نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره پنجم، ۱۳۹٤
http://jwsc.gau.ac.ir

مدل‌سازی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز جعفرآباد، استان گلستان)

*مجتبی محمدی[1]، واحدبردی شیخ[2] و امیر سعدالدین[2]
[1]عضو هیأت علمی گروه احیاء مناطق خشک و بیابانی، مجتمع آموزش عالی سراوان،
[2]دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: کاربری اراضی و پوشش زمین یکی از عوامل اصلی در مطالعات منابع آب و فرسایش و رسوب حوزه آبخیز می‌باشند. شبیه‌سازی کامپیوتری اثرات تغییر کاربری اراضی بر روی فرآیندهای حوزه آبخیز به‌ویژه سیل در نیم قرن اخیر مورد مطالعه و توجه قرار گرفته است بنابراین با توجه به تغییرات زیاد کاربری اراضی در حوزه آبخیز جعفرآباد و تأثیر حتمی آن بر هیدروگراف سیل، در این مطالعه به بررسی و ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل حوزه آبخیز جعفرآباد در گرگانرود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی توزیعی GFHM پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل حوزه آبخیز جعفرآباد با استفاده از مدل GFHM مورد بررسی قرار گرفت. مدل GFHM یک مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی و زمانی می‌باشد. نقشه‌های DEM، کاربری اراضی، تیپ خاک و همچنین داده‌های بارش، داده‌های اصلی مورد نیاز مدل می‌باشند. این مدل جهت محاسبه بارش مازاد از روش شماره منحنی سازمان حفاظت منابع ملی (NRCS) و جهت روندیابی از روش موج سینماتیکی استفاده می‌نماید. با توجه به شرایط حوزه آبخیز مورد مطالعه چهار سناریوی مدیریتی با رویکرد اثرات تخریب و احیای کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل تدوین گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزایش ۴/۲ درصدی مساحت جنگل (سناریو ۴)، باعث کاهش ۰/۸ درصدی دبی اوج سیل و ۴/۴۴ درصدی حجم سیل برای رخدادهای کوچک سیل می‌شود. مقادیر این تغییرات برای رخدادهای بزرگ به‌ترتیب ۰/۴۳ و ۱/۸ می‌باشد. تبدیل ۳/۹ درصد از اراضی جنگلی به اراضی دیم (سناریو ۲) باعث افزایش به‌ترتیب ۱/۵۲ و ۰/۶ درصدی دبی اوج سیل و ۲/۶ و ۱/۶ درصدی حجم برای رخدادهای کوچک و بزرگ سیل می‌شود. همچنین تبدیل اراضی جنگلی نیمه‌متراکم به اراضی زراعی دیم (سناریو ۱) باعث افزایش ۱۷/۰۱ و ۴/۱۳ درصدی دبی اوج و افزایش ۹/۵۵ و ۴/۸۳ درصدی حجم سیل به‌ترتیب برای رخدادهای کوچک و بزرگ می‌شود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که برای مدیریت و کاهش سیلاب در منطقه از طریق روش غیرسازه‌ای مدیریت اراضی می‌توان دبی اوج و حجم سیل را کاهش داد. بنابراین طرح اصلاح کاربری اراضی حوزه در قالب احیاء جنگل‌ها و

* مسئول مکاتبه: mohamadi613@gmail.com

تغییر کاربری اراضی کشاورزی شیب‌دار به آگروفارستری به‌ویژه از نوع باغات زیتون (که در بیش‌تر مناطق مشابه در استان گلستان به‌طور موفقیت‌آمیز به اجرا در آمده است) مقدار رمایش و تلفات اولیه را به‌طور مؤثری افزایش خواهد داد و از این طریق باعث کاهش سیل‌خیزی خواهد گردید. با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که تغییر کاربری اراضی در رگبارهای با دبی‌های کم، اثرات بیش‌تری بر روی دبی اوج و حجم سیل می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی: تغییر کاربری، GFHM، هیدروگراف سیل، مدل‌سازی هیدرولوژی

مقدمه

کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های سیستم‌های محیطی می‌باشد که بر رواناب سطحی، دبی رودخانه‌ها و حمل و نقل رسوبات با تأثیر بر رمایش برگ، تبخیر و تعرق، و هدایت هیدرولیکی خاک سطحی اثرگذار می‌باشد (15, 25). در حال حاضر تغییر کاربری اراضی به‌وسیله جنگل‌زدایی و تبدیل به اراضی کشاورزی بر منابع آب باعث ایجاد مشکلات اجتماعی و سیاسی در هر دو سطح محلی و ملی شده است (16).

تغییر شرایط طبیعی در حوزه آبخیز در مناطق مختلف بسیار زیاد است و کنترل و اندازه‌گیری تمام آن عوامل تقریباً غیرممکن است، به همین دلیل استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک برای کشف روابط حاکم بین پدیده‌های مختلف بسیار متداول است (4). مدل‌های شبیه‌سازی حوزه‌های آبخیز در دو طبقه یکپارچه و توزیعی طبقه‌بندی می‌شوند. با توجه به این‌که بررسی تغییرات ویژگی‌های سطح زمین به‌وسیله تغییر در (حداقل یکی از) پارامترهای مدل، اولین چالش مدل‌سازی هیدرولوژیکی می‌باشد (6) و همچنین از آن‌جایی‌که در بیش‌تر موارد تنها قسمت‌هایی از کاربری اراضی در درون حوزه تغییر می‌کند (6)، مدل‌های توزیعی نسبت به مدل‌های یکپارچه جهت بررسی تغییر کاربری مناسب‌تر تشخیص داده شده‌اند. مدل‌های توزیعی هیدرلوژیکی مختلفی هم‌چون DHSVM (26)، MIKE-SHE (21)، RHESSys (3)، SHETRAN (8)، TAC-D (19)، TOPLATS (20)، WASIM (18) و WetSpa (12) به‌منظور شبیه‌سازی اثرات تغییر کاربری اراضی توسعه یافتند.

آنستد و جمسون (1970) اولین تلاش را به‌منظور استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی برای پیش‌بینی اثرات تغییر کاربری اراضی بر رواناب انجام دادند (19). بولتوت و همکاران (1990) یک مدل مفهومی را برای ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر روی سیلاب حوزه‌های کوچک بلژیک به‌کار بردند. نتایج نشان داد که کم‌ترین جریان سیلاب در اراضی درختان سوزنی‌برگ و بیش‌ترین جریان سیلاب در مراتع رخ می‌دهد (7). بهره‌مند و همکاران (2006) با استفاده از مدل توزیعی WetSpa به بررسی اثر جنگل‌کاری بر روی ویژگی‌های هیدروگراف سیل در یکی از حوزه‌های آبخیز اسلوکی پرداخت. نتایج نشان داد که افزایش ۵۱ درصدی جنگل باعث کاهش ۱۲ درصدی دبی پیک و افزایش ۹ ساعتی زمان تا اوج هیدروگراف می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که اثر پوشش گیاهی بر روی سیلاب وابستگی شدیدی به ویژگی‌های رگبار و رطوبت پیشین خاک دارد (1). باناسیک و فام (2010) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل در یکی از حوزه‌های آبخیز لهستان با استفاده از روش شماره منحنی و مدل ناش پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییر کاربری اراضی از حالت پوشش طبیعی قبل از شروع هر گونه توسعه

شهری به شرایط توسعه شهری موجود در سال ۲۰۰۹ باعث افزایش حدود ۸ برابری دبی پیک شده است (2). کیم و همکاران (2013) به بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم به‌صورت مجزا و توأم بر روی جریان رودخانه در حوزه آبخیز هویا[1] کره‌جنوبی بر اساس سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ مسیر غلظت انتشار (RCP)[2] از پنجمین گزارش ارزیابی هیات بین‌الدول تغییر اقلیم پرداختند. برای این منظور سه سناریو (فقط تغییر اقلیم، فقط تغییر کاربری اراضی و تغییر توأمان کاربری اراضی و اقلیم) تدوین و با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT اثرات سناریوها را بر روی رواناب رودخانه شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که اثرات فصلی سناریوها بر روی رواناب متمایزتر می‌باشد. به‌طوری‌که در سناریوی اول رواناب در فصول بهار و زمستان افزایش و در فصل تابستان و پاییز کاهش داشته است. در حالی‌که در سناریوی دوم جریان حداکثر در فصول مرطوب افزایش و جریان حداقل در فصول خشک کاهش داشته است. نتایج سناریوی سوم مشابه نتایج سناریوی اول بوده اما تغییرات فصلی رواناب با شدت بیش‌تری می‌باشد. بنابراین اثرات تغییر کاربری اراضی بر روی رواناب کم‌تر از اثرات تغییر اقلیم بوده است. هر چند که این موضوع از اهمیت تغییر کاربری اراضی نمی‌کاهد (11). نیدا و همکاران (2014) به بررسی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبخیز به تغییرات کاربری اراضی در مناطق نیمه‌خشک مدیترانه پرداختند. برای این منظور از مدل هیدرولوژیکی SSFR[3] استفاده نمودند. نتایج نشان داد که تخریب هم‌زمان ۱۸ درصد از اراضی جنگلی حوزه آبخیر منجر به کاهش ۱۳ درصدی رواناب گردیده است (17). ساجیکومار و رمیا (2015) به بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر روی پارامترهای رواناب دو حوزه آبخیز کرلا هند با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT پرداختند. نتایج نشان داد که اراضی جنگی به‌میزان ۳۲ درصد کاهش داشته است که این موضوع منجر به افزایش ۱۵ درصدی دبی پیک حوزه آبخیز گردیده است (23).

ثقفیان و همکاران (2006) به بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر دبی پیک و حجم سیلاب حوزه سد گلستان با استفاده از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که به‌علت تخریب جنگل‌ها و مراتع حوزه، دبی پیک در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰۰۰ ساله به‌ترتیب ۳۱/۷ و ۱۷/۸ درصد افزایش داشته است (22). خلیقی و همکاران (2006) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی با استفاده از مدل NRCS در بازه ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۶ پرداختند. نتایج نشان داد که سیلاب در دوره جدید در بعضی از زیرحوزه‌ها تا ۷۰ درصد نسبت به قدیم افزایش یافته، ولی این افزایش دبی پیک در دوره بازگشت بالاتر، کم‌تر است (10). سعادتی و همکاران (2006) اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب سطحی حوزه کسیلیان را با استفاده از مدل SWAT شبیه‌سازی نمودند. بدین منظور شش سناریو برای دو گرایش مثبت و منفی کاربری اراضی تدوین نمودند. نتایج نشان داد که تبدیل اراضی جنگلی به دیم‌زار باعث افزایش قابل‌توجه میزان رواناب سالانه و ماهانه می‌گردد (21). غفاری و همکاران (2009) اثرات هیدرولوژیکی تغییر کاربری اراضی حوزه زنجان رود را در طی دوره ۱۹۶۷ تا ۲۰۰۷ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییر کاربری اراضی در طی دوره مورد نظر باعث افزایش ۳۳ درصدی رواناب سطحی و کاهش ۲۲ درصدی سطح آب زیرزمینی شده است (9). سلمانی و همکاران (2012) به ارزیابی تغییر کاربری و تأثیر آن روی رژیم هیدرولوژیکی حوزه

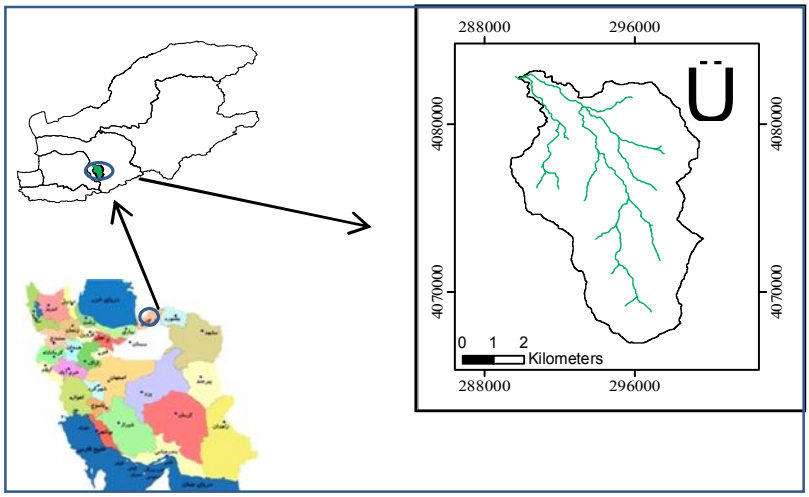
1- Hoeya
2- Representative concentration pathway
3- The Saturated Subsurface Flow Routing

آبخیز قزاقلی استان گلستان با استفاده از مدل نیمه‌توزیعی- فیزیکی SWAT پرداختند. نتایج نشان داد که بهبود کاربری حوزه باعث کاهش مقادیر رواناب از طریق افزایش نفوذپذیری، آب‌گذری به آبخوان‌های سطحی و عمیق و افزایش تبخیر و تعرق می‌شود. از طرفی با تخریب منطقه در جهت قهقرا مقدار رواناب افزایش یافته و مقادیر نفوذپذیری، آبگذری به آبخوان‌های سطحی و عمیق و تبخیر و تعرق واقعی کاهش چشمگیری پیدا می‌نماید (24).

بنابراین با توجه به اهمیت و نقش تغییرات کاربری اراضی و با توجه به این‌که هیدروگراف سیل پاسخ هیدرولوژیکی آبخیر به تغییرات کاربری اراضی می‌باشد، در این مطالعه به بررسی و ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل حوزه آبخیز جعفرآباد در استان گلستان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی توزیعی GFHM (13) پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز جعفرآباد از زیرحوزه‌های گرگانرود با مساحتی در حدود ۱۱۰ کیلومترمربع و رودخانه‌ای به طول ۲۱ کیلومتر، در ۲۵ کیلومتری جنوب‌شرق گرگان و در محدوده جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی در استان گلستان واقع شده است. میانگین دمای سالانه آن ۱۵/۴۵ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارش ۵۶۶ میلی‌متر و ارتفاع متوسط حوزه ۱۳۰۰ متر است. بخش قابل‌توجهی از این حوزه آبخیز را مناطق کوهستانی پوشیده از جنگل با شیب زیاد تشکیل داده و خاک منطقه مربوط به گروه‌های هیدرولوژیک B و C بوده و زمین‌شناسی بیش‌تر مربوط به سازندهای خوش‌ییلاق، جیرود و لس است. رودخانه اصلی آن پس از تجمع انشعابات فرعی از روستای تقی‌آباد گذشته و با پیوستن به گرگانرود به دریای خزر می‌ریزد (13). در این پژوهش از آمار دبی ساعتی ایستگاه هیدرومتری تقی‌آباد در خروجی آبخیز و آمار بارش ۱۵ دقیقه‌ای ایستگاه بارانسنجی فاضل‌آباد در نزدیکی مرکز ثقل حوزه آبخیز استفاده شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Geographic location of study area.

مدل GFHM: مدل GFHM (GIS-based Flood Hydrograph Modelling) جهت شبیه‌سازی هیدروگراف سیل حوزه جعفرآباد با استفاده از زبان مدل‌سازی محیط زیستی PCRaster توسعه داده شده است (21). مدل GFHM یک مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی و زمانی می‌باشد. نقشه‌های رقومی ارتفاع، کاربری اراضی، تیپ خاک و همچنین داده‌های هیتوگراف بارش حوزه آبخیز، داده‌های اصلی مورد نیاز مدل می‌باشند. این مدل قابلیت شبیه‌سازی هیدروگراف‌های سیلاب با گام‌های زمانی در حد ثانیه و دقیقه را داشته و با توجه به هدف محقق و گام زمانی داده‌های ثبت‌شده بارش قابل تنظیم می‌باشد. این مدل جهت محاسبه بارش مازاد از روش شماره منحنی سازمان حفاظت منابع ملی آمریکا و برای روندیابی از روش موج سینماتیکی استفاده می‌نماید. اطلاعات بیش‌تر پیرامون فرایند ارزیابی و آنالیز حساسیت مدل GFHM و سامانه شبیه‌سازی PCRaster توسط محمدی و همکاران (2012) ارائه شده است (13).

داده‌های سیلاب و بارش متناظر: جهت تهیه آمار سیلاب و بارش متناظر، برگه‌های ثبت سیلاب (ایستگاه هیدرومتری تقی‌آباد) و ثبت بارش (ایستگاه باران‌سنجی فاضل‌آباد) در دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۹۰) از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان تهیه شد. پس از آنالیز داده‌ها تعداد ۱۸ واقعه نسبتاً مناسب انتخاب گردید. با توجه به تراکم زهکشی بالا، شیب زیاد و مساحت کم آبخیز و در نتیجه واکنش سریع نسبت به بارش‌های ورودی و تخلیه رواناب و نیز سادگی روش، مقادیر دبی پایه این رخدادها به روش جداسازی مستقیم از هیدروگراف‌های انتخابی تفکیک گردید (14). رویدادهای مذکور به دو دسته نه‌تایی به‌نحوی تقسیم گردیدند که در هر گروه پراکنش مناسبی از لحاظ تاریخ رخداد، حجم سیل، دبی اوج و زمان تا اوج وجود داشته باشد. از دسته اول جهت اجرا و واسنجی مدل استفاده گردید و از دسته دوم جهت اعتبارسنجی مدل هیدرولوژیکی تهیه شده استفاده گردید.

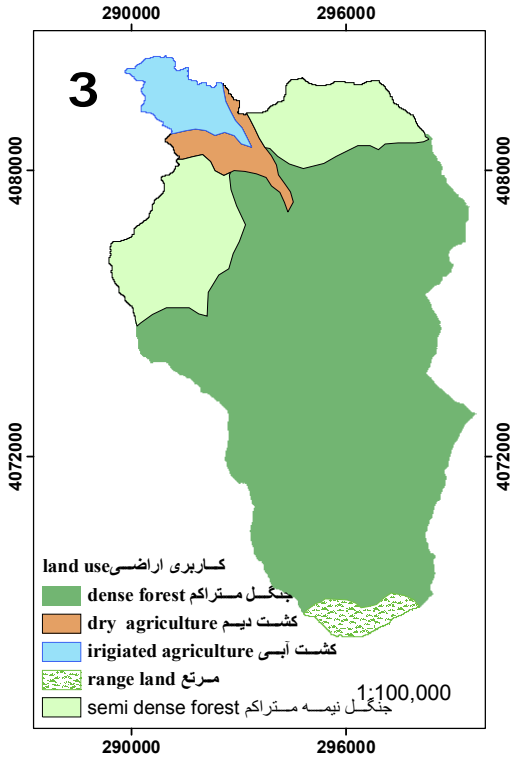
جدول ۱- مساحت کاربری‌های موجود در منطقه مورد مطالعه.

Table 1. Area of each land use type in the study area for present condition.

کاربری اراضی Land use	مساحت (هکتار) Area (ha)	مساحت (درصد) Area (%)
اراضی مرتعی Rangeland	210.92	2.03
جنگل نیمه‌متراکم Semi-dense forest	1864.08	17.92
جنگل متراکم Dense forest	7614.7	73.2
زراعت دیم Dry farming	318.49	3.06
زراعت آبی Irrigation farming	393.77	3.79
کل Total	10401.96	100

پوشش گیاهی و کاربری اراضی: برای تهیه نقشه کاربری اراضی، نقشه کاربری موجود از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان تهیه گردید. درصد قابل‌توجهی از آبخیز را پوشش جنگلی تشکیل می‌دهد و نیز در پایین‌دست حوزه آبخیز بخش‌هایی به‌صورت زراعت آبی و دیم در حال بهره‌برداری است. همچنین در بخش کوچکی در منتهی‌الیه ارتفاعات جنوب حوزه آبخیز دارای پوشش مرتعی مشجر است. در رویشگاه‌های درختی تیپ‌های ممرزستان، تیپ انجیلی- ممرزستان، تیپ ممرز- افراستان دیده می‌شود. شکل ۲ نقشه و جدول ۱ مساحت کاربری‌های موجود در حوزه را نشان می‌دهد.

تدوین سناریوهای مدیریتی ممکن: جنگل متراکم، جنگل نیمه‌متراکم و کشت دیم از مهم‌ترین کاربری‌های حوزه مورد مطالعه می‌باشند. روند تخریب و تغییر کاربری اراضی در حوزه مورد مطالعه به این صورت می‌باشد که ابتدا اراضی جنگلی متراکم در اثر تخریب تبدیل به جنگل نیمه‌متراکم تبدیل می‌گردد و سپس بر اثر دخالت انسانی، اراضی جنگل نیمه‌متراکم توسط انسان تبدیل به اراضی دیم می‌گردد. بنابراین با توجه به موارد فوق چهار سناریوی مدیریتی در جهت گرایش مثبت و منفی تدوین گردید. سپس با استفاده از مدل هیدرولوژیکی توزیعی برنامه تهیه شده، اثرات تخریب و احیای کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول ۲، سناریوهای تدوین شده و شکل ۳ نقشه کاربری اراضی برای سناریوهای مختلف مدیریتی را نشان می‌دهد. برای این منظور سه واقعه رگبار با دبی‌های متفاوت (کم، متوسط، زیاد) جهت اجرا انتخاب گردید. جدول ۳ مشخصات وقایع انتخابی را نشان می‌دهد.



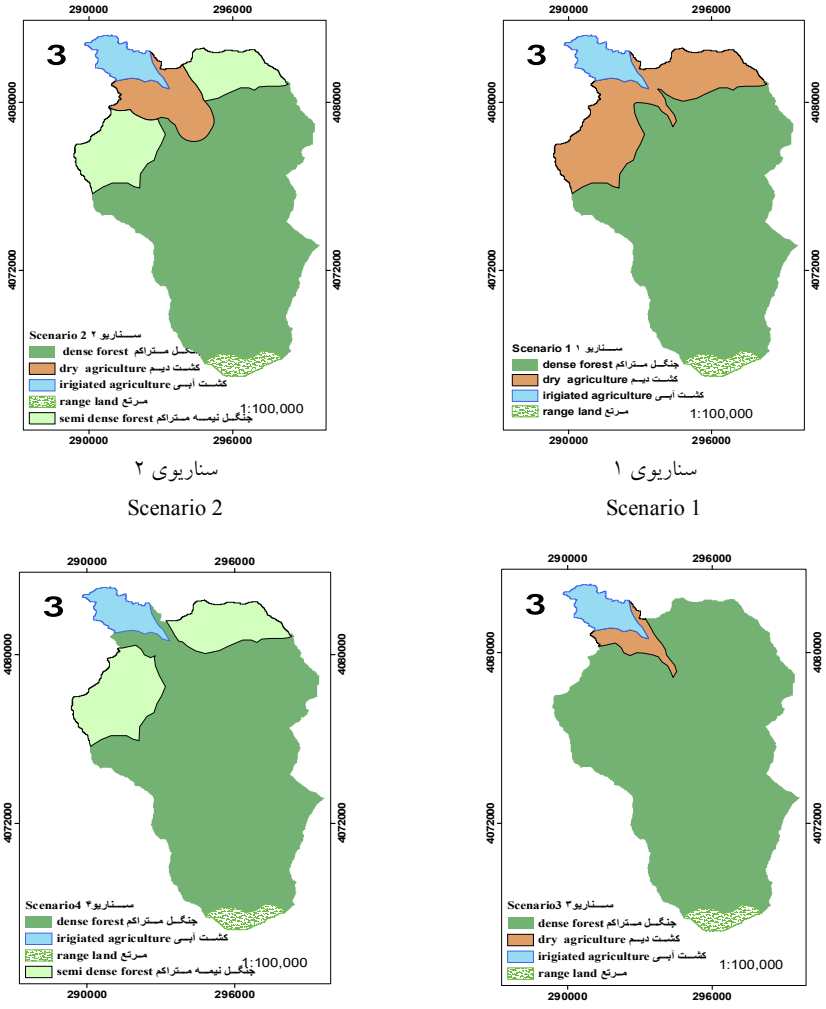
شکل ۲- نقشه کاربری‌های اراضی حوزه مورد مطالعه.

Figure 2. Land use map of the study area at present condition.

جدول ۲- سناریوهای مدیریتی تدوین‌شده.

Table 2. Developed scenarios for the JafarAbad watershed.

سناریو Scenario	گزینه مدیریتی Management option
سناریو ۱ Scenario1	تبدیل اراضی جنگلی نیمه‌متراکم به اراضی دیم Conversion of semi-dense forest to dry farming lands
سناریو ۲ Scenario2	پیش روی ۵۰۰ متری اراضی زراعی به داخل اراضی جنگلی Expansion of farmland into forest up to 500
سناریو ۳ Scenario3	احیای اراضی جنگلی نیمه‌متراکم Restoration of semi-dense forest
سناریو ۴ Scenario4	جنگل‌کاری اراضی دیم Afforestation in dry farming lands



سناریوی ۱

Scenario 1

سناریوی ۲

Scenario 2

سناریوی ۳

Scenario 3

سناریوی ۴

Scenario 4

شکل ۳- نقشه کاربری اراضی برای سناریوهای مختلف مدیریتی.

Figure 3. Land use map of different management scenario.

همان‌طور که اشاره گردید در این مطالعه جهت بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر روی سیستم هیدرولوژیکی حوزه آبخیز از مدل GFHM استفاده گردید. این مدل از روش شماره منحنی جهت محاسبه رواناب مستقیم استفاده می‌نماید. بنابراین این مدل با توجه به تغییرات توزیعی مکانی شماره منحنی در هر سناریو، واکنش هیدرولوژیکی را بررسی می‌نماید. جدول ۴ مقادیر میانگین وزنی شماره منحنی هر سناریو را نشان می‌دهد. نظر به این‌که مساحت تحت اجرای سناریوهای مختلف نسبت به کل مساحت حوزه آبخیز جعفرآباد کم می‌باشد میزان تغییرات میانگین وزنی شماره منحنی حوزه آبخیز قابل‌ملاحظه نیست. بنابراین انتظار نمی‌رود که تغییرات عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز در اثر اجرای سناریوهای مدیریتی پوشش گیاهی بسیار چشم‌گیر باشد.

جدول ۳- مشخصات وقایع انتخابی جهت ارزیابی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل.

Table 3. Selected events to evaluate the effect of land use change on flood hydrograph.

تاریخ رگبار	دبی پیک (مترمکعب بر ثانیه)	حجم سیل (هزار مترمکعب)	بارش کل (میلی‌متر)
Event date	Peak discharge (m^3s^{-1})	Flood volume (1000 m^3)	Total rainfall (mm)
23, 24/10/1997	16.42	487.87	12.4
6, 7, 8/5/1994	61.66	3094.78	24
20, 21/05/2005	96.54	2359.44	17.6

جدول ٤- مقادیر میانگین وزنی شماره منحنی حوزه آبخیز برای هر سناریوی مدیریتی.

Table 4. The watershed's weighted values of curve number for each management scenarios.

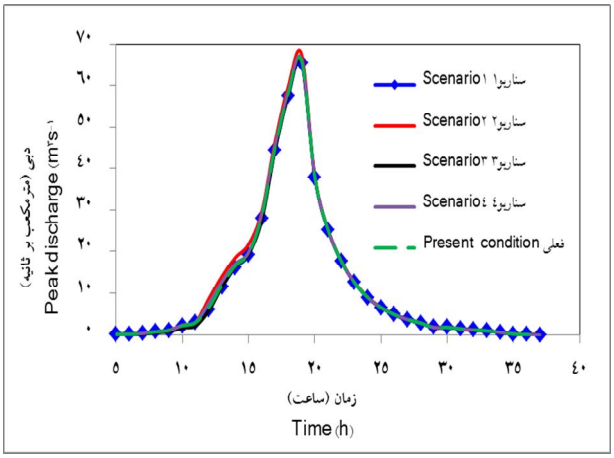
وضع موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
Present condition	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
70.41	72.56	71.17	69.74	69.79

نتایج و بحث

نتایج اثر تغییرات کاربری اراضی بر هیدروگراف

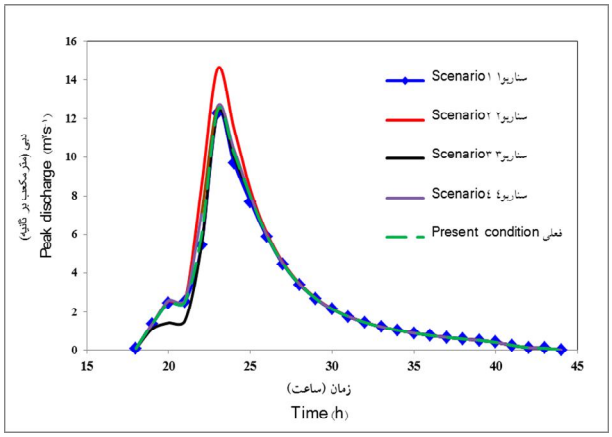
سیل: ابتدا واسنجی و اعتبارسنجی مدل با ۱۸ واقعه سیلاب و بارش متناظر در ایستگاه هیدرومتری تقی‌آباد و ایستگاه باران‌سنجی فاضل‌آباد) در دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۹۰) انجام شد (13). نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل با ضریب ناش- سلتکلیف بیش از ۰/۷ نشان داد که مدل GFHM از توانایی خوبی برای شبیه‌سازی وقایع بارش- رواناب در حوزه آبخیز جعفرآباد برخوردار است. همان‌طور که در بخش موارد روش‌ها بیان گردید، جهت بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر روی هیدروگراف سیل، چهار سناریو مدیریتی مبتنی بر پوشش گیاهی تدوین گردید. همچنین سه واقعه رگبار که منجر به هیدروگراف‌های جریان متفاوت (کم، متوسط، زیاد) شده بودند جهت اجرای مدل و ارزیابی سناریوهای مدیریتی انتخاب گردید. شکل‌های ۴ تا ۶ اثر سناریوهای مدیریتی را بر هیدروگراف سیل‌ها نشان می‌دهد. جدول‌های ۵ و ۶ نیز مقادیر دبی اوج و حجم سیل سناریوها را در رخدادهای متفاوت نشان می‌دهد. در شکل‌های ۷ و ۸ درصد تغییرات متغیرهای مورد نظر نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که تبدیل اراضی زراعی

دیم به جنگل (سناریو ۴) که کاربری غالب منطقه مورد مطالعه می‌باشد، باعث کاهش ۰/۸ درصدی دبی اوج سیل و ۴/۴۴ درصدی حجم سیل برای رخدادهای کوچک می‌شود. در حالی‌که مقادیر این تغییرات برای رخدادهای بزرگ به‌ترتیب ۰/۴۳ و ۱/۸ درصد می‌باشد. دلیل تأثیر کم اجرای این سناریو بر هیدروگراف جریان به‌ویژه دبی اوج جریان، اولاً کم بودن مساحت اراضی زراعی دیم و ثانیاً موقعیت مکانی این اراضی در حوزه آبخیز می‌باشد که نزدیک خروجی آبخیز و در اراضی با شیب‌های نسبتاً کم واقع می‌باشد. برعکس تبدیل ۳/۹ درصد از اراضی جنگلی به اراضی دیم (سناریو ۲) در نتیجه گسترش ۵۰۰ متری اراضی زراعی به‌سمت اراضی جنگلی باعث افزایش ۱/۵۲ و ۰/۶ درصدی دبی اوج سیل و ۲/۶ و ۱/۶ درصدی حجم سیل به‌ترتیب برای رخدادهای کوچک و بزرگ می‌شود. اگرچه میزان مساحت تغییر کاربری در این سناریو از نظر عددی بسیار نزدیک به سناریو ۴ می باشد اما درصد تأثیرگذاری آن بر متغیرهای سیل به‌ویژه برای رخدادهای کوچک نسبتاً بیش‌تر می‌باشد که این امر را می‌توان به اختلاف شیب منطقه اجرای دو سناریو مرتبط دانست. به‌طوری‌که سناریو ۴ بر روی اراضی با شیب کم‌تر و سناریو ۲ در شیب‌های نسبتاً بیش‌تر اجرا می‌شود. تاکنون در بیش‌تر قسمت‌های دامنه‌های شمالی البرز، متأسفانه اراضی زراعی تا پای دامنه‌های کوه‌ها و تا حدی که شیب به‌راحتی اجازه کشت و زرع را می‌داده است پیشروی کرده است و اکنون این پیشروی‌ها بر روی اراضی با شیب‌های بیش‌تر صورت می‌گیرد که سناریو ۲ نیز طوری تدوین شده است که بیانگر این واقعیت تلخ می‌باشد. همچنین تبدیل ۱۷/۸ درصد از اراضی جنگلی نیمه‌متراکم به اراضی زراعی دیم (سناریو ۱) باعث افزایش ۱۷/۰۱ و ۴/۱۳ درصدی دبی اوج و افزایش ۹/۵۵ و ۴/۸۳ درصدی حجم سیل به‌ترتیب برای رخدادهای کوچک و بزرگ می‌شود. در حالی‌که احیای این اراضی به جنگل‌های متراکم (سناریو ۳) باعث کاهش به‌ترتیب ۱/۳۶ و ۲/۳۲ درصدی در دبی اوج و حجم سیل برای رخدادهای کوچک و باعث کاهش به‌ترتیب ۱/۴۸ و ۱/۵۲ درصدی دبی اوج و حجم سیل برای رخدادهای بزرگ می‌گردد. همان‌طور که این آمار و ارقام نشان می‌دهد اجرای هر کدام از این سناریو تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را در عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز جعفرآباد باعث نمی‌شود که مهم‌ترین علت آن‌ها مساحت کم مناطق اجرای سناریوها و موقعیت مکانی محل اجرای سناریوها در حوزه آبخیز می‌باشد که اکثراً در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز می‌باشند. دلیل دوم را به‌راحتی می‌توان از روی زمان تا اوج هیدروگراف‌های مربوط به سناریوهای مختلف نیز متوجه شد. همان‌طور که در شکل‌های ۴ تا ۶ مشاهده می‌شود زمان تا اوج هیدروگراف‌ها برای سناریوهای مختلف تقریباً یکسان است. همچنین این نتایج نشان می‌دهند که هر چه اندازه رخداد کوچک‌تر باشد میزان تأثیر سناریوها بیش‌تر خواهد بود (شکل‌های ۷ و ۸). با توجه به این‌که محل اجرای سناریوهای مدیریتی در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز می‌باشد اختلاف هیدروگراف‌ها در شاخه صعودی هیدروگراف‌ها بیش‌تر از شاخه نزولی هیدروگراف‌ها می‌باشد به‌طوری‌که در رخدادهای بزرگ‌تر اختلاف سناریوها در شاخه نزولی قابل تشخیص نمی‌باشد.



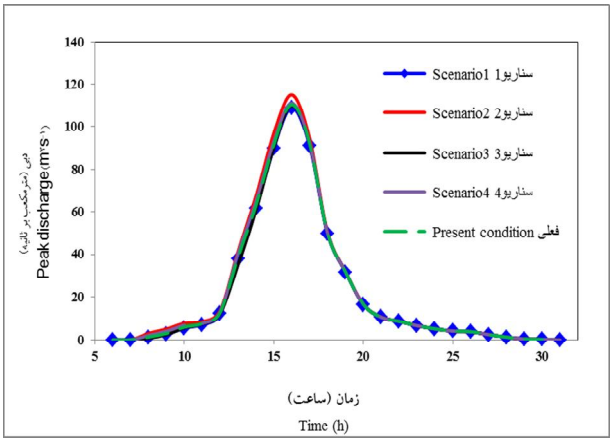
شکل ٤- اثر سناریوها بر هیدروگراف سیل واقعه ١٦ و ١٧ و ١٣٧٣/٢/١٨.

Figure 4. Effect of management scenarios on flood hydrograph of event on 6, 7, 8/5/1994.



شکل ٥- اثر سناریوها بر هیدروگراف سیل واقعه ١ و ١٣٧٦/٨/٢.

Figure 5. Effect of management scenarios on flood hydrograph of event on23, 24/10/1997.



شکل ٦- اثر سناریوها بر هیدروگراف سیل واقعه ٣٠ و ١٣٨٤/٢/٣١.

Figure 6. Effect of management scenarios on flood hydrograph of event on 20, 21/05/2005.

جدول ۵- مقادیر حجم سیل (هزار مترمکعب) شبیه‌سازی شده برای سناریوهای مدیریتی در رخدادهای متفاوت.

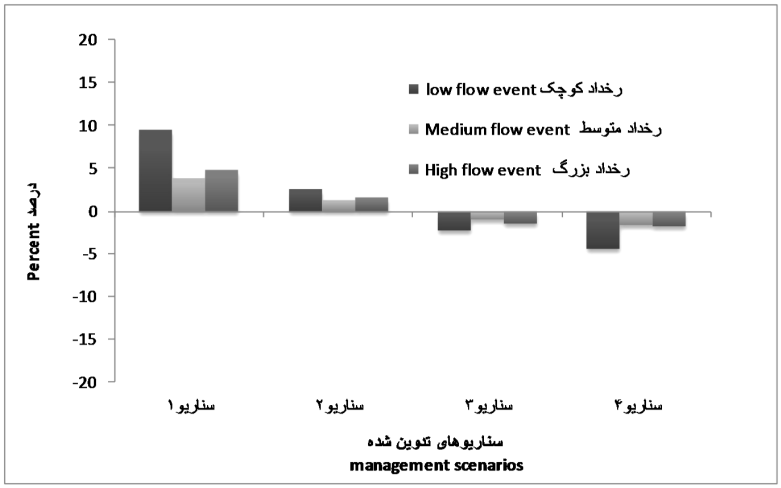
Table 5. Simulated flood volume (10^3 m^3) for different events and management scenarios.

وضع موجود Present condition	سناریو ۴ Scenario 4	سناریو ۳ Scenario 3	سناریو ۲ Scenario 2	سناریو ۱ Scenario 1	
12.46	12.36	12.29	12.65	14.58	رخداد کوچک Low flow event
91.65	65.65	65.29	66.15	67.45	رخداد متوسط Medium flow event
110.35	109.88	108.72	111.01	114.91	رخداد بزرگ High flow event

جدول ٦- مقدیر دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه) شبیه‌سازی شده برای سناریوهای مدیریتی در رخدادهای متفاوت.

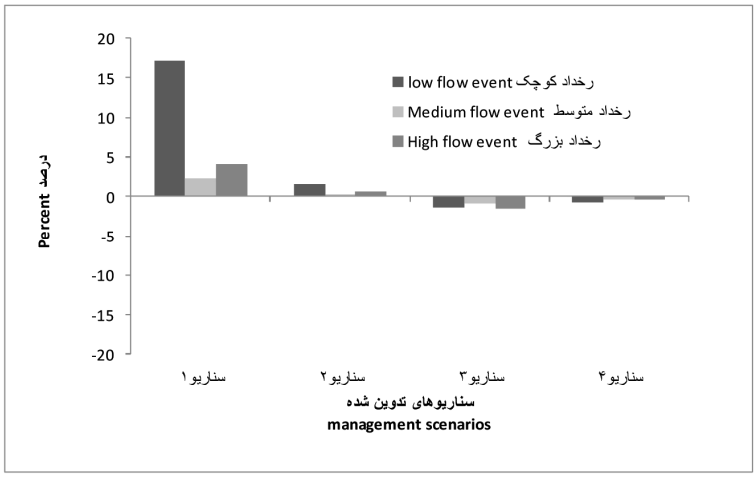
Table 6. Simulated peak discharge (m^3/sec) for different events and management scenarios.

وضع موجود Present condition	سناریو ۴ Scenario 4	سناریو ۳ Scenario 3	سناریو ۲ Scenario 2	سناریو ۱ Scenario 1	
511.18	488.47	499.31	524.48	559.99	رخداد کوچک Low flow event
2807.38	2763.04	2778.95	2842.71	2916.24	رخداد متوسط Medium flow event
4096.06	4022.13	4033.85	4162.36	4293.90	رخداد بزرگ High flow event



شکل ۷- اثر سناریوهای مدیریتی بر حجم سیل.

Figure 7. The effects of management scenarios on flood volume.



شکل ۸- اثر سناریوهای مدیریتی بر دبی اوج سیل.

Figure 8. The effects of management scenarios on peak discharge.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثرات تغییر کاربری اراضی بر روی هیدروگراف سیل حوزه آبخیز جعفرآباد استان گلستان ارزیابی شد. برای این منظور چهار سناریو مدیریتی مبتنی بر پوشش گیاهی تدوین و از سه واقعه رگبار با دبی‌های تولیدی متفاوت (کم، متوسط، زیاد) جهت ارزیابی نتایج اجرای سناریوها استفاده شد.

سه واقعه رگبار با دبی‌های متفاوت (کم، متوسط، زیاد) جهت بررسی شدت و بزرگی رگبارها بر روی سیستم هیدرولوژیکی حوزه در سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی استفاده گردید. نتایج نشان داد که تغییر کاربری اراضی در رگبارهایی با دبی‌های کم، اثرات بیش‌تری بر روی دبی اوج و حجم سیل می‌گذارد. خلیقی و همکاران (2006) نیز بیان داشتند که افزایش دبی در اثر تبدیل مراتع به دیم‌زارها در بارندگی‌های با شدت و مقدار کم‌تر، بیش‌تر از بارندگی‌های شدید و با مقدار بیش‌تر است، زیرا پس از اشباع سطح پوشش گیاهی و پرشدن چاله‌های سطحی (نگه‌داشت اولیه)، مازاد بارندگی به رواناب تبدیل می‌شود و در بارندگی‌های کم‌تر نسبت نگه داشت اولیه به کل بارندگی بیش‌تر از بارندگی‌های زیاد است (10). همچنین ثقفیان و همکاران (2006) نشان دادند که اثر تغییر کاربری اراضی با افزایش دوره بازگشت سیل کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که در اثر تغییرات کاربری اراضی مقدار دبی سیلاب در دوره بازگشت ۵ ساله، ۳۱/۷ درصد ولی در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله تنها ۲۱/۶ درصد افزایش نشان می‌دهد (22). بنابراین همان‌طور که نیهوف و همکاران (2002) نیز گزارش دادند، پوشش گیاهی در کاهش نسبی سیلاب‌های مهیب با دوره بازگشت بالا تأثیر کم‌تری دارد (18). در بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر دبی اوج و حجم سیل نیز مشاهده گردید که حجم سیل نسبت به تغییر کاربری اراضی حساس‌تر است که با نتایج ثقفیان و همکاران (2006) مغایرت دارد. این مغایرت در نتایج را شاید بتوان به اختلاف در اندازه مساحت آبخیز در این دو مطالعه و همچنین نوع و تنوع کاربری اراضی در این دو آبخیز نسبت داد. اندازه مساحت حوزه آبخیز جعفرآباد بیش از ۱۰ برابر کوچک‌تر از حوزه آبخیز سد گلستان است و اغلب مساحت آن پوشیده از جنگل است.

همچنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی هیدرولوژیک سناریوها نشان داد که تبدیل اراضی جنگلی به زمین‌های زراعی دیم باعث افزایش قابل ملاحظه دبی پیک و حجم سیل می‌گردد، بنابراین برای مدیریت و

کاهش سیلاب در منطقه از طریق روش غیرسازه‌ای مدیریت اراضی می‌توان دبی اوج و حجم سیل را کاهش داد و همچنین برای جلوگیری از افزایش سیل‌خیزی در منطقه از گسترش بیش‌تر اراضی زراعی به‌سمت اراضی جنگلی جلوگیری نمود. بنابراین مدیریت پوشش گیاهی حوزه آبخیز در قالب احیاء جنگل‌های نیمه‌متراکم و تغییر کاربری اراضی زراعی دیم شیب‌دار به آگروفارستری (به‌ویژه از نوع باغات مثمر همچون زیتون که در بیش‌تر مناطق مشابه در استان گلستان به اجرا در آمده است) می‌تواند میزان دبی اوج و حجم سیلاب را به‌طور مؤثری کاهش دهد.

منابع

1.Bahremand, A. 2006. Simulation the effect of reforestation on floods using spatially distributed hydrology modeling and GIS. Ph.D. Thesis. Vrije Universiteit Brussel, Belgium. 150p.

2.Banasik, K., and Pham, N. 2010. Modelling of the effects of land use changes on flood hydrograph in a small catchment of the Płaskowicka. Southern part of Warsaw, Poland. Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Land Reclam. 42: 2. 229-240.

3.Baron, J.S., Hartman, M.D., Kittel, T.G.F., Band, L.E., Ojima, D.S., and Lammers, R.B. 1998. Effects of land cover, water redistribution and temperature on ecosystem processes in the South Platte Basin. Ecol Appl. 84: 37-51.

4.Behnam, P., Samadi, H., Shayannejad, M., and Ebrahimi, A. 2013. Evaluation of Impacts of Land Use Changes on Zayandehroud River Flood Hydrograph in Isfahan Region. J. Water Wastewater. 24: 4. 103-111. (In Persian)

5.Beven, K. 2001. Rainfall-Runoff Modelling. The Primer. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

6.Beven, K., and Binley, A. 1992. The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction. Hydrol Proc. 6: 279-298.

7.Bultot, F., Dupriez, G.L., and Gellens, D. 1990. Simulation of land use changes and impacts on the water balance - a case study for Belgium. J. Hydrol. 114: 327-348.

8.Ewen, J., and Parkin, G. 1996. Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. J. Hydrol. 175: 583-594.

9.Ghaffari, G., Ghodousi, J., and Ahmadi, H. 2009. Investigating the hydrological effects of land use change in catchment (Case study: Zanjanrood Basin). J. Water Soil Cons. 16: 1. 163-180. (In Persian)

10.Khalighi, Sh., Mahdavi, M., and Saghafian, B. 2006. Landuse change effects on potential flooding, using NRCS model (case study: barandoozchay basin). Iran. J. Natur. Res. 58: 4. 733-742. (In Persian)

11.Kim, J., Choi, J., Choi, C., and Park, S. 2013. Impacts of changes in climate and land use/land cover under IPCC RCP scenarios on streamflow in the Hoeya River Basin, Korea. Science of the Total Environment. 452: 354-366.

12.Liu, Y.B., and De Smedt, F. 2004. WetSpa Extension, Documentation and User Manual, Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel, Brussels. 126p.

13.Mohammadi, M., Sheikh, V., and Saddodin, A. 2012. Development and Application of GFHM Distribute Hydrologic Model for Flood Hydrograph Simulation (Case study: Jafarabad Watershed, Golestan Province). J. Water Engin. 5: 15. 13-30. (In Persian)

14.Mostafazadeh, R., Bahremand, A., and Sadoddin, A. 2009. Simulating the direct runoff hydrograph using Clark instantaneous unit hydrograph (Case study: Jafar-Abad Watershed, Golestan Province). J. Water Soil Cons. 16: 3. 105-122. (In Persian)

15.Munoz-Villers, L.E., and McDonnell, J.J. 2013. Land use change effects on runoff generation in a humid tropical montane cloud forest region. Hydrol. Earth Syst. Sci. 17: 3543-3560.
16.Neuane, P.P., and Kumar, S. 2015. Estimating the effects of potential climate and land use changes on hydrologic processes of a large agriculture dominated watershed. J. Hydrol. 529: 418-429.
17.Niedda, M., Pirastru, M., Castelloni, M., and Giadrossich, F. 2014. Simulating the hydrological response of a closed catchment-lake system to recent climate and land-use changes in semi-arid Mediterranean environment. J. Hydrol. 517: 732-745.
18.Niehoff, D., Fritsch, U., and Bronstert, A. 2002. Land-use impacts on storm-runoff generation: scenarios of land-use change and simulation of hydrological response in a meso-scale catchment in SW-Germany. J. Hydrol. 267: 80-93.
19.Onstad, C.A., and Jamieson, D.G. 1970. Modeling the effect of land use modifications on runoff. Water Resources Research. 6: 1287-1295.
20.Peters-Lidard, C.D., Zion, M.S., and Wood, E.F. 1997. A soil–vegetation–atmosphere transfer scheme for modeling spatially variable water and energy balance processes. J. Geophys. Res. 102: 4303-4324.
21.Saadati, H., Golami, Sh., Sharifi, F., and Ayobzade, A. 2006. Investigation the effect of land use change on the surface runoff, (Case study: Kasilian). J. Natur. Resour. 59: 301-313. (In Persian)
22.Saghafian, B., Farazjoo, H., Sepehry, A., and Najafinejad, A. 2006. Effects of Land Use Change on Floods in Golestan Dam Drainage Basin. Iran-Water Resources Research. 2: 1. 18-28. (In Persian)
23.Sajikumar, N., and Remya, R.S. 2015. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. J. Environ. Manage. 161: 460-468.
24.Salmani, H., Mohseni Saravi, M., Rouhani, H., and Salajeghe, A. 2012. Evaluation of Land Use Change and its Impact on the Hydrological Process in the Ghazaghli Watershed, Golestan Province. J. Water. Manage. Res. 3: 6. 43-60. (In Persian)
25.Scheffler, R., Neill, C., Krusche, A.V., and Elsenbeer, H. 2011. Soil hydraulic response to land-use change associated with the recent soybean expansion at the Amazon agricultural frontier. Agric. Ecosyst. Environ. 144: 281-289.
26.Wigmosta, M.S., Vail, L.W., and Lettenmaier, D.P. 1994. A distributed hydrology vegetation model for complex terrain. Water Resour Res. 306: 1665-1679.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(5), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

Modeling the effects of land use changes on flood hydrograph (A case study: Ja'farabad watershed, Golestan province)

***M. Mohammadi[1], V.B. Sheikh[2] and A. Sadoddin[2]**

[1]Faculty of Member, Dept. of Reclamation of Arid and Desert Areas, Higher Educational Complex of Saravan, [2]Associate Prof., Dept. of Rangeland Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 09/05/2015; Accepted: 12/07/2015

Abstract

Background and Objectives: Land-use and land-cover are considered as determining factors in studies of watershed water resources, soil erosion and sediment yield. A plethora of computerized simulation of land-use change effects on the watershed processes specially flooding have been carried out in the last decades. Therefore, due to the significance of land-use change in the Ja'farabad watershed and its likely impacts on flood hydrograph, in this study, land-use change effects on flood hydrograph have been studied in Jafarabad watershed in Golestan province using GFHM (21) distributed model.

Materials and Methods: In this study, land-use change effects on flood hydrograph have been studied in the Ja'farabad watershed using GFHM (21) distributed model. GFHM (21) model is a saptio-temporallly distributed hydrological model. DEM, land-use and soil type maps, as well as precipitation data of the watershed are the main data required by this model. The surplus precipitation amount is calculated using the curve number method of Natural Resources Conservation Service (NRCS) is used and is routed through Kinematic-wave method. Regarding the watershed condition, four management scenarios were developed with different approaches taken towards destruction or reclamation of watershed.

Results: The results indicated that afforestation on dry farming lands (scenario 4) will reduce the peak discharge about 0.8 percent and flood volume down to 4.44 percent for small flood events. For large events this change is 0.43 and 1.8 percent respectively. 500 meter extension of dry farming land borders into forest (scenario 2) increases flood peak discharge about 1.52 and 0.6 percent for small and large events and the reduction for flood volume is about 2.6 and 1.6 respectively. Also conversion of semi-dense forest into agricultural lands (scenario1) can increase peak discharge about 17.01 and 4.13 percents and flood volume as much as 9.55 and 4.83 percents for small and large events respectively. The results also depicted that land-use change affects cloudbursts with low Debi and has more effects on peak Debi and flood volume.

Conclusion: The results revealed that flood peak discharge and volume can be reduced through non-structural land management actions. Hence, land-use reform plan of watersheds with a forest reclamation pattern and also changing agricultural land-use into agro-forestry lands especially olive orchards (the action implemented successfully in most of similar areas in the Golestan province) significantly increase the interception and initial loss of the watershed.

Keywords: Land-use change, GFHM, Flood hydrograph, Hydrological modeling

* Corresponding Author; Email: mohamadi613@gmail.com