Archive of SID

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷
ص ۷۹۰- ۷۷۵

# مقایسهٔ اثر تغییر کاربری اراضی و اقلیم بر رواناب یک حوضهٔ آبخیز کوچک کوهستانی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز گرین)

حمید نوری* – استادیارگروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ملایر
علیرضا ایلدرمی– دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ملایر
مهین نادری– دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ملایر
سهیلا آقابیگی امین– استادیارگروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه رازی
حسین زینی‌وند– استادیارگروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۳

## چکیده

**در این تحقیق به منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم بر رواناب یک حوضهٔ کوهستانی برف‌گیر در زاگرس مرکزی از مدل هیدرولوژی SWAT استفاده شد. کاربری اراضی حوضهٔ آبخیز گرین در سال ۱۹۸۶ از ادارهٔ منابع طبیعی همدان استخراج و در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ از تصاویر ماهوارهٔ لندست ۸ تهیه شد. نقشهٔ کاربری اراضی در سال ۲۰۴۲ با استفاده از مدل مارکوف و CA مارکوف پیش‌بینی شد. برای پیش‌بینی اقلیم آینده از مدل HadCM3 استفاده شد و خروجی‌های آن با مدل LARS-WG ریزمقیاس‌نمایی شد. با توجه به ضریب نش- ساتکلیف، ضریب تبیین، P-factor، و R-factor به‌دست‌آمده در مرحلهٔ واسنجی (به‌ترتیب برابر با ۰/۵۹، ۰/۶۰، ۰/۴۷، و ۰/۰۹) و مرحلهٔ اعتبارسنجی (به‌ترتیب برابر با ۰/۷۱، ۰/۷۲، ۰/۵۹، و ۰/۰۲)، این مدل دارای کارایی قابل قبولی است. نتایج نشان می‌دهد که این منطقه تا سال ۲۰۴۲ شاهد افزایش ۲/۲۸درصدی مساحت جنگل و کاهش ۲/۰۷درصدی مساحت مرتع، روند کاهشی میانگین بارش ماهانه و روند افزایشی میانگین دما خواهد بود. همچنین، کاهش میزان رواناب ناشی از تغییر کاربری اراضی (۶/۵درصد) نسبت به اثر تغییر اقلیم در این حوضهٔ کوهستانی (۱۰/۷درصد) کمتر است.**

***کلیدواژگان: تغییر اقلیم، حوضهٔ گرین، رواناب، کاربری اراضی، مدل SWAT.***

## مقدمه

روابط بارش– رواناب حوضهٔ آبخیز نتیجهٔ اثر متقابل بسیاری از فرایندها از قبیل اقلیم، کاربری اراضی، خصوصیات خاک، و پوشش گیاهی است. بنابراین، پاسخ هیدرولوژیکی حوضهٔ آبخیز را شاخص جامعی از شرایط فعلی آن و پیش‌بینی‌کنندهٔ اثرهای تغییر کاربری اراضی بر کمیت و کیفیت آب (هرناندز و همکاران، ۲۰۰۰) و نماد جامعی از شرایط و خصوصیات محیط طبیعی آن حوضهٔ آبخیز می‌دانند. یکی از مدل‌های مورد استفاده به منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم بر رواناب مدل SWAT[1] است. مدل SWAT یک شبیه‌ساز هیدرولوژیکی و یک مدل زمان پیوسته و نیمه‌توزیعی مکانی با پایهٔ فیزیکی است که جف آرنولد آن را در سال ۱۹۹۹ برای سرویس تحقیقات کشاورزی امریکا تهیه کرده است (آرنول و آلن، ۱۹۹۹). بررسی میزان و روند تغییر اقلیم و افزایش گرمایش جهانی و خشک‌سالی‌های ایجادشده در اثر آن

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۸۸۵۲۱۰۵۹
E-mail: hamidwatershed@yahoo.com
1. Soil and Water Assessment tools

www.SID.ir

Archive of SID



و همچنین تغییرات کاربری اراضی و عوامل به‌وجودآورندهٔ آن و تأثیر آن‌ها در فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه راه‌گشای پیش‌بینی وضعیت تغییرات در آینده و ارائهٔ برنامه‌های کاراتر در زمینهٔ توسعهٔ پایدار منابع آب حوضه است (باتروست و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات گوناگونی در راستای این تحقیق در نقاط مختلف جهان انجام شده است؛ از جمله لی و همکاران (۲۰۰۷) در حوضه‌ای واقع در غرب افریقا با استفاده از مدل SWAT نشان دادند که تغییر کاربری جنگل، مرتع، و بوته‌زار به اراضی کشاورزی و مناطق شهری باعث افزایش حجم رواناب سطحی، کاهش تغذیهٔ منابع آب زیرزمینی، و آب پایهٔ رودخانه‌ها می‌شود. استیل و همکاران (۲۰۰۸) نیز تأثیر تغییر اقلیم در هیدرولوژی جریان رودخانه را با استفاده از مدل گردش عمومی ECHAM5 و سناریوی انتشار A1B بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان دبی تحت تأثیر تغییر اقلیم کاهش خواهد داشت. بالوچ و همکاران (۲۰۰۸) اثرهای کاربری اراضی و تغییر اقلیم را در رژیم جریان آب رودخانهٔ نام در حوضهٔ آبخیز کویسگیز در ترکیه بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با گسترش شهرنشینی تغییری شدید در میزان، فرکانس، و مدت زمان جریان رواناب ایجاد شده است. ثانی‌خانی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل LARS-WG به بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر رواناب حوضهٔ آبخیز آجی‌چای در استان آذربایجان شرقی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در این منطقه بارش کاهش و دما افزایش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی اثرهای تغییر اقلیم بر رواناب حاکی از کاهش قابل توجه میزان رواناب حوضه بود (ثانی‌خانی، ۱۳۹۲: ۱۲۲۵). همچنین، ایزدی و همکاران (۱۳۹۲: ۱) کاربرد مدل SWAT را در شبیه‌سازی دبی رودخانهٔ شیرین‌دره بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل SWAT قادر به شبیه‌سازی مناسب رواناب است و می‌تواند زمان دبی پیک را به‌خوبی شناسایی کند.

به طور کلی، می‌توان مطالعات مختلف قبلی را در موضوع تغییرات به پنج دسته طبقه‌بندی کرد: مطالعات تغییرات کاربری اراضی؛ مطالعات تغییر اقلیم؛ اثر تغییرات کاربری بر رواناب؛ اثر تغییر اقلیم بر رواناب؛ و در نهایت اثر هم‌زمان تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر رواناب. با توجه با اهمیت هر دو عامل تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم بر رواناب سطحی، فرسایش و رسوب، و سیلاب‌های مناطق کوهستانی زاگرس، به دلیل کاهش بارش برف، کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی، تخریب مراتع و جنگل‌ها، و مدیریت نامناسب منابع آب و خاک، در این مطالعه از روش پنجم یا ترکیب اثر تغییرات این دو عامل استفاده شد. ساخت سد گرین در یک حوضهٔ کوچک کوهستانی در سرچشمهٔ حوضهٔ بزرگ گاماسیاب نگرانی مجریان، مدیران محیط زیست، و منابع طبیعی و آبخیزداری را در آگاهی از شرایط آیندهٔ نزدیک این حوضه افزایش می‌دهد و اهمیت این مطالعه را تقویت می‌کند. بنابراین، در مدیریت جامع آبخیزداری- که قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها، و تهدیدها چارچوب‌های نظری و عملی برنامه‌ریزی در منابع طبیعی، کشاورزی، و جغرافیای طبیعی و انسانی را نشان می‌دهند- کدام یک از موضوعات تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم چالش جدی‌تر و مهم‌تری برای برنامه‌ریزی است. آیا تغییر اقلیم و گرمایش جهانی با تأثیر در پارامترهای میانگین و مقادیر حدی جوی مانند سرمازدگی خارج از فصل، تگرگ، بارش‌های سنگین، و نیز تأثیر در پارامترهای رواناب، نفوذ، منابع آب سطحی و زیرزمینی موضوع مهم‌تری در مدیریت و برنامه‌ریزی منطقه‌ای است؟ یا تغییر کاربری‌های اراضی و عدم نظارت در آمایش سرزمین و مدیریت انسانی در حوضه‌های آبخیز چالش اصلی‌تری محسوب می‌شود؟ همان‌طور که محققان IPCC در گزارش‌های چندگانهٔ خود تأکید کرده‌اند، تغییر اقلیم شاید در برخی شرایط جغرافیایی نه‌تنها تهدید محسوب نمی‌شود، بلکه فرصتی مناسب و قابل تأمل در مدیریت اراضی کشاورزی و منابع طبیعی با هدف بهبود اقتصاد جنگل‌ها، مراتع، و کشاورزی است. در این مطالعه اثر تغییر کاربری اراضی (با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست و مدل مارکوف و CA مارکوف) و تغییر اقلیم (خروجی‌های دما و بارش در مدل HADCM3 با استفاده از مدل LARS-WG ریزمقیاس‌نمایی شدند) بر رواناب (با

www.SID.ir

Archive of SID



استفاده از مدل SWAT) در یک حوضهٔ کوهستانی کوچک در زاگرس مرکزی (حوضهٔ آبخیز گرین)، که در آن ساخت یک سد مخزنی در دست اجراست، بررسی شد.

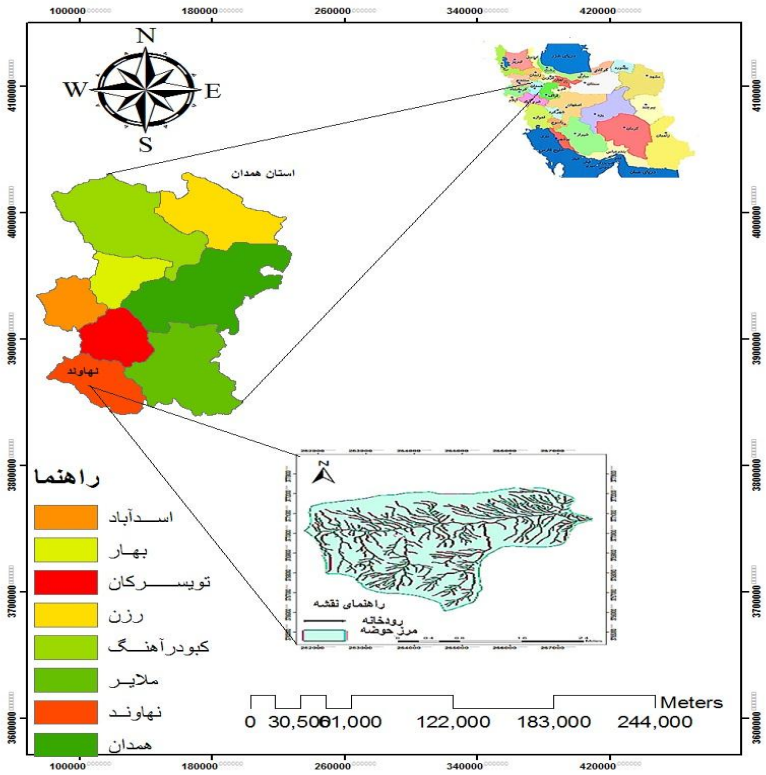
## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقهٔ مطالعاتی

حوضهٔ آبخیز سد گرین در استان همدان و در ارتفاعات مرکزی رشته‌کوه زاگرس واقع شده است. این محدوده زیرحوضه‌ای از حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سراب گاماسیاب تا محل سد مخزنی گرین است و مساحت آن تا محل این سد ۲۲ کیلومتر مربع است. حوضهٔ آبخیز گرین عمدتاً کوهستانی و برف‌گیر است و دامنهٔ تغییرات ارتفاعی آن از ۱۸۳۳/۹ تا ۳۴۲۹/۸۲ متر از سطح دریای آزاد است. ارتفاع متوسط در حوضهٔ آبخیز گرین حدود ۲۴۴۹ متر، شیب متوسط آن ۵۰/۷۱درصد، و طول آبراههٔ اصلی آن ۸/۴۲۵ کیلومتر است (شکل ۱).

### روش پژوهش

نخست داده‌های مورد نیاز در این تحقیق تهیه و کاربری اراضی و سپس اقلیم در سال ۲۰۴۲ در این حوضهٔ کوهستانی پیش‌بینی شد و با مدل SWAT میزان رواناب در آینده و در هر یک از دو حالت (تغییر کاربری و تغییر اقلیم) به صورت جداگانه و به صورت توأم شبیه‌سازی شد.




**شکل ۱. موقعیت حوضهٔ آبخیز گرین در استان همدان و در ایران**

www.SID.ir

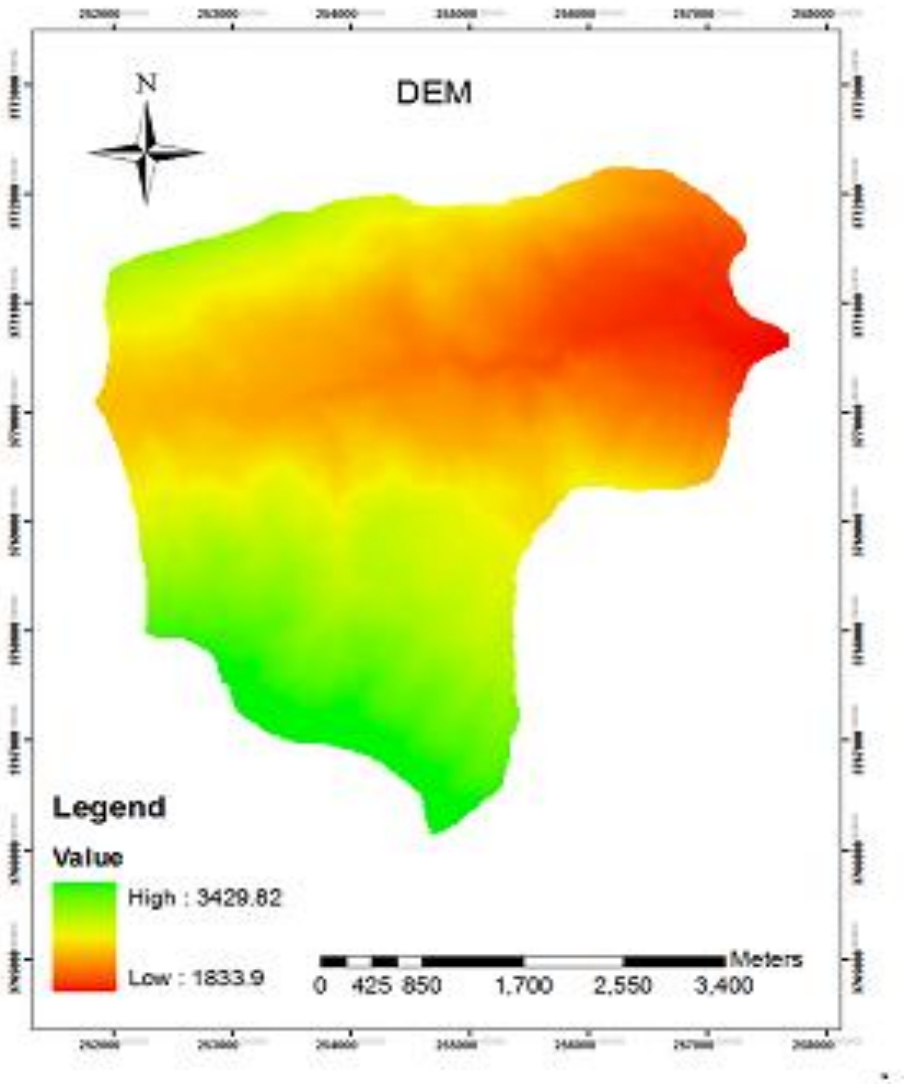
Archive of SID



## داده‌های مورد نیاز مدل

داده‌های ورودی مدل SWAT شامل داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی (بارش روزانه، دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد، نقطهٔ شبنم، و تابش خورشیدی) است که در این تحقیق از آمار مربوط به ایستگاه سینوپتیک نهاوند استفاده شد. همچنین، نقشه‌های توپوگرافی، مدل ارتفاعی رقومی (DEM)، خاک‌شناسی و کاربری اراضی نیز به عنوان ورودی‌های مدل مورد نیاز است. نقشهٔ مدل ارتفاعی رقومی (DEM) با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ حوضهٔ آبخیز گرین محاسبه و ترسیم شد (شکل ۲).

نقشهٔ کاربری اراضی حوضه در سال ۱۳۸۹ از ادارهٔ منابع طبیعی همدان تهیه شد. این نقشه در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و نرم‌افزار ENVI به‌دست آمد (شکل ۳).

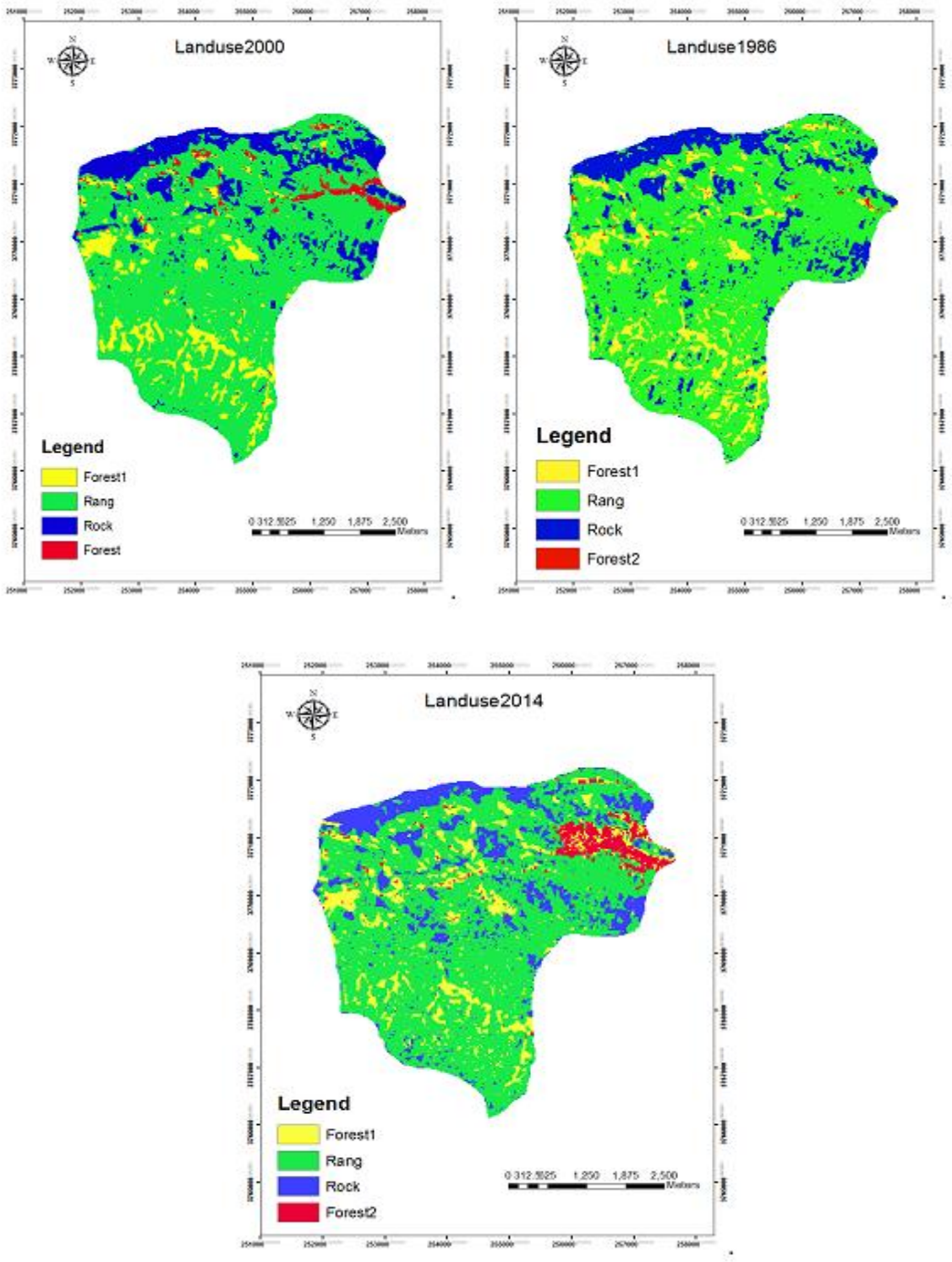



**شکل ۲. نقشهٔ DEM حوضهٔ آبخیز گرین**

www.SID.ir

Archive of SID





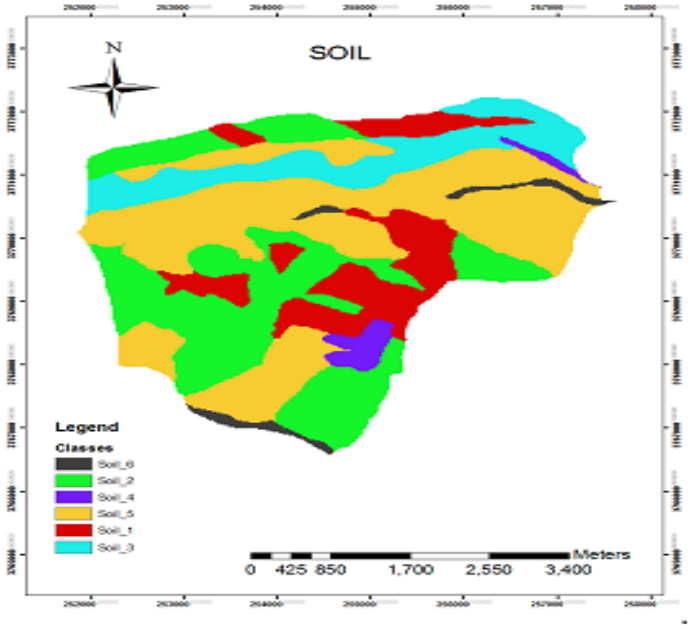

**شکل ۳. نقشهٔ کاربری اراضی حوضهٔ آبخیز گرین در سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰، و ۲۰۱۴**

اطلاعات خاک‌شناسی منطقه، که بر اساس واحدهای اراضی منطقه، در ۲۰ پلی‌گون و در ۶ کلاس طبقه‌بندی شده است، از ادارهٔ کل منابع طبیعی استان همدان تهیه شد (شکل ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

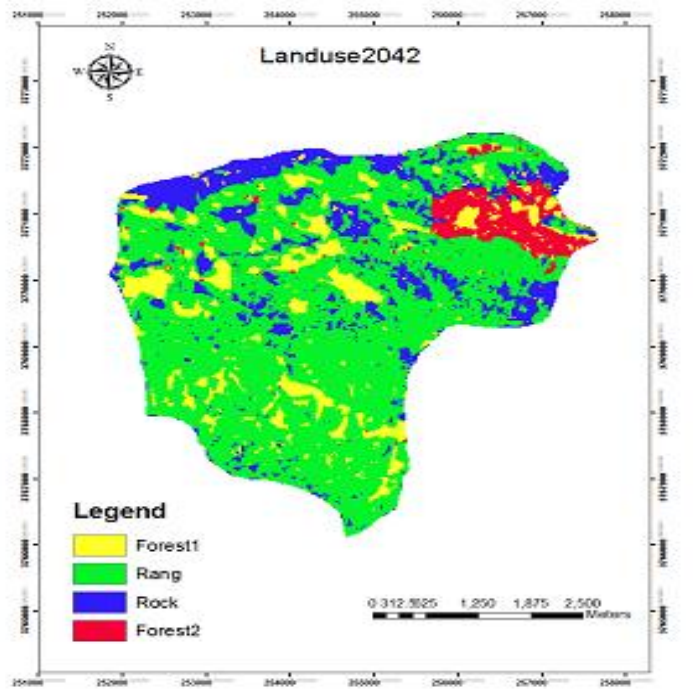





**شکل ۴. نقشهٔ خاک‌شناسی حوضهٔ آبخیز گرین**

## پیش‌بینی نقشهٔ پوشش اراضی

با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰، و ۲۰۱۴ که در مراحل قبل تهیه شد و مدل زنجیرهٔ مارکوف و فیلتر CA مارکوف (معماریان و همکاران، ۲۰۱۲)، نقشهٔ کاربری اراضی سال ۲۰۴۲ (شکل ۵) تهیه شد.




**شکل ۵. نقشهٔ پیش‌بینی کاربری اراضی حوضهٔ آبخیز گرین در سال ۲۰۴۲**

www.SID.ir

Archive of SID



## پیش‌بینی اقلیم آیندهٔ حوضهٔ گرین

در این تحقیق از خروجی‌های مدل HadCM3 برای پیش‌بینی اقلیم آتی حوضهٔ گرین استفاده شد. خروجی‌های این مدل برای سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای ارائه شده است. با توجه به اینکه خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی جو بزرگ‌مقیاس است، از روش‌های مختلف دینامیکی و آماری برای ریزمقیاس‌کردن خروجی مدل‌های گردش عمومی برای شناخت رفتار جو در مقیاس‌ریزتر استفاده می‌شود. در این تحقیق از روش آماری LARS-WG به منظور ریزمقیاس‌کردن خروجی مدل‌های گردش عمومی جو استفاده شد (یزدانی، ۱۳۹۰).

## واسنجی و اعتبارسنجی

واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT در نرم‌افزار SWAT- CUP انجام گرفت. در این تحقیق از آمار سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ برای واسنجی و سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. برای آماده‌کردن مدل SWAT- CUP، نخست باید پارامترهای مورد نیاز برای واسنجی به مدل معرفی شود. پارامترهای مورد استفاده برای واسنجی دبی از یک مجموعهٔ ۲۴ تایی از پارامترهای رواناب با حدود اولیهٔ مشخص انتخاب شد (عباسپور، ۲۰۰۷).

## معیارهای عملکرد مدل

ارزیابی نتایج واسنجی توسط معیارهای ضریب تعیین ($R^2$)، فاکتور R، فاکتور P، و NS[1] انجام می‌گیرد. ضریب تعیین $R^2$ نسبت پراکندگی بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و اندازه‌گیری‌شده را نشان می‌دهد و مقدار آن بین صفر تا یک متغیر است؛ در صورت برابربودن مقادیر پیش‌بینی‌شده و اندازه‌گیری‌شده، مقدار $R^2$ برابر با یک می‌شود. در برنامهٔ SUFI2 یک دامنه عدم قطعیت برای هر پارامتر درنظر گرفته می‌شود که در هنگام واسنجی سعی می‌شود پارامترها در این محدوده قرار گیرند. شاخص R–factor برابر است با ضخامت باند عدم قطعیت که هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهندهٔ شبیه‌سازی مناسب‌تر است. شاخص P-factor نشان‌دهندهٔ این است که چه مقدار از داده‌های مشاهداتی در محدودهٔ عدم قطعیت قرار گرفته‌اند و نزدیک‌بودن این عدد به یک نشان‌دهندهٔ نتیجهٔ بهتری است. ضریب NS ضریبی است که اختلاف نسبی بین مقادیر مشاهده و شبیه‌سازی‌شده را نشان می‌دهد. مقدار این ضریب بین یک تا منفی بی‌نهایت متغیر است. بهترین مقدار آن یک است و در صورتی که میزان آن بیشتر از ۰٫۵ باشد، نشان‌دهندهٔ این است که شبیه‌سازی توسط مدل خوب است. درجهٔ حساسیت پارامترهای جریان در مدل SWAT با استفاده از برنامهٔ SUFI2 در نرم‌افزار SWAT- CUP برای ۲۴ پارامتر انتخابی انجام گرفت. در مورد حذف پارامترهایی که دارای درجهٔ حساسیت کمتری هستند از معیارهای P-Value و T-Stat استفاده شد (رفسگارد، ۲۰۰۷).

## یافته‌های پژوهش

### نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT

نتایج واسنجی مدل برای دبی روزانه در دورهٔ ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ در نمودار مربوط به مقایسهٔ مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به نتایج شاخص‌های آماری در جدول ۱، شاخص NS برابر ۰٫۵۹ و فاکتور P و فاکتور R به‌ترتیب برابر۰٫۴۷ و ۰٫۰۳ به‌دست آمده و ضریب تعیین ($R^2$) برای دبی‌های مشاهداتی و

1. Nash Sutcliffe

www.SID.ir

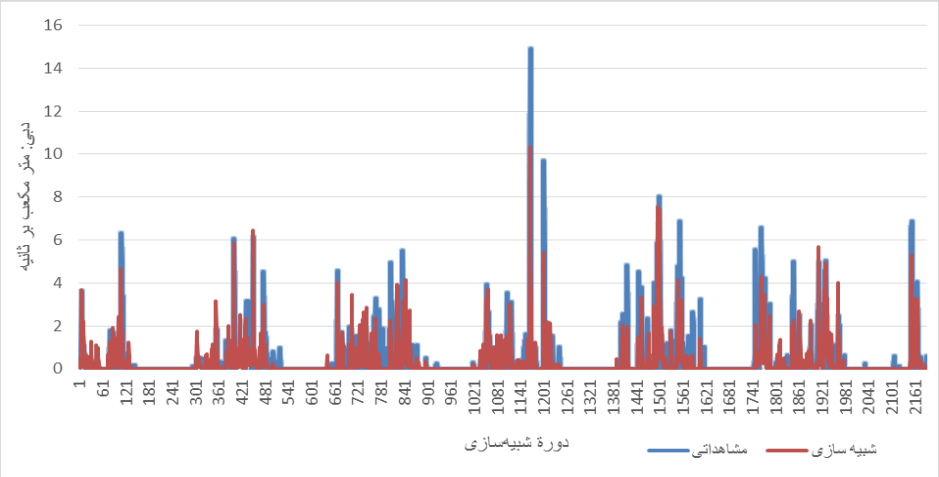
Archive of SID



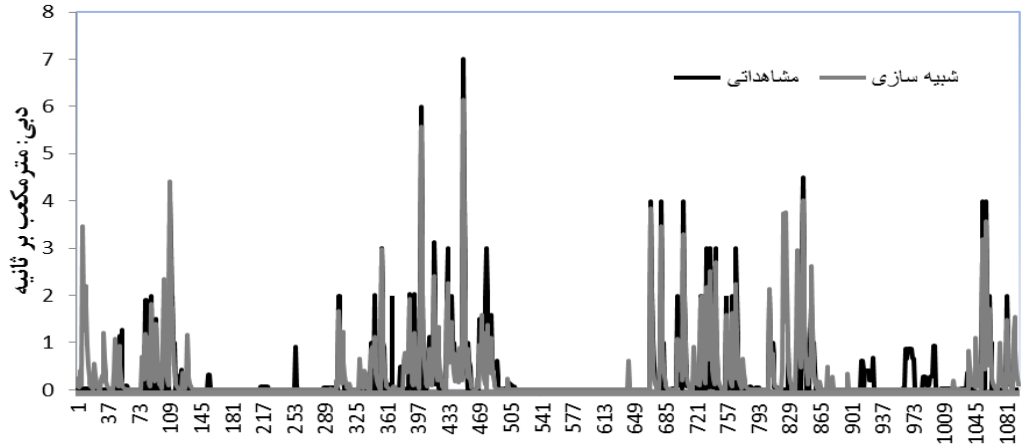
شبیه‌سازی‌شده برابر ۰٫۶۰ است. بر این اساس، نتایج به‌دست‌آمده در مرحلهٔ واسنجی تأیید شد. مرحلهٔ اعتبارسنجی به منظور بررسی درستی انتخاب پارامترها در دورهٔ واسنجی برای دورهٔ ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ انجام گرفت. شکل ۷ نتایج اعتبارسنجی و جدول ۱ نتایج مربوط به شاخص‌های آماری را نشان می‌دهد. مقدار فاکتور P بیشتر از دورهٔ واسنجی است و نشان‌دهندهٔ پیش‌بینی بهتر مدل در این مرحله است. مقدار ضریب NS و R2 در این مرحله بیشتر از مرحلهٔ واسنجی است و مقدار فاکتور R نیز نزدیک صفر است که شبیه‌سازی نسبتاً خوبِ دبی را در این مرحله بیان می‌کند.

**جدول ۱. نتایج آماره‌های مربوط به واسنجی و اعتبارسنجی مدل برای دبی روزانه**

| آماره‌های مدل | NS | $R^2$ | R-factor | P-factor | MSE | bR2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| واسنجی | ۰٫۵۹ | ۰٫۶۰ | ۰٫۰۹ | ۰٫۴۷ | ۰٫۳۹ | ۰٫۳۶ |
| اعتبارسنجی | ۰٫۷۱ | ۰٫۷۲ | ۰٫۰۲ | ۰٫۵۹ | ۰٫۱۶ | ۰٫۵۱ |




**شکل ۶. مقایسهٔ مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده برای دورهٔ واسنجی در حوضهٔ آبخیز گرین**




**شکل ۷. مقایسهٔ مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده برای دورهٔ اعتبارسنجی در حوضهٔ آبخیز گرین**

www.SID.ir

Archive of SID

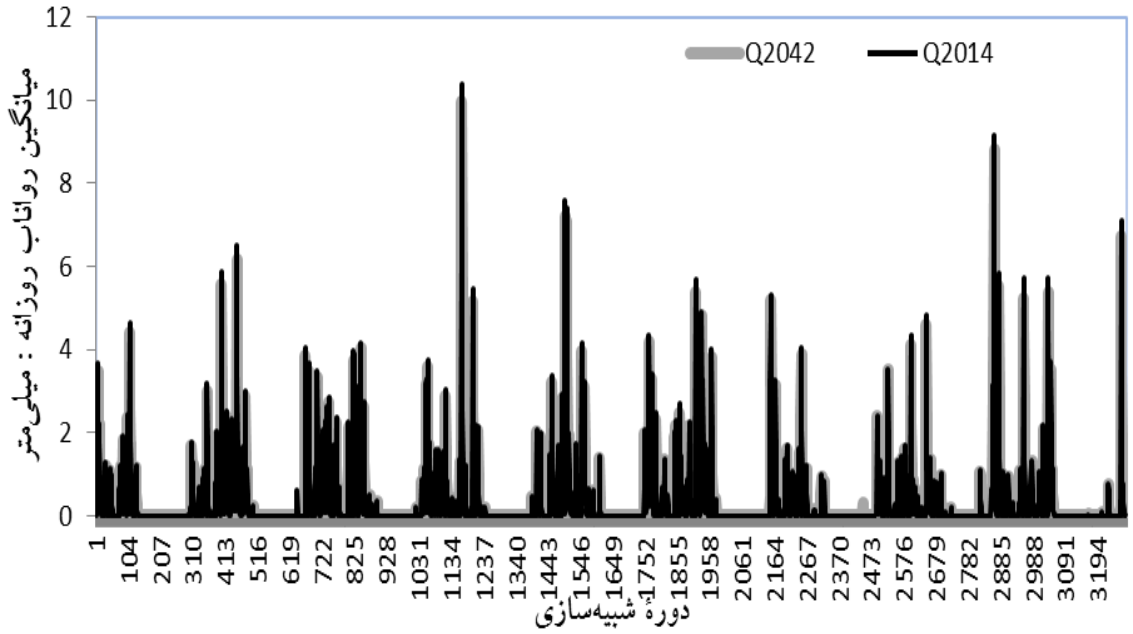


## اثر تغییر کاربری اراضی در رواناب

با توجه به نتایج واسنجی و صحت‌سنجی، مشخص شد که مدل شبیه‌سازی قابل قبولی از دبی جریان در این حوضه ارائه کرده است. از این رو، از این مدل در محدودهٔ پارامترهای واسنجی‌شده برای شبیه‌سازی رواناب ناشی از تغییرات آتی کاربری اراضی حوضهٔ گرین استفاده شد. بدین منظور، پس از تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۴۲ (جدول ۲)، همهٔ ورودی‌های مدل SWAT ثابت درنظر گرفته شد و برای دو سناریو- کاربری اراضی ۲۰۱۴ و کاربری اراضی ۲۰۴۲- مدل SWAT اجرا شد. نتایج حاصل از تأثیر تغییر کاربری اراضی در رواناب در شکل‌های ۸ و ۹ درج شده است. با توجه به این نمودارها، مشاهده می‌شود که تا سال ۲۰۴۲ در حوضهٔ مورد مطالعه میزان رواناب خروجی حوضه کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه در این مرحله از اجرای مدل همهٔ ورودی‌های مدل غیر از کاربری اراضی ثابت درنظر گرفته شده است، می‌توان این کاهش رواناب را ناشی از افزایش مساحت اراضی جنگلی و کاهش مساحت اراضی بدون پوشش دانست.

**جدول ۲. مساحت کاربری‌های اراضی (کیلومتر مربع) در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۴۲**

| سال | جنگل طبیعی | جنگل دست‌کاشت | اراضی مرتعی | اراضی صخره‌ای (بدون پوشش) |
|---|---|---|---|---|
| ۲۰۱۴ | ۲٫۳۵ | ۰٫۸۲ | ۱۴٫۶۳ | ۳٫۲۴ |
| ۲۰۴۲ | ۲٫۵۹ | ۱٫۰۵ | ۱۴٫۱۹ | ۳٫۲۰ |

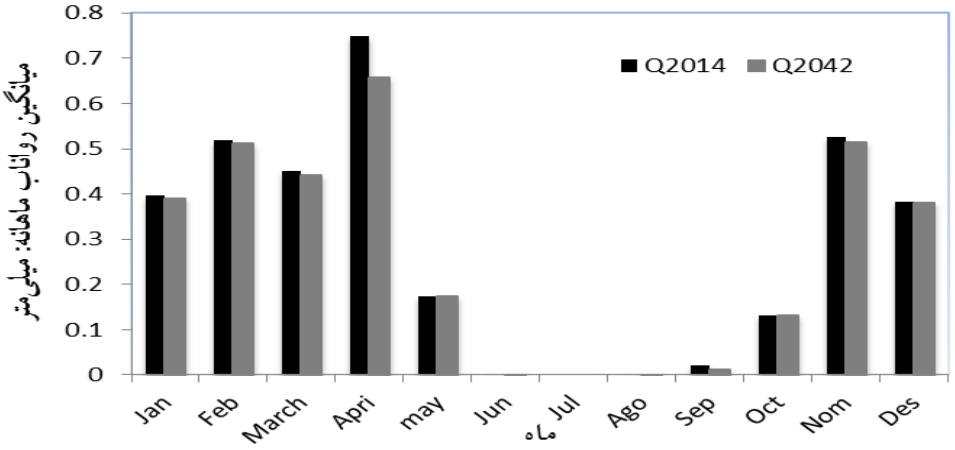



**شکل ۸. اثر تغییر کاربری اراضی در میزان روناب (مقایسهٔ دورهٔ ۲۰۱۴ و ۲۰۴۲)**

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۹. اثر تغییر کاربری اراضی در میزان رواناب (مقایسهٔ دورهٔ ۲۰۱۴ تا ۲۰۴۲)**

## اثر تغییر اقلیم در رواناب

در این تحقیق از خروجی‌های مدل HadCM3 برای پیش‌بینی اقلیم آتی حوضهٔ گرین و از روش آماری LARS-WG به منظور ریزمقیاس‌کردن خروجی مدل‌های گردش عمومی جو استفاده شد. بارش و دما در دورهٔ آتی ۲۰۴۲ تا ۲۰۵۲ نسبت به دورهٔ پایه در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج حاصل از تأثیر تغییر اقلیم در رواناب (شکل‌های ۱۰ تا ۱۳) نشان می‌دهد که حوضهٔ مورد مطالعه در دورهٔ ۲۰۱۴ تا ۲۰۴۲ نسبت به دورهٔ پایه شاهد کاهش رواناب خواهد بود. می‌توان این کاهش میزان رواناب را ناشی از افزایش دما و به دنبال آن افزایش میزان تبخیر و کاهش میزان بارندگی دانست. با توجه به نتایج مربوط به دما، بارندگی، و رواناب ماهانه در دورهٔ آتی، در ماه‌هایی که میزان بارندگی کاهش و دما افزایش یافته میزان رواناب نیز کاهش می‌یابد.

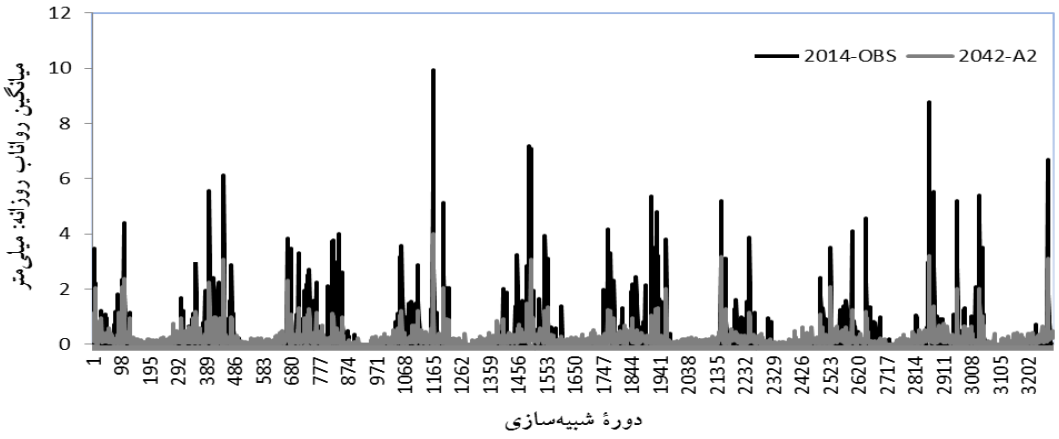
**جدول ۳. بارش و دمای منطقهٔ مورد مطالعه در دورهٔ آتی نسبت به دورهٔ پایه (مقایسهٔ دورهٔ ۲۰۱۴ تا ۲۰۴۲)**

| ماه | بارش مشاهداتی | بارش (A2) | بارش (B2) | دمای بیشینهٔ مشاهداتی | دمای بیشینه (A2) | دمای بیشینه (B2) | دمای کمینهٔ مشاهداتی | دمای کمینه (A2) | دمای کمینه (B2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ژانویه | ۵۱.۱ | ۴۴٫۱ | ۴۳٫۴ | ۸٫۲ | ۷٫۵ | ۷٫۴ | -۲٫۵ | -۰٫۶ | -۰٫۸ |
| فوریه | ۵۱٫۴ | ۲۴٫۳ | ۳۰٫۸ | ۱۳٫۸ | ۱۴٫۸ | ۱۴٫۴ | ۱٫۱ | ۴٫۲ | ۴٫۰ |
| مارس | ۴۹٫۸ | ۲۶٫۱ | ۲۵٫۳ | ۱۷٫۳ | ۱۹٫۲ | ۱۹٫۴ | ۴٫۶ | ۷٫۴ | ۷٫۱ |
| آوریل | ۵۷٫۱ | ۲۲٫۳ | ۲۲٫۳ | ۳۲٫۲ | ۲۶٫۳ | ۲۶٫۲ | ۸٫۳ | ۱۲٫۳ | ۱۲٫۲ |
| می | ۲۰٫۶ | ۱۱٫۶ | ۱۴٫۳ | ۳۰٫۱ | ۳۴٫۰ | ۳۳٫۷ | ۱۲٫۲ | ۱۶٫۴ | ۱۶٫۰ |
| ژوئن | ۱٫۱ | ۴٫۹ | ۵٫۵۰ | ۳۴٫۷ | ۳۵٫۸ | ۳۵٫۹ | ۱۶٫۳ | ۱۷٫۷ | ۱۷٫۳ |
| ژولای | ۰٫۴ | ۹٫۲ | ۱۱٫۱ | ۳۵٫۰ | ۳۵٫۰ | ۳۵٫۰ | ۱۶٫۸ | ۱۷٫۱ | ۱۷٫۱ |
| آگوست | ۰٫۱ | ۲۲٫۸ | ۲۰٫۱ | ۳۱٫۸ | ۳۲٫۶ | ۳۲٫۶ | ۱۳٫۱ | ۵٫۹ | ۵٫۸ |
| سپتامبر | ۳٫۱ | ۳۰٫۶ | ۲۸٫۳ | ۲۵٫۳ | ۲۲٫۹ | ۲۲٫۵ | ۸٫۸ | ۵٫۹ | ۵٫۹ |
| اکتبر | ۲۳٫۷ | ۳۴٫۶ | ۳۲٫۲ | ۱۶٫۲ | ۱۴٫۵ | ۱۴٫۳ | ۳٫۶ | -۰٫۳ | -۰٫۲ |
| نوامبر | ۵۵٫۰ | ۴۰٫۱ | ۴۰٫۲ | ۱۰٫۵ | ۱۰٫۴ | ۱۰٫۲ | -۰٫۳ | -۱٫۳ | -۰٫۶ |
| دسامبر | ۴۷٫۵ | ۵۲٫۴ | ۵٫۵۵ | ۶٫۸ | ۶٫۴ | ۶٫۷ | -۳٫۴ | -۱٫۹ | -۲٫۱ |

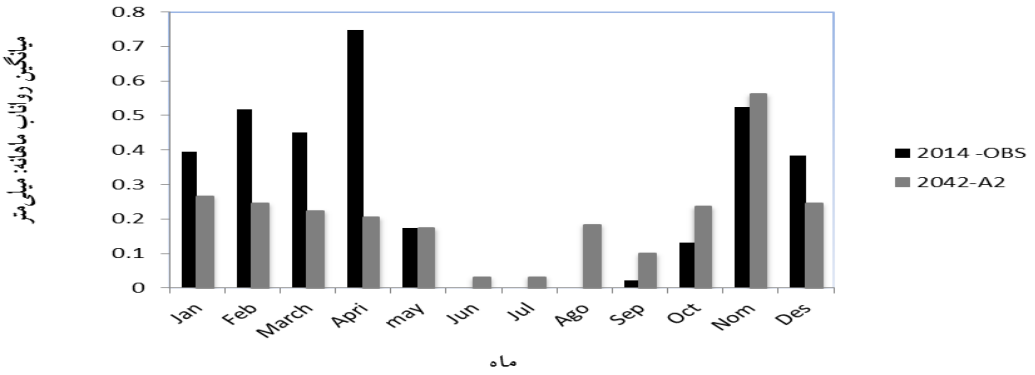
www.SID.ir

Archive of SID



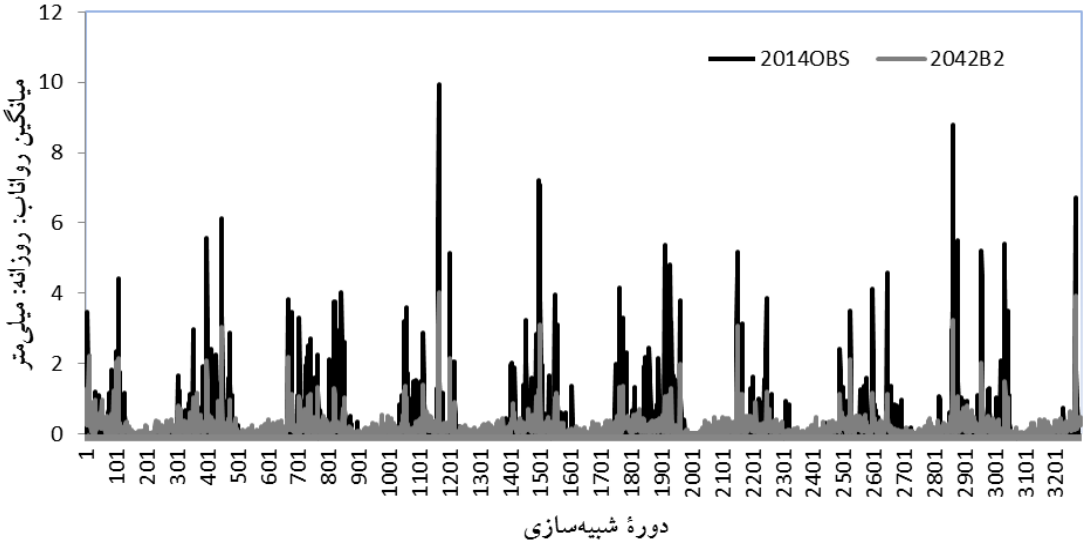



**شکل ۱۰. اثر تغییر اقلیم در میزان رواناب (مقایسهٔ دورهٔ ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با دورهٔ ۲۰۴۲ تا ۲۰۵۲ سناریو A2)**




**شکل**

**۱۱. اثر تغییر اقلیم در میزان روناب (مقایسهٔ دورهٔ ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با دورهٔ ۲۰۴۲ تا ۲۰۵۲ سناریو A۲)**

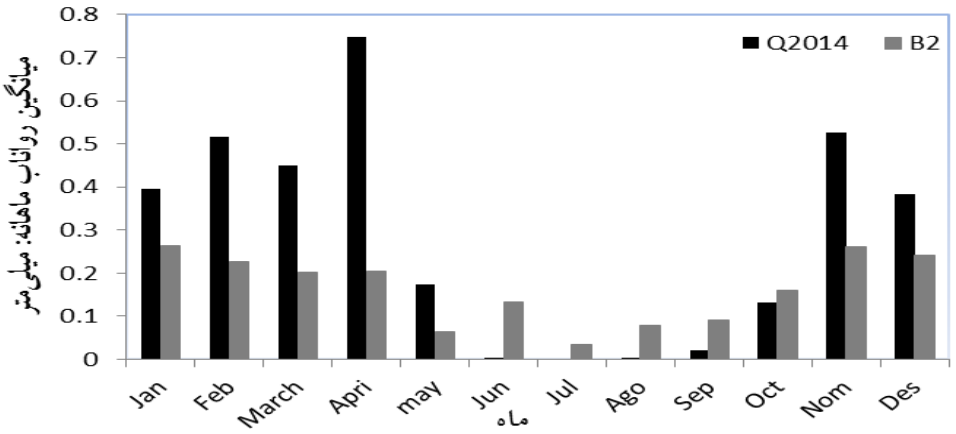



**شکل ۱۲. اثر تغییر اقلیم در میزان رواناب (مقایسهٔ دورهٔ ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با دورهٔ ۲۰۴۲ تا ۲۰۵۲ سناریوB2)**

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱۳. اثر تغییر اقلیم بر میزان رونواب (مقایسهٔ دورهٔ ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با دورهٔ ۲۰۴۲ تا ۲۰۵۲ سناریو B2)**

## بحث و نتیجه‌گیری

در چند سال اخیر ساخت سد گرین در یک حوضهٔ کوچک کوهستانی در سرچشمهٔ حوضهٔ بزرگ گاماسیاب نگرانی‌های زیادی برای مجریان، مدیران محیط زیست، و منابع طبیعی و آبخیزداری ایجاد کرده است. بنابراین، آگاهی از شرایط آیندهٔ نزدیک این حوضه با چشم‌انداز زیبا و در عین حال در شرایط تخریب، فرسایش، و رسوب اهمیت این مطالعه را تقویت می‌کند. شناخت اثر تغییر کاربری اراضی (ناشی از سوء مدیریت و برنامه‌ریزی) در تغییر رواناب و هیدرولوژی حوضهٔ آبخیز امری مهم و قابل بررسی است. از سوی دیگر، در یک حوضهٔ کوهستانی و برف‌گیر، مانند حوضهٔ سد گرین در زاگرس مرکزی، اثر تغییر اقلیم در میزان و کیفیت بارش برف و گرمایش منطقه‌ای هم چالش بسیار پُراهمیتی محسوب می شود. بنابراین، سؤال کلیدی این است که کدام تغییر در این حوضهٔ کوهستانی در غرب ایران نقش پُررنگ‌تری در منابع آب منطقه دارد: تغییر کاربری اراضی یا تغییر اقلیم. در این مطالعه اثر تغییر کاربری اراضی (با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست و مدل مارکوف و CA مارکوف) و تغییر اقلیم (خروجی‌های دما و بارش در مدل HadCM3 با استفاده از مدل LARSE-WG ریزمقیاس‌نمایی شدند) بر رواناب (با استفاده از مدل SWAT) در حوضهٔ آبخیز گرین بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب حوضهٔ آبخیز گرین بیانگر کاهش میزان رواناب به صورت روزانه و ماهانه است. افزایش مساحت اراضی جنگلی و کاهش مساحت مراتع و اراضی بدون پوشش و سنگلاخی در آیندهٔ نزدیک یکی از دلایل این چالش مهم است. نتایج نشان می‌دهد که در صورت ثابت‌ماندن روند تغییرات دورهٔ پایه (در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴) این منطقه شاهد افزایش ۲٫۲۸درصدی مساحت جنگل و کاهش ۲٫۰۷درصدی مساحت مرتع تا سال ۲۰۴۲ نسبت به سال ۲۰۱۴ خواهد بود و همچنین مشاهده می‌شود که در بیشتر ماه‌های سال در دورهٔ آتی میانگین بارش ماهانه دارای روند کاهشی و میانگین دما دارای روند افزایشی خواهد بود. یافته‌های بررسی دما و بارش آینده نسبت به زمان پایه (جدول ۳) در هر دو سناریوی A2 و B2 نشان می‌دهد که میانگین ماهانهٔ دما به‌ویژه در ماه‌های ابتدا و انتهای سال دارای روند افزایشی است و میزان بارندگی نیز در فصول بهار و زمستان کاهش می‌یابد. بنابراین، می‌توان این کاهش میزان رواناب را ناشی از افزایش دما و تبخیر و کاهش میزان بارش در این حوضهٔ آبخیز دانست. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده می‌شود که میانگین رواناب ماهانه در ماه‌هایی که کاهش بارش داریم، یعنی ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، و دسامبر (از آذر تا اردیبهشت) کاهش یافته است و در ماه‌هایی که افزایش میزان بارندگی پیش‌بینی شده است مثل ماه‌های ژون، جولای، آگوست، و سپتامبر (خرداد تا شهریور) میزان

www.SID.ir

Archive of SID



رواناب نسبت به دورهٔ پایه افزایش خواهد یافت. به طور کلی، با افزایش کاربری جنگل، به علت افزایش میزان نفوذپذیری و آب‌گذری به آبخوان سطحی و افزایش تبخیر و تعرق واقعی، مقدار رواناب سطحی در این نوع مناطق کوهستانی کاهش می‌یابد. یافته‌های این تحقیق نتایج تحقیقات جان‌زاده (۱۳۹۳) در حوضهٔ آبخیز یلفان، غلامی و همکاران (۱۳۸۸: ۵۵) درحوضهٔ آبخیز کسیلیان، غفاری و همکاران (۱۳۸۸: ۱۶۳) در حوضهٔ آبخیز زنجان‌رود را در تحلیل اثر تغییرات کاربری اراضی بر رواناب تأیید می‌کند. در این مطالعات بهبود کاربری مراتع و افزایش سطح جنگل‌ها باعث کاهش میزان رواناب و تخریب مراتع و جنگل‌ها و افزایش مناطق مسکونی باعث افزایش رواناب می‌شود. همچنین، یافته‌های مطالعات جاویدی اصل (۱۳۹۰) در حوضهٔ آبخیز صوفی‌چای مراغه، یزدانی (۱۳۹۰) در حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود، محمدنژاد (۱۳۸۹: ۱۲۸) در سیستان، ذهبیون و همکاران (۱۳۸۹: ۶۴) در حوضهٔ سد کرخه، صمدی و همکاران (۱۳۸۸: ۱۸۷) در حوضهٔ قره‌سو، و استیل و همکاران (۲۰۰۸) در انگلستان بیانگر کاهش رواناب سطحی در دورهٔ آتی است و با یافته‌های این تحقیق هماهنگ است. اما نتایج این پژوهش با مطالعات یان و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر افزایش میزان رواناب در آینده مطابقت ندارد.

یافته‌های این تحقیق نتایج مطالعات باس و همکاران (۲۰۰۷)، پالامونی و همکاران (۲۰۱۱)، و لی و همکاران (۲۰۰۷) را رد می‌کند. در مطالعات این محققان رابطهٔ بین کاربری جنگل و میزان رواناب مستقیم بوده است و به این نتیجه رسیدند که در اثر کاهش مساحت جنگل رواناب افزایش می‌یابد. همچنین، فرازجو (۱۳۸۲: ۱۶۶) و ثقفیان و همکاران (۱۳۸۵: ۸۰) به این نتیجه رسیدند که با تغییر کاربری اراضی در اثر تخریب جنگل‌ها و مراتع حوضه، دبی اوج و حجم سیل روند افزایشی خواهد داشت. در مجموع، مشاهده می‌شود که اثر تغییر کاربری اراضی در کاهش میزان رواناب در دورهٔ آتی در مقایسه با اثر تغییر اقلیم تحت سناریوهای A2 و B2 کمتر خواهد بود. تغییر کاربری اراضی در دورهٔ آتی با کاهش مساحت مرتع و اراضی بدون پوشش و سنگلاخی و نیز افزایش مساحت اراضی جنگلی سبب می‌شود که میزان رواناب کاهش یابد (۶٫۵درصد). تغییر اقلیم هم تحت سناریوهای A2 و B2 موجب کاهش میزان رواناب در این حوضهٔ کوهستانی می‌شود (به طور متوسط در دو سناریو ۱۰٫۷درصد). بنابراین، نتایج نشان می‌دهد که اثر تغییر کاربری اراضی بر کاهش میزان رواناب در دورهٔ آتی در مقایسه با اثر تغییر اقلیم تحت سناریوهای A2 و B2 کمتر بوده و تغییر اقلیم رواناب را به میزان بیشتری کاهش خواهد داد. این یافته‌ها با نتایج عباس‌پور و همکاران (۲۰۰۷) و بالوچ و همکاران (۲۰۰۸) مبنی بر تأثیر بیشتر کاربری اراضی در کاهش دبی مغایرت دارد. بنابراین، تأثیر توأم این دو نوع تغییر (تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم) می‌تواند میزان رواناب را تا بیش از ۱۷درصد کاهش دهد. به عبارت دیگر، تغییر اقلیم رواناب را به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار می‌دهد و کاهش رواناب بیشتر تحت تأثیر تغییر اقلیم است تا تغییر کاربری اراضی. یافته‌های این تحقیق می‌تواند در جهت مدیریت مناسب حوضهٔ آبخیز گرین و جلوگیری از تغییرات نامناسب کاربری اراضی و کاهش خسارات ناشی از پدیدهٔ تغییر اقلیم به‌کار رود.

www.SID.ir

Archive of SID



## منابع


ایزدی، م.؛ اژدری، خ.؛ اخوان، س. و امامقلی‌زاده، ص. (۱۳۹۲). کاربرد مدل SWAT در شبیه‌سازی دبی رودخانهٔ شیرین‌دره، *اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان*، ۱-۷.

ثانی‌خانی، ه.؛ دین‌پژوه، ی.؛ پوریوسف، س.؛ زمان‌زاده قویدل، س. و صولتی، ب. (۱۳۹۲). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه‌های آبخیز (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز آجی‌چای در استان آذربایجان شرقی)، نشریهٔ *آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۷(۶): ۱۲۲۵_۱۲۳۴.

ثقفیان، ب.؛ فرازجو، ح.؛ سپهری، ع. و نجفی‌نژاد، ع. (۱۳۸۵). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضهٔ آبخیز سد گلستان، *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱: ۸۰-۹۰.

جان‌زاده، ر. (۱۳۹۳). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب و بار معلق با استفاده از مدل SWAT (مطالعهٔ موردی حوضهٔ آبخیز یلفان)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر.

جاویدی اصل، ا.ح. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر رواناب حوضهٔ آبخیز صوفی‌چای مراغه با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکدهٔ عمران.

ذهبیون، ب.؛ گودرزی، م. و مساح بوانی، ع. (۱۳۸۹). کاربرد مدل SWAT در تخمین رواناب حوضه در دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم، نشریهٔ *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱(۳ و ۴): ۶۴-۸۱.

شعبانی حیدرآبادی، م. (۱۳۸۲). بررسی تأثیر کاربری اراضی در رسوب‌دهی حوضه‌های آبخیز (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز طالقان)، گروه آموزشی احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

صمدی، ز.؛ مهدوی، م.؛ شریفی، ف. و بی‌همتا، م. (۱۳۸۸). تأثیر عدم قطعیت روش‌های کوچک‌مقیاس‌کردن آماری- رگرسیونی بر رواناب روداخانه (مطالعهٔ موردی: سراب حوضهٔ آبخیز کرخه)، رسالهٔ دکتری رشتهٔ مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی.

غفاری، گ.؛ قدوسی، ج. و احمدی، ح. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پاسخ‌های هیدرولوژی حوضهٔ آبخیز (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز زنجان‌رود)، مجلهٔ *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۱۶(۱): ۱۶۳-۱۸۰.

غلامی، و؛ بشیرگنبد، م.؛ عضدی، م. و جوکار، ع. (۱۳۸۸). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی در ایجاد رواناب و خطر سیلاب حوضهٔ آبخیز کسیلیان، مجلهٔ *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۹: ۵۵-۵۷.

فرازجو، ح. (۱۳۸۲). بررسی اثر تغییرات پوشش گیاهی بر هیدروگراف سیل حوضهٔ آبخیز سد گلستان با استفاده از GIS و مدل HEC-HMS، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

مساح بوانی، ع. و مرید، س. (۱۳۸۵). ارزیابی ریسک تغییر اقلیم و تأثیر آن بر منابع آب، رسالهٔ دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۱۳-۲۱.

محمدنژاد، و. (۱۳۸۹). کاربرد مدل توزیعی بارش- رواناب و GIS در بررسی اثر تغییر اقلیم، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش آب، دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران.

یزدانی، م. (۱۳۹۰). بررسی اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر آب‌های سطحی حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود، پایان‌نامهٔ دکتری، دانشگاه اصفهان.


www.SID.ir

Archive of SID



Abbaspour, K.C. (2007). User Manual for SWAT-CUP SWAT Calibration and Uncertainty Analysis Programs, Swiss Federal lnstitute of Aquatic Science and Technology, *Eawag. Dubendorf. Switzerland*, 95: 1-16.

Abbaspour, K.C.; Yang, J.; Maximov, I.; Siber, R.; Bogner, K.; Mieleitner, J.; Zobrist, J. and Srinivasan, R. (2007). Modelling hydrology and water quality in the prealpine/ alpine Thur watershed using SWAT, *Journal of Hydrology*, 333: 413-430.

Arnold, J.G. and Allen, P.M. (1999). Automated methods for estimating baseflow and groundwater recharge from streamflow records, *J. American Water Resour*, 35(2): 411-424.

Baloch, M.; Ames, D. and Tanik, A. (2008). Catchment-Scale Hydrological Response to Climate-Land-Use Combined Scenarios: A Case Study for the Kishwaukee River Basin, Illinois, *Physical Geography*, 29(1): 79-99.

Bathurst, J.C.; Ewen, J.; Parkin, G.; O'Connell, P.E. and Cooper, J.D. (2004). Validation of catchment models for predicting land-use and climate change. *Journal of Hydrology*, 287(1): 74-94.

Bass, J.A.B., Blackburn, J.H., Murphy, J.F., Kneebone, N., Gunn, R.J.M., Jones, E. (2007). The 2006 drought; preliminary assessment of impacts on macro-invertebrates in the Frome, Kennet and Lambourn. Centre for Ecology and Hydrology, Winfrith

Farazjoo, H. (2002). Study of vegetation cover changes effects on flood hydrograph in Golestan dam watershed using GIS and HEC- HMS model.M.S. thesis, University of Gorgan.

Ghafari, G.; Ghodoosi, J. and Ahmadi, H. (2009). Investigation on effects of landuse change on hydrological responses of watershed (Case study: Zanjan River watershed), *Water and Soil Researches J.*, 16(1):163-180.

Gholami, V.; Bashirgonbad, M.; Azodi, M. and Jokar, A. (2009). Investigation on effects of landuse change on runoff and flood risk in Kasilian watershed, *Watershed management sciences and engineering*, 9: 55-57.

Hernandez, M.; Miller, S.N.; Goodrich, D.C.; Goof, B.F.; Kepner, W.G.; Edmands, C.M. and Jones, K.B. (2000). Modeling runoff response to land cover and rainfall spatial variability in semi-arid watershed, *Environmental Monitoring and Assessment*, 64: 285-298.

Izadi, M.; Agdari, K.; Akhavan, S. and Emamgholizadeh, S. (2013). Discharge simulation using SWAT model in Shirindarreh River. The first national conference of water resources and agriculture problems, Open University of Khorasgan, Isfahan, 1-7.

Janzadeh, R. (2014). Investigation of climate change effect on runoff and sedimentation using SWAT model (Yalfan watershed), M.S. thesis of watershed management. Faculty of Natural Resources. Malayer University.

Javidi asl, A.H. (2011). Investigation of climate change effect on runoff using ANN in Maragheh watershed, M.S. thesis of Tabriz University, 112.

Li, K.Y.; Coe, M.T.; Ramankutty, N. and De Jong, R. (2007). Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa, *Journal of Hydrology*, 337: 258-268.

Masahbouany, A. and Morid, S. (2006). Evaluation of climate change risk and its effects on water resources, Ph.D thesis, Tarbiat Modarres University, 13-21.

Memarian, H.; Kumar, S.; Talib, J.; Teh Boon Sung, C.; Mahdsood, A. and Abbaspour, K. (2012). Validation of CA-Markov for Simulation of Land Use and Cover Change in the Langat Basin, Malaysia, *Journal of Geographic Information System*, 4: 542-554.

Mohammadnejad, V. (2010). Study of climate change using rainfall-runoff distributed model and GIS, M.S. thesis of water engineering Tehran University.

www.SID.ir

Archive of SID



Palamuleni, L.G.; Ndomba, P.M. and Annegarn, H.J. (2011). Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire river catchment, Malawi, *Journal of Regional Environmental Change*, 11(4): 845-855.

Refsgaard, J.C. (2007). Hydrological Modelling and River Basin Management, Phd Thesis, Geological Survey of Denmark and Greenland Danish Ministry of the Environment, 90.

Saghafian, B.; Farazjoo, H.; Sepehri, A. and Najafinejad, A. (2006). Study of landuse change effect on flood of Golestan dam watershed, *Water Resources Researches of Iran*, 1: 80-90.

Samadi, Z.; Mahdavi, M.; Sharifi, F. and Bihamta, M. (2009). Effect of uncertainity of downscaling methods regression-statistics on runoff (Case study: Karkheh basin), Ph.D thesis of natural resources-watershed management, Open University.

Sanikhani, H.; Dinpagoh, Y.; Pouryousef, S.; Ghavidel, S. and Solati, B. (2013). Investigation on effects of climate change on runoff of watersheds (case study: Agy chai), *Water and Soil J.*, 27(6): 1225-1234.

Shaabani Heidari, M. (2003). Study of landuse change effect on sedimentation (Case study: Taleghan basin), Rangeland and watershed management department. Natural resources faculty, Tehran University.

Steele, S.; Lynch, P.; McGrath, R.; Semmler, T.; Wang, SH.; Hanafin, J. and Nolan, P. (2008). The impacts of climate change on hydrology in Ireland, *J. Hydrol*, 356: 28-45.

Yan, B.; Fang, N.F.; Zhang, P.C. and Shi, Z.H. (2013). Impacts of land use change on watershed streamflow and sediment yield: An assessment using hydrologic modelling and partial least squares regression (The Case Study :China), *Journal of Hydrology*, 484: 26-37.

Yazdani, M. (2011). Investigation on effects of climate change on surface runoff in Zayandehrood, Ph.D thesis, Isfahan University.

Zahbion, B.; Goodarzi, M. and Massah, A. (2010). Runoff estimation using SWAT model under climate change in future, *Climatology researches J.*, 1(3 and 4): 64-81.

www.SID.ir