره نشان داده شده است.

برای شرایط قبل از عملیات آبخیزداری از نقشه کاربری سال ۷۵ استفاده شد (۲۲). هم‌چنین نقشه بافت خاک منطقه تهیه و با بررسی میزان نفوذپذیری خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه در محیط GIS تهیه شد (جداول ۳ و ۴) و (شکل ۲).

گرفتن روندیابی مخزن، مرز زیرحوزه‌ها از محل خروجی بندهای خاکی و سازه سنگی ملاتی بسته شد و بدین ترتیب ۴۸ واحد هیدرولوژیکی به‌وجود آمد. به‌منظور به‌دست‌آوردن شماره منحنی و تلفات اولیه لازم است که نوع پوشش و نحوه بهره‌برداری از اراضی و وضعیت سطح خاک منطقه از نظر نفوذپذیری مشخص شود. بنابراین،



شکل ۱- زیرحوزه‌ها و شبکه آبراهه‌های حوزه آبخیز گوش و بهره.



شکل ۲- (الف) نقشه شیب، (ب) نقشه کاربری اراضی و (ج) نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه مورد مطالعه.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه مورد مطالعه

نام حوزه	مساحت (هکتار)	محیط (کیلومتر)	شیب متوسط وزنی حوزه (درصد)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	ارتفاع حداقل (متر)	ارتفاع حداکثر (متر)	زمان تمرکز به روش SCS (ساعت)
گوش و بهره	۸۷۶۲/۳۲	۴۸/۳۸	۳۵/۹۵	۲۱/۴۵	۱۳۰۰	۲۲۰۰	۲/۱

جدول ۲- مشخصات کلی ایستگاه‌های هواشناسی اطراف و داخل حوزه و ایستگاه هیدرومتری خروجی حوزه

نام ایستگاه	مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها			نوع ایستگاه هواشناسی
	طول (UTM)	عرض (UTM)	ارتفاع (متر)	
اندروخ	۷۳۷۸۹۶	۴۰۵۱۸۱۳	۱۱۲۰	تبخیرسنجی
مارشک	۷۳۷۰۶۳	۴۰۷۷۱۵۸	۱۸۷۰	باران سنجی
سدکارده	۷۴۰۶۹۰	۴۰۵۶۰۹۷	۱۳۰۰	تبخیرسنجی
تلفور	۷۱۰۵۴۸	۴۰۷۸۰۱۶	۱۵۴۰	باران سنجی
آل	۷۳۸۱۱۲	۴۰۶۶۸۳۰	۱۴۷۵	باران سنجی
گوش بالا	۷۳۹۰۱۵	۴۰۶۶۶۴۱	۱۵۸۰	باران سنجی
بلغور	۷۳۱۸۹۱	۴۰۸۱۰۲۲	۱۹۲۰	باران سنجی
جنگ	۷۳۰۷۶۳	۴۰۷۳۹۰۷	۱۱۱۷	باران سنجی
گوشک‌آباد	۷۳۶۶۴۴	۴۰۶۰۶۹۹	۱۳۸۰	هیدرومتری دارای اشل

جدول ۳- کاربری اراضی حوزه در شرایط قبل از اقدامات آبخیزداری

کاربری اراضی	سطح (کیلومتر مربع)	درصد نسبت به سطح حوزه
مرتع کم تراکم	۶۲/۳۱	۷۱/۱۱
مرتع نیمه تراکم	۱۳/۲۹	۱۵/۱۷
زراعت آبی و باغی	۲/۸۹۱	۳/۳۰
زراعت دیم	۸/۹۹۸	۱۰/۲۷
روستا	۰/۱۳۴	۰/۱۵

جدول ۴- وضعیت گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه مورد مطالعه

گروه‌های هیدرولوژیکی خاک	سطح (کیلومتر مربع)	درصد نسبت به سطح حوزه
A	۱/۹۵	۲/۲۲
B	۱/۷۴	۱/۹۹
C	۵۵/۵۶	۶۳/۴۱
D	۲۸/۳۷	۳۲/۳۸

مشخصات سازه‌های مذکور برداشت و سازه‌های مورد نظر برای استفاده در مدل HEC-HMS مشخص شد. عملیات آبخیزداری در این حوزه از سال ۱۳۷۵ آغاز شده که طبق گزارش عملکرد عملیات اجرایی حوزه آبخیز گوش و بهره حجم و سطح اقدامات صورت گرفته به صورت جداول ۵ و ۶ می‌باشد (۲۱).

بر آورد مقادیر شماره منحنی (CN)

برای آماده‌سازی داده‌های ورودی مدل HEC-HMS شماره منحنی متوسط وزنی زیرحوزه‌ها در شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری با تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک و با استفاده از جدول تعیین شماره منحنی به دست آمد (۱۶).

برای شرایط بعد از عملیات آبخیزداری با توجه به تأثیر فعالیت‌های بیولوژیکی و عملیات مدیریتی مناسب بر روی شماره منحنی (CN)، نقشه پوشش گیاهی منطقه در سال ۱۳۸۸ با نقشه کاربری اراضی مربوط به همان سال ادغام گردید. به منظور بررسی اقدامات مکانیکی صورت گرفته در حوزه آبخیز، مطالعات میدانی و دفتری انجام شد به طوری که با انجام مطالعات میدانی، وضعیت عمومی و موقعیت جغرافیایی سازه‌ها با استفاده از GPS ثبت گردید. سازه‌های مورد استفاده در بررسی تغییر شیب و طول آبراهه‌ها سازه‌هایی هستند که در آبراهه اصلی هر زیرحوزه احداث شده‌اند و ۵ سال از زمان احداث آن‌ها گذشته و تخریب نشدن و تثبیت شیب بالادست آنها با بازدیدهای میدانی تایید شده باشد. در مطالعات میدانی

جدول ۵- حجم اقدامات مکانیکی اجرا شده در حوزه (مترمکعب)

گابیون	خشکه چین	چپری	سنگی ملاتی	بندخاکی
۱۵۹۶۴	۵۳۷۷	۳۱/۲	۲۱۰۰	۷۰۳۳۰

جدول ۶- سطح اقدامات بیولوژیکی اجرا شده در حوزه (هکتار)

اقدامات بیولوژیکی اجرا شده	سطح (هکتار)	درصد نسبت به سطح حوزه
بانکت و علوفه کاری	۶۱/۰۲	۰/۷
علوفه کاری	۹۰/۱۸	۱/۰۳
بذرپاشی	۴۹۲/۹۸	۵/۶۲
کپه کاری	۶۵۵/۳۴	۷/۴۸
کپه کاری و بذرپاشی	۶۵۰/۸۳	۷/۴۲
قرق	۲۷۴۹/۹۷	۳۱/۳۸

مربوط به شرایط خاک در وضعیت رطوبت پیشین خشک (AMCI) است، CN متوسط وزنی حوزه در وضعیت رطوبت پیشین خشک (AMCI) و در شرایط قبل از اقدامات آبخیزداری تقریباً برابر با ۷۶/۷۸ و در شرایط بعد از اقدامات آبخیزداری تقریباً برابر با ۶۹/۵ می‌باشد.

تعیین زمان تأخیر زیرحوزه‌ها

با در نظر داشتن این‌که احداث سازه‌های کنترل سیلاب و سدهای اصلاحی متعدد در یک آبراهه موجب

$$\overline{CN} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه \overline{CN} : شماره منحنی متوسط وزنی، A_i : مساحت هر پلی‌گون و CN_i : شماره منحنی هر پلی‌گون می‌باشد. CN به دست آمده مربوط به شرایط خاک در وضعیت رطوبت پیشین متوسط (AMCII) می‌باشد. با توجه به این‌که تمامی رویداد بارش مورد استفاده در شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری

آبنمود ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری کوشک-آباد و هم دارای بارش ثبت شده در ایستگاه ثبات گوش بالا هستند. از بین ۶۴ آبنمود سیل موجود در دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۰-۱۳۹۰) تنها ۱۶ رویداد سیل دارای مقادیر بارش ثبت شده در ایستگاه ثبات گوش بالا بودند. از بین این ۱۶ رویداد، هفت رویداد مناسب در زمان قبل و بعد از انجام اقدامات آبخیزداری انتخاب شدند که چهار رویداد برای واسنجی و اعتباریابی مدل HMS در زمان قبل از انجام اقدامات و سه رویداد به منظور واسنجی و اعتباریابی مدل در زمان بعد از انجام اقدامات انتخاب شدند (جدول ۷). با توجه به این که بارش مربوط به زیرحوزه‌ها باید به مدل وارد شوند برای برازش بارش ایستگاه باران‌سنجی ثبات گوش بالا به هر یک از زیرحوزه‌ها ابتدا آمار بارندگی روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و اطراف حوزه در دوره آماری موجود تهیه شد. در تاریخ هر رویداد مقدار بارندگی ثبت شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی مذکور در همان روز استخراج شد و از روش عکس مربع فاصله در محیط GIS توزیع مکانی بارش در سطح حوزه به دست آمد. به منظور به دست آوردن توزیع زمانی بارش مربوط به رویداد سیل از توزیع زمانی بارش در ایستگاه باران‌سنجی ثبات گوش بالا استفاده شد و همین توزیع زمانی عیناً به بارش مربوطه انتقال داده شد.

کاهش شیب آبراهه و افزایش زمان تمرکز می‌گردد، تأثیر اقدامات مکانیکی روی آبنمود سیل حوزه با محاسبه زمان تأخیر با و بدون در نظر گرفتن سازه‌ها بررسی شد. بدین منظور پروفیل طولی آبراهه اصلی هر یک از زیرحوزه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.2 ترسیم شد. سپس با استفاده از پروفیل طولی ترسیم شده، طول و شیب آبراهه‌های اصلی زیرحوزه‌ها و کل حوزه برای زمان قبل انجام اقدامات مکانیکی محاسبه شد. با توجه به اقدامات مکانیکی انجام شده در حوزه، تعداد و محل سازه‌های احداثی در آبراهه اصلی هر زیرحوزه مشخص شد و شیب جدید پشت سازه‌ها به علت تجمع رسوبات معادل نصف شیب اولیه (شیب حد) در نظر گرفته شد (۱۹). پس از آن طول و متوسط شیب وزنی آبراهه اصلی در شرایط فعلی محاسبه شد و با استفاده از اطلاعات به دست آمده زمان تأخیر حوزه از طریق رابطه SCS در شرایط فعلی با در نظر گرفتن سازه‌ها هم محاسبه شد. بیش‌ترین میزان افزایش زمان تأخیر زیرحوزه‌ها در شرایط بعد از اقدامات آبخیزداری یک ساعت و ۶ دقیقه مشاهده شده است.

بررسی آمار سیل و رویدادهای بارش

سپس آمار سیلاب‌های ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری کوشک-آباد بررسی و رویداد سیل مناسب برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC-HMS انتخاب گردید به طوری که رویدادهایی انتخاب شدند که هم دارای

جدول ۷- مشخصات رویدادهای سیل مشاهداتی و میزان بارندگی مربوط به رویدادها در ایستگاه باران سنجی ثبات

زمان	تاریخ رویداد	بارندگی ایستگاه گوش بالا (میلی‌متر)	حجم رواناب (هزار مترمکعب)
قبل از عملیات آبخیزداری	۷۰/۲/۲۱	۲۸/۷	۳۸/۸۸
	۷۱/۲/۲۳	۱۲	۵۲/۷۰
	۷۲/۳/۱۱	۱۳	۶۱/۳۴
بعد از عملیات آبخیزداری	۷۳/۲/۱۷	۹/۴	۲۰/۷۳
	۸۸/۳/۲۱	۱۰	۴۶/۶۶
	۸۸/۶/۲۵	۲۲/۵	۶۸/۹
	۸۹/۲/۳۱	۱۰	۴۱/۳۶

محاسبه پارامترهای روندیابی

حوزه آبخیز گوش و بهره‌دارای ۲۰ زیرحوزه داخلی (غیرهیدرولوژیک) است. برای شبیه‌سازی هیدروگراف کل حوزه در مدل HEC-HMS لازم است که هیدروگراف سیل در این بازه‌ها روندیابی گردد. برای انجام روندیابی سیل لازم است که در عملیات میدانی مشخصات مقاطع عرضی و طولی آبراهه‌ها و ضریب زبری آن مشخص گردد. بدین منظور ابتدا روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری محل بازه‌ها مشخص و سپس خصوصیات مربوط به موقعیت محل شامل طول و عرض جغرافیایی محل بازه‌ها از روی نقشه توپوگرافی تعیین گردید. سپس مختصات نقاط به دستگاه GPS وارد شد و با انجام مطالعات میدانی و با کمک GPS موقعیت مقاطع در

عرصه مشخص گردید. کلیه پارامترهای موردنیاز از هر مقطع برداشت شد. این پارامترها عبارتند از: ضریب زبری مانینگ (n) با استفاده از جدول کاون (۶)، شیب ($\frac{m}{m}$) و طول بستر آبراهه و خصوصیات آبراهه در شرایط مقطع پر شامل عرض کف و شیب جانبی مقطع، هم‌چنین از روندیابی موج سینماتیک استفاده شد.

وارد کردن داده‌ها و اجرای مدل HEC-HMS

به منظور وارد کردن داده‌ها به مدل HEC-HMS در شرایط قبل از عملیات آبخیزداری برای تکمیل مدل حوزه ابتدا شماتیکی از حوزه مورد مطالعه رسم گردید که شامل زیرحوزه‌ها، بازه‌های روندیابی و محل اتصال آبراهه‌ها است. پس از ترسیم مدل حوزه و مشخص کردن

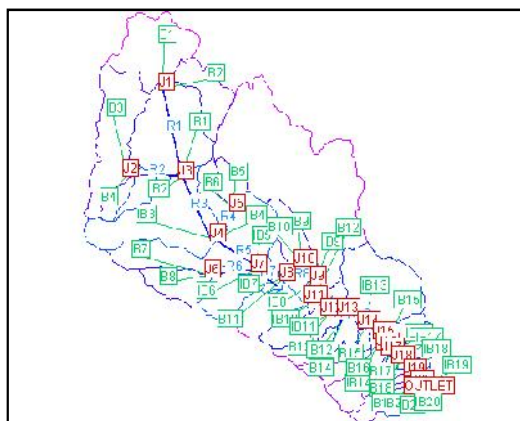
آبخیزداری، مقادیر بارش متناظر برای تاریخ‌های معین به مدل وارد و اجرا شد و سپس آبنمود خروجی مدل با آبنمود مشاهده‌ای ثبت شده، مقایسه و واسنجی گردید. در شرایط بعد از اقدامات آبخیزداری (بیولوژیک و مکانیکی) وارد کردن داده‌ها به مدل HEC-HMS مشابه با شرایط قبل از انجام اقدامات آبخیزداری است. با این تفاوت که از بارش و مشخصات حوزه بعد از اقدامات آبخیزداری استفاده گردید. بدین منظور با توجه به احداث ۶ بند خاکی و یک سازه سنگی ملاتی در زیر حوزه‌های مختلف حوزه، مرز زیرحوزه‌ها از محل خروجی بندهای خاکی بسته شد. دبی حاصل از رواناب در زیرحوزه بالادست هر کدام از این بندها به مخازن این سازه‌ها جاری می‌شود و در صورت سرریز شدن این سازه‌ها دبی به زیرحوزه پایین دست منتقل می‌شود. پس در شرایط بعد از اقدامات آبخیزداری از روندیابی مخزن در مورد بندهای خاکی احداث شده استفاده گردید. در این تحقیق از روندیابی هیدرولوژیکی Level Pool استفاده شد که به طور تقریبی می‌تواند برای روندیابی با یک نسبت دبی خروجی- ذخیره به کار روند (۵). بنابراین، ابتدا نقشه توپوگرافی مخزن بندها و سپس با در نظر گرفتن طول تاج بندها و تقاطع آن با خطوط توپوگرافی، حجم مخزن معادل با ارتفاع و سپس دبی خروجی معادل با آن ارتفاع از رابطه $Q=CLH^{1.5}$ به دست آمد که L عرض سرریز و H ارتفاع آب قبل از رسیدن به سرریز و C ضریب سرریز است که در مورد این مخازن معادل ۱/۶۵ در نظر گرفته شد (۱۵،۱۱). با وارد کردن مقادیر ذخیره- دبی به مدل، شبیه‌سازی جریان بعد از اقدامات آبخیزداری صورت گرفت.

زیرحوزه‌ها و بازه‌های روندیابی، اطلاعات مربوط به تلفات، انتقال و آب پایه به مدل حوزه وارد شد. در این مطالعه از روش SCS به منظور محاسبه تلفات اولیه (Ia) استفاده شد:

$$\text{Ia} = aS \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط فوق S حداکثر پتانسیل ذخیره حوزه به میلی‌متر، CN شماره منحنی متوسط حوزه و Ia تلفات اولیه به میلی‌متر و a ضریبی است که بین صفر تا ۰/۲ می‌باشد (۴). این ضریب در رگبارهای مختلف یا در حوزه‌های مختلف متفاوت است (۳). در این تحقیق، CN معرفی شده به مدل با در نظر گرفتن میزان بارش ۵ روز قبل رویدادهای سیل برابر با شرایط خاک در وضعیت رطوبت پیشین خشک (AMCI) می‌باشد. برای مکانیزم انتقال از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده شد و میزان زمان تأخیر حوزه برحسب ساعت به مدل معرفی شد. پس از جداسازی آب پایه از دبی مشاهده‌ای، مدل در تمام زیرحوزه‌ها بدون آب پایه اجرا شد. هم‌چنین، پارامترهای مربوط به روندیابی موج سینماتیک به مدل معرفی گردید. سپس برای تکمیل مدل اقلیمی آبنمود سیل مشاهده‌ای و داده‌های بارش مربوط به رویدادهای سیل به مدل وارد شدند. در مورد شاخص‌های کنترل باید تاریخ شروع و پایان شبیه‌سازی و فاصله زمانی آن به مدل معرفی شود. فاصله زمانی باید از ۲۹ درصد زمان تأخیر حوزه کوچک‌تر باشد (۲۸). برای مدل‌سازی جریان از راه مدل HEC-HMS در دوره قبل از انجام اقدامات



شکل ۳- طرح شماتیک مدل حوزه در مدل HEC-HMS.

واسنجی و اعتباریابی

به منظور واسنجی و اعتباریابی مدل، آبنمود سیل مشاهده‌ای به ۲ گروه تقسیم شد. برای واسنجی پارامترهای مدل در شرایط قبل از عملیات آبخیزداری، رویدادهای سیل مورخ ۷۱/۲/۲۳، ۷۲/۳/۱۱ و ۷۳/۲/۱۷ و برای شرایط بعد از عملیات آبخیزداری، رویدادهای سیل مورخ ۸۸/۳/۲۱ و ۸۹/۲/۳۱ در نظر گرفته شدند. از رویدادهای سیل مورخ ۷۰/۲/۲۱ و ۸۸/۶/۲۵ به منظور اعتباریابی مدل استفاده شد. در این تحقیق پارامترهای اتلاف اولیه (Ia)، شماره منحنی و زمان تأخیر واسنجی شدند و مقدار بهینه این پارامترها تعیین گردید. در این مرحله از محدودیت نرم مدل استفاده شد؛ یعنی دامنه تغییرات تلفات اولیه بین صفر تا 0/2S، دامنه تغییرات زمان تأخیر ± 30 درصد مقدار محاسبه شده و دامنه تغییرات شماره منحنی ± 25 درصد مقدار محاسبه شده تعیین شد و این پارامترها در این محدوده‌ها به مدل معرفی شدند. در مرحله واسنجی نتایج مدل با پنج تابع هدف مجذور پیک وزنی متوسط مربعات خطا (رابطه ۴)، مجموع قدر مطلق خطا (رابطه ۵)، مجموع مربعات باقی‌مانده (رابطه ۶)، درصد خطا در دبی اوج (رابطه ۷)، درصد خطا در حجم جریان (رابطه ۸) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

$$Z = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Q_o - Q_s)^2 \frac{Q_o + Q_s}{2Q_A}}{n}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$Z = \sum_{t=1}^n |Q_o - Q_s| \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$Z = \sum_{t=1}^n (Q_o - Q_s)^2 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$Z = 100 \left| \frac{Q_o(\text{peak}) - Q_s(\text{peak})}{Q_o(\text{peak})} \right| \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$Z = 100 \left| \frac{V_o - V_s}{V_o} \right| \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در این روابط Z تابع هدف، Q_o دبی‌مشاهداتی، Q_s دبی‌محاسباتی، Q_A متوسط دبی‌مشاهداتی، $Q_o(\text{peak})$ دبی پیک آبنمود مشاهده‌ای، $Q_s(\text{peak})$ دبی پیک آبنمود محاسباتی، V_o حجم آبنمود مشاهده‌ای، V_s حجم آبنمود محاسباتی هستند. در مورد هر تابع مقدار اختلاف در دبی

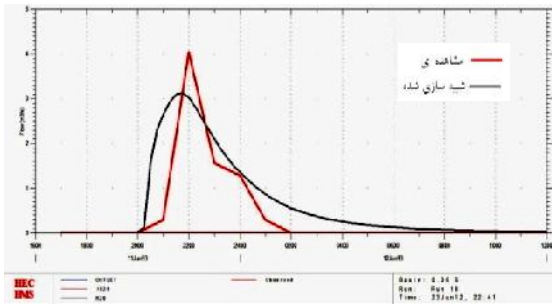
اوج، حجم سیل و زمان تا اوج بین آبنمود شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای بررسی شد و تابعی که کم‌ترین اختلاف را در شاخص‌های مذکور نشان داده است بهترین تابع هدف انتخاب شد. پس از واسنجی مدل، از میانگین مقادیر بهینه پارامترها به منظور اعتباریابی مدل استفاده گردید. حداکثر سیلاب در زمانی است که مدت بارندگی با زمان تمرکز حوزه مساوی باشد. با توجه به این‌که زمان تمرکز حوزه دو ساعت است بارش دو ساعته بیش‌ترین سیلاب را می‌دهد با قرار دادن بارش طرح (دو ساعته) با دوره بازگشت‌های مختلف مدل اجرا و نتایج آن در دو زمان مقایسه گردید. برای به دست آوردن بارش طرح (بارش دو ساعته) در دوره بازگشت‌های مختلف از جداول ارائه شده گزارش تحلیل باران‌های کوتاه مدت در استان خراسان (۸) استفاده گردید.

اجرای مدل HEC-HMS با بارش طرح

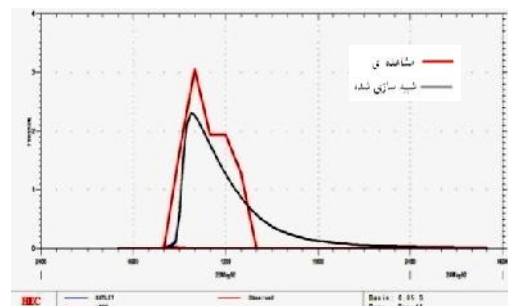
پس از به دست آوردن بارش ۲ ساعته (بارش طرح) زیرحوزه‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف به منظور توزیع زمانی بارش طرح از الگوی توزیع زمانی بارش در ایستگاه باران‌سنج ثبات گوش بالا استفاده شد و از آن در مدل استفاده گردید. سپس با استفاده از مقادیر بهینه شده و ضرایبی که از بخش واسنجی مدل به دست آمد و با استفاده از بارش طرح، مدل HMS اجرا شد و آبنمود سیل در دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ سال برای هر یک از شرایط قبل و بعد از انجام اقدامات آبخیزداری حاصل شد و میزان تغییر دبی اوج و حجم سیلاب و در نتیجه اثربخشی اقدامات صورت گرفته بر آبنمود سیل حوزه مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

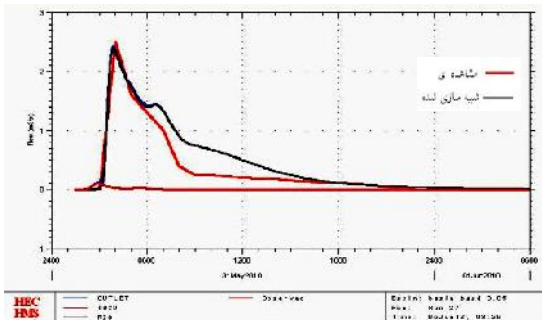
شکل‌های ۴ تا ۸ آبنمود مشاهده‌ای و محاسباتی (شبیه‌سازی شده) رویدادهای سیل را در قبل از واسنجی نشان می‌دهند. در رویدادهای سیل مورخ ۷۱/۲/۲۳ و ۸۹/۲/۳۱ واسنجی مدل با تابع هدف درصد خطا در حجم جریان و در رویدادهای سیل مورخ ۷۳/۲/۱۷ و ۸۸/۳/۲۱ با تابع هدف مجذور پیک وزنی متوسط مربعات خطا و در رویداد سیل مورخ ۷۲/۳/۱۱ با تابع هدف مجموع مربعات باقی‌مانده بهترین نتیجه به دست آمد. شکل‌های ۹ تا ۱۳ آبنمود مشاهده‌ای و محاسباتی (شبیه‌سازی شده) را بعد از واسنجی نشان می‌دهند. شکل‌های ۱۴ و ۱۵ آبنمود مشاهده‌ای و محاسباتی (شبیه‌سازی شده) را بعد از اعتباریابی نشان می‌دهند.



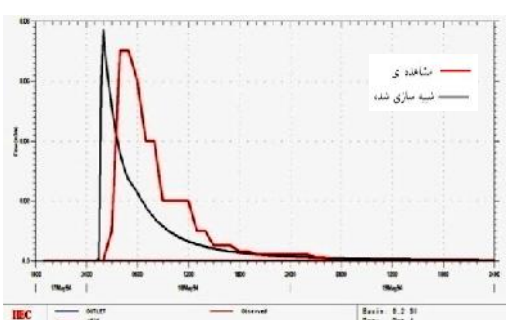
شکل ۵- آبنمود شبیه‌سازی شده ۷۲/۳/۱۱ قبل از واسنجی.



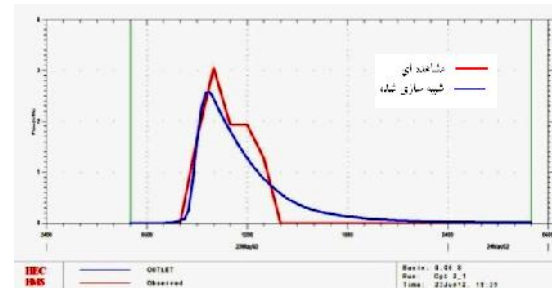
شکل ۴- آبنمود شبیه‌سازی شده ۷۱/۲/۲۳ قبل از واسنجی.



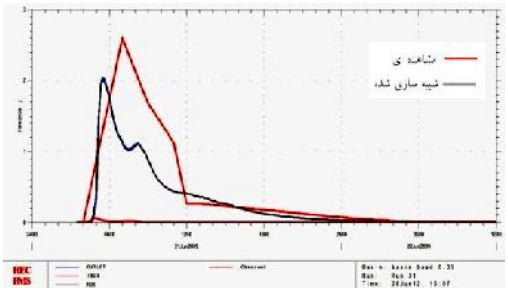
شکل ۷- آبنمود شبیه‌سازی شده ۸۹/۲/۳۱ قبل از واسنجی.



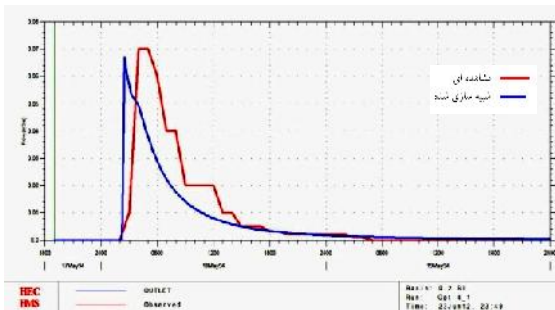
شکل ۶- آبنمود شبیه‌سازی شده ۷۳/۲/۱۷ قبل از واسنجی.



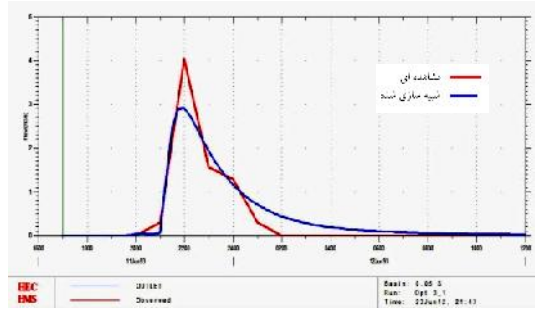
شکل ۹- آبنمود شبیه‌سازی شده ۷۱/۲/۲۳ بعد از واسنجی.



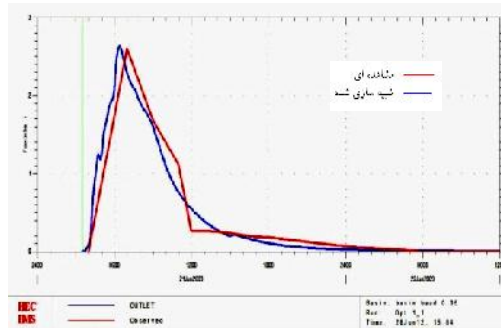
شکل ۸- آبنمود شبیه‌سازی شده ۸۸/۳/۲۱ قبل از واسنجی.



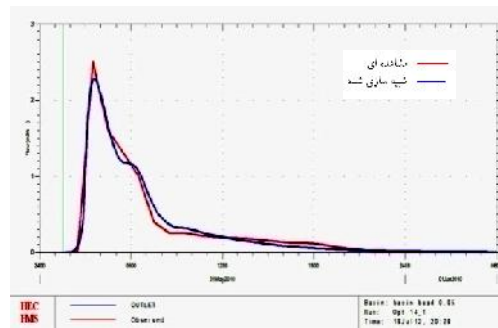
شکل ۱۱- آبنمود شبیه‌سازی شده ۷۳/۲/۱۷ بعد از واسنجی.



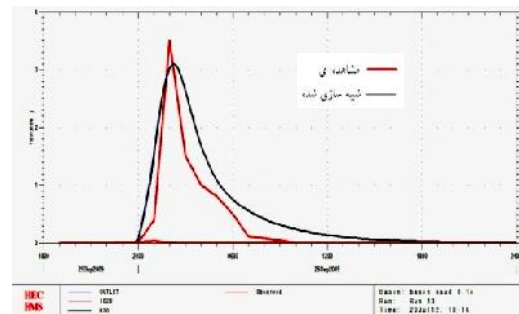
شکل ۱۰- آبنمود شبیه‌سازی شده ۷۲/۳/۱۱ بعد از واسنجی.



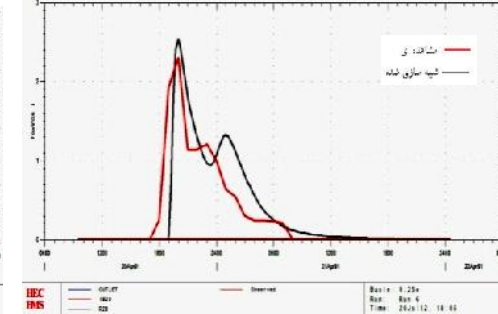
شکل ۱۳- آبنمود شبیه‌سازی شده ۸۸/۳/۲۱ بعد از واسنجی.



شکل ۱۲- آبنمود شبیه‌سازی شده ۸۹/۲/۳۱ بعد از واسنجی.



شکل ۱۵- آبنمود شبیه‌سازی شده ۸۸/۶/۲۵ بعد از اعتباریابی.



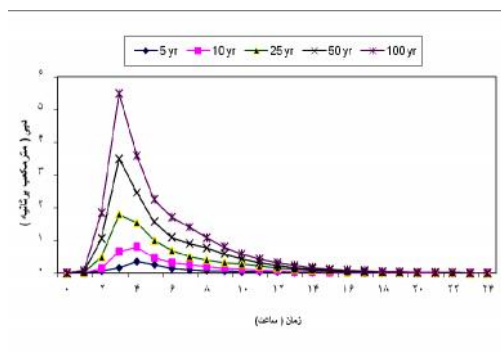
شکل ۱۴- آبنمود شبیه‌سازی شده ۷۰/۲/۲۱ بعد از اعتباریابی.

می‌دهد. اشکال ۱۶ و ۱۷ آبنمود سیل حوزه در دوره بازگشت‌های مختلف را برای زمان قبل و بعد از اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی نشان می‌دهد.

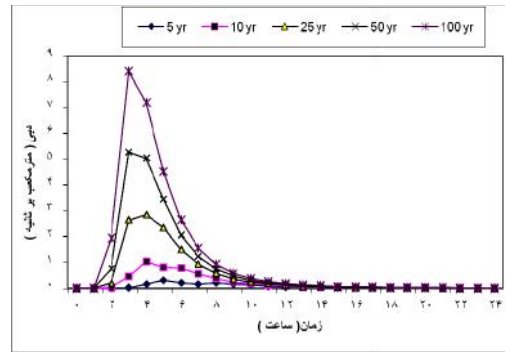
جدول ۸ میزان حجم سیل و دبی اوج حوزه در دوره بازگشت‌های مختلف و درصد کاهش دبی اوج و حجم سیل را در اثر اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی نشان

جدول ۸- مقایسه میزان دبی اوج و حجم سیل قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری (بیولوژیکی و مکانیکی)

دوره بازگشت (سال)	قبل از انجام اقدامات آبخیزداری		بعد از انجام اقدامات آبخیزداری		کاهش دبی اوج و حجم سیل (درصد)
	دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	حجم سیل (هزار مترمکعب)	دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	حجم سیل (هزار مترمکعب)	
۵	۰/۳	۶/۱۳	۰/۳	۵/۲	۱۵/۱۷
۱۰	۱/۰۴	۱۷/۷۲	۰/۸۹	۱۲/۷	۲۸/۳۲
۲۵	۳/۰۱	۴۴/۱۶۲	۱/۹۲	۲۸/۸	۳۴/۷۸
۵۰	۵/۴۵	۷۲/۸۶	۳/۵	۴۷/۹۶	۳۴/۱۷
۱۰۰	۸/۵۲	۱۰۵/۶۵	۵/۵	۷۱/۰۲	۳۲/۷۸



شکل ۱۷- آبنمود سیل در زمان بعد از اقدامات آبخیزداری.



شکل ۱۶- آبنمود سیل در زمان قبل از اقدامات آبخیزداری.

دو هیدروگراف نسبت به هم بوده و نشان می‌دهد مدل HEC-HMS به خوبی قادر است شبیه‌سازی بارش رواناب را با اطمینان بالایی در حوزه مورد مطالعه انجام دهد که با نتایج هاشمی (۹)، آذری (۲)، شکوهی (۲۵)، عباسی و همکاران (۱) و اوجاقلو (۲۳) هم‌خوانی دارد.

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که با افزایش دوره‌بازگشت سیل نقش اقدامات مهار سیلاب حوزه در کاهش دبی اوج و حجم سیلاب کاهش می‌یابد که با مطالعات فرازجو (۷) و سینگ (۲۶) در مورد کاهش تأثیر پوشش گیاهی به‌ازای افزایش دوره بازگشت سیلاب و نیز با نتایج تحقیقات اوجاقلو (۲۳)، نصیری مقدم (۲۰) و خلیقی و همکاران (۱۳) مطابقت دارد. اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز موجب مهار سیلاب و به تعویق انداختن سیل می‌شود. بنابراین، با مدل‌سازی حوزه ارزیابی فعالیت‌های آبخیزداری می‌توان سناریوهای کاربری اراضی و یا عملیات مکانیکی در آینده را برای پیش‌بینی تغییرات ممکن در رژیم هیدرولوژیکی جریان آبراهه بررسی و سناریوی مناسب را انتخاب نمود.

نتایج نشان داد که انجام عملیات بیولوژیک و بهبود پوشش گیاهی حوزه باعث کاهش شماره منحنی به‌طور میانگین به‌میزان ۹/۵ درصد در حوزه شد. همچنین انجام عملیات مکانیکی و احداث سازه‌ها در مسیر آبراهه‌ها باعث تغییر شیب و طول آبراهه و موجب افزایش زمان تأخیر حوزه گردید به‌طوری که بیشترین میزان افزایش زمان تأخیر زیرحوزه‌ها در شرایط بعد از اقدامات آبخیزداری یک ساعت و ۶ دقیقه برآورد شده‌است. مقایسه مقادیر دبی اوج آبنمود سیل و حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف و با در نظر گرفتن اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی نشان داد که این تأثیرات باعث کاهش مقدار دبی اوج سیلاب تا ۳۶/۲۱ درصد و کاهش حجم سیلاب تا ۳۴/۷۸ درصد در حوزه می‌شود. تحقیقات انجام شده از سوی عباسی و همکاران (۱)، مصطفی‌زاده و همکاران (۱۸)، هاشمی (۹)، هلمن (۱۰)، ونگ‌سا و شی‌می‌زو (۳۱)، هانگ و ژانگ (۱۲) و سوتانتو و گینتینگ (۲۷) تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش دبی اوج و حجم سیلاب را تأیید می‌کنند. مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای با برآوردی در خروجی حوزه آبخیز نشان‌دهنده تطابق این

منابع

1. Abbasi, M., M. Mohseni Saravi, M.M. Kheirkhah, Sh. Khalighi Sigaroudi, Gh. Rostamizad and M. Hosseini. 2010. Assessment of Watershed Management Activities on Time of Concentration and Curve Number Using HEC-HMS Model (Case Study: Kan Watershed, Tehran). Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources, 63: 375-388 (In Persian).
2. Azari, M. 2006. Simulation of hydrological and hydraulic behavior of Jaghargh Watershed for flood control, M.Sc. Thesis, Tarbiat Modarres University, Iran. 68 pp (In Persian).
3. Baltas, E.A., N.A. Dervos and M.A. Mimikou. 2007. Technical note: Determination of SCS Initial Abstraction Ratio in an Experimental Watershed in Greece, Hydrology and Earth System Sciences, 11: 1825-1829.
4. Chen, C.-L. 1981. An Evaluation of the Mathematics and Physical Significance of the Soil Conservation Service Curve Number Procedure for Estimating Runoff Volume. In: Singh, V.P. (ed.) Rainfall-Runoff Relationship. 387-419 pp., Water Resources Publications, Littleton, Colorado.
5. Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988. Applied hydrology. McGraw Hill, New York, 572 pp.
6. Cowan, W.L. 1956. Estimating Hydraulic Roughness Coefficients. Agricultural Engineering, 37: 437-475.
7. Farazjoo, H. 2003. Assessment of the Effects of Vegetation Cover Changes on Flood Hydrograph in Golestan Dam Basin Using GIS and HEC-HMS Model. M.Sc. Thesis, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran. 176 pp (In Persian).
8. Ghahraman, B., S.M. Hosseini and K. Davary. 2006. Final Report on: Analysis of Short Duration Rainfalls of Khorasan Provinces. Khorasan Razavi Regional Water Company, 152 pp (In Persian).
9. 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, Isfahan University of Thechnology, 17: 159-171 (In Persian).
10. Holman, D. 1999. A Hydrologic Study of Macatawa River Watershed, Hydrologic Studies Unit, Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ) Publications, 39 pp.
11. Hosseini, S.M. and J. Abrishami. 1999. Open Channel Hydraulics. 2nd edn. Emam Reza University Press, Mashhad, Iran, 613 pp (In Persian).
12. Huang, M. and L. Zhang. 2004. Hydrological Responses to Conservation Practices in a Catchment of the Loess Plateau, China. Hydrology. Process. 18: 1885-1898.
13. Khalighi, Sh., M. Mahdavi and B. Saghafian. 2006. Land Use Change Effects on Potential Flooding Using NRCS Model (Case Study: Barandoozchay Basin), Iranian Journal Natural Resources, 58: 733-742 (In Persian).

14. Kuntiyawichai, K. 2014. Effectiveness of Ubol Ratana and Lam Pao Reservoirs for Flood Mitigation in the Downstream Area of the Chi River Basin Using HEC-HMS Model. *Advanced Materials Research*, 931-932: 785-790.
15. Madani, H. 1996. *Fluid Mechanics and Hydraulics*, Majed Press, Tehran University, Iran, 602 pp (In Persian).
16. Mahdavi, M. 1999. *Applied Hydrology*. Vol. 2, 2nd edn., Tehran University Press, Tehran, Iran, 401 pp (In Persian).
17. Mone, R.V., A.A. Atre and G.R. Bangal. 1994. Runoff Curve Numbers for Small Agricultural Watersheds in Ahmednagar District, Maharashtra, 8 th ISCO Conference, New Delhi, India, 644-647 pp.
18. Mostafazadeh, R., A. Sadoddin, A. Bahreman, V. Sheikh and H. Nazarnejad. 2010. Assessing hydrological effects of Jafar-Abad Watershed Management Project in Golestan Province Using HEC-HMS Model. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 2: 83-93 (In Persian).
19. Nakhjavani, F., *Contremesure Against Erosion and Watershed Management*. 1972. Tehran University Press, Tehran, Iran, 385 pp (In Persian).
20. Nasiri Moghadam, F. 2004. *Evaluation of Watershed Operations on Floods Using Hydrologic Models*. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modarres University, Iran, 138 pp (In Persian).
21. *Natural Recourses and Watershed Management Department of Khorasan Razavi*. 2009. A report on: Goosh Bahreh Watershed. 121 pp (In Persian).
22. *Natural Resources and Watershed Management Department of Khorasan Razavi*. 1996. Land use map of Goosh Bahreh Watershed (In Persian).
23. Ojaghloo, F. 2001. *Evaluation of Hydraulic Structures on Floods*. M.Sc. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. 133 pp (In Persian).
24. 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 International Institute for Geo-information Science and Earth Observation in Partial Fulfillment of the Requirements. 54 pp (In Persian).
25. Shokoohi, A.R. 2007. *Assessment of Urban Basin Flood Control Measures Using Hydrogis Tools*. *Journal of Applied Science*, 7: 1726-1733 (In Persian).
26. Singh, V.P. 1992. *Elementary hydrology*, Prentice-Hall, 973 pp.
27. Sutanto, S.J. and S. Ginting. 2009. Use of Proposed Reservoirs to Reduce Flood in Semarang City, *International Seminar on Climate Change Impacts on Water Ressources and Coastal Management in Developing Countries*, 1-10 pp., Manado Indonésie.
28. USACE. 2000. *HEC-HMS Technical Manual*. Hydrologic Engineering Center. Davis. CA. 149 pp.
29. USACE. 2001. *HEC-HMS user's Manual*. Hydrologic Engineering Center. Davis. CA. 178 pp.
30. Vanova, V. and J. Langhammer. 2011. Modelling the Impact of land Cover Changes on Flood Mitigation in the Upper Luznice Basin. *Journal of Hydrology. Hydromech*, 59: 262-274.
31. Wongsa, S. and Y. Shimizu. 2004. Modeling Artificial Channel and Land-Use Changes and Their Impact on Floods and Sédiment Yield to the Ishikari Basin *Hydrology Process*. 18:1837-1852.
32. Ziaili, H. 2002. *Principles of Watershed Management Engineering*. Emam Reza University Press, Mashhad, Iran, 542 pp (In Persian).

Assessment of Watershed Management Projects on Flood Hydrograph using HEC-HMS Model (Case Study: Goosh-Bahreh Watershed)

Mahrouz Nourali¹ and Bijan Ghahraman²

1-Ph.D. Student, Ferdowsi University of Mashhad (Corresponding author:
mahrouznourali@yahoo.com)

2- Professor, Ferdowsi University of Mashhad

Received: September 2, 2013 Accepted: December 14, 2014

Abstract

Quantifying the effects of watershed management projects is a first step in the evaluation of their efficiency. Selecting suitable index for evaluation is an important concern in an evaluation process and is determined on the basis of project type, evaluation method, required accuracy, and available data. Watershed management projects have been initiated in Goosh-Bahreh Watershed, Khorasan Razavi province, since 1993. Considering the importance of watershed management projects evaluation, peak flood discharge and flow volume were adopted as suitable indices. Field surveys and available recorded documents were used to provide required data and information on locations and specifications of the projects which are built on the main streams. To quantify the effects of the projects, river flow was simulated by using HEC-HMS model. The results showed that biological and mechanical projects lead to a decrease of 36.21% and 34.78% in peak discharge and flood volume at different return periods, respectively and the effect of watershed management projects on the peak discharge and flood volume decreases as return period increases. This research showed positive effects of watershed management projects on flood discharge and flood volume in the Goosh-Bahreh Watershed.

Keywords: Assessment of Watershed Management Projects, Flood, Goosh-Bahreh Watershed, HEC-HMS model, Routing