



شماره ۱۱۳، زمستان ۱۳۹۵

# پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

## مدل‌سازی اثر سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی بر پاسخ هیدرولوژیکی حوزه‌ی آبخیز قزاقلی، استان گلستان

### • مجتبی محمدی \*

(نویسنده‌ی مسئول) عضو هیات علمی گروه احیاء مناطق خشک و بیابانی، مجتمع آموزش عالی سراوان

### • حسین سلمانی

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### • حامد روحانی

استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه گنبد کاووس

### • واحدبردی شیخ

دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### • مهدی مردیان

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، اراک، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۲

\* Corresponding Email: Mohamadi613@gmail.com

### چکیده

ارزیابی پروژه‌های حفاظت آب و خاک امروزه از بنیادی‌ترین مسائلی است که به منظور افزایش کارایی برنامه‌ریزی‌های آبی طرح‌های اجرایی و مدیریتی منابع طبیعی صورت می‌گیرد. در این میان نبود تجهیزات لازم به منظور اندازه‌گیری و ثبت تغییرات ایجاد شده در برابر پدیده‌های بحران‌زا نظیر سیل و فرسایش، استفاده از مدل‌ها را به منظور ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریتی در دستیابی به اهداف ضروری می‌سازد. هدف این مطالعه نیز بررسی اثر سناریوهای مختلف مدیریت پوشش گیاهی بر هیدرولوژی حوزه آبخیز قزاقلی با استفاده از مدل نیمه‌توزیعی SWAT می‌باشد. بدین منظور با انتخاب چهار گزینه مدیریتی شامل کشت بر روی تراس، جنگل کاری، باغ کاری و آگروفارستری، شبیه‌سازی رواناب در قالب ۱۶ سناریوی مدیریتی انجام شد. در فرآیند تبدیل بارش به رواناب برای برآورد عمق حداکثر رواناب از روش استدلالی و برای برآورد حجم رواناب از روش شماره منحنی استفاده گردید. روندیابی جریان با استفاده از روش ماسکینگام و محاسبه تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن-مانتیس انجام شد. طبق نتایج، حالت ترکیبی سناریوهای مدیریتی (سناریوی ۱۶ شامل تمام گزینه‌ها) بیشتر تأثیر را بر کاهش رواناب سالانه دارد؛ به طوری که منجر به کاهش ۱۳/۱۵ درصدی رواناب سالانه نسبت به وضع موجود شده است. در بین سناریوهای منفرد نیز سناریوی ۵ (آگروفارستری) با ۱۱/۶ درصد بیشترین تأثیر را بر کاهش رواناب داشته است. در مقیاس زمانی ماهانه نیز بیشترین تأثیر سناریوها مربوط به ماه ژوئن و ژولای (خرداد و تیر) بود که دلیل آن مصادف بودن این دوره با زمان وقوع حداکثر رشد تاج پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش زیاد تبخیر و تعرق و کاهش رواناب است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پوشش گیاهی، هیدرولوژی، مدل SWAT، حوزه‌ی آبخیز قزاقلی

## Modeling the effect of vegetation-based management scenarios on hydrologic responses of the Ghazaghli watershed, Golestan province, Iran

- **Mojtaba Mohammadi**

(Corresponding Author) Scientific member of Reclamation of Arid and Desert Areas Dept., High Education Complex of Saravan, Iran

- **Hossein Salmani**

PhD Student in Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran

- **Hamed Rohani**

Assistant Professor, Watershed Management Dept., Gonbad University, Iran

- **Vahedbedi Sheikh**

Associate Professor, Watershed Management Dept., Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran

- **Mehdi Mardian**

Young Researchers and Elite Club, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

### Abstract

Nowadays, evaluation of soil and water conservation projects are the most fundamental issues in order to increase the efficiency of natural resources planning and management. Due to lack of necessary equipment and tools to measure and record changes induced by critical phenomena such as flooding and degradation, application of models to evaluate different management scenarios aiming to attain the goals is inevitable. Purpose of this study is assessment of the impacts of vegetation-based management scenarios on hydrologic responses of the Ghazaghli watershed using the SWAT model. To this end, four management actions including terracing, afforestation, orchard plantation and agroforestry were chosen. Different combination of these four actions leads to 2) 16n) different management scenarios. Rationale method was used to estimate runoff depth and SCS method was used to estimate volume of runoff. Furthermore, the Muskingum and FAO Penman-Monteith methods were used for flood routing and estimation of ETo, respectively. The simulation of all possible scenarios indicated that a scenario combining all management actions (scenario 16) is the most effective scenario in reducing runoff. Whereas this scenario leads to 15/13 percent reduction in the annual runoff volume.. Among the individual scenarios, the scenario 5 with Agroforestry action resulted in the largest decrease in the annual runoff which was 11.6 percent. The largest reduction in monthly runoff has occurred during June and July. This period of year coincide with the maximum growth of vegetation cover which induce the increase of evapotranspiration and consequently decrease runoff volume.

■ **Keywords:** Vegetation-based management, scenario, runoff, SWAT model

تشدید تخریب خاک و کاهش حاصلخیزی آن شده است (سعدالدین و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین افزایش رواناب، آلودگی آب و مشکلات اقتصادی-اجتماعی از دیگر اثرات منفی بهره‌برداری نامناسب از منابع طبیعی می‌باشد. لذا به منظور کنترل، احیا و حفاظت در راستای

مقدمه  
رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه باعث بهره‌برداری نامناسب از منابع آب و خاک گردیده است. از طرفی تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی باعث

(Gassman et al., 2007). این مدل بر اساس معادله بیلان آبی به صورت زیر استوار است:

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

که در آن  $SW_t$  مقدار نهایی رطوبت خاک (میلی‌متر)،  $SW_o$  مقدار اولیه رطوبت خاک (میلی‌متر)،  $t$  زمان (روز)، مقدار بارش در روز  $i$  ام (میلی‌متر)،  $Q_{surf}$  مقدار رواناب سطحی در روز  $i$  ام (میلی‌متر)،  $E_a$  مقدار تبخیر و تعرق در روز  $i$  ام (میلی‌متر)،  $W_{seep}$  مقدار نشست که در روز  $i$  ام از نیمرخ خاک وارد منطقه غیر اشباع می‌شود (میلی‌متر) و  $Q_{gw}$  مقدار آب برگشتی در روز  $i$  ام (میلی‌متر) می‌باشد.

مدل SWAT در بخش کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دخالت دادن مقادیر پیش فرض پارامترهایی مانند شماره منحنی، حداکثر ذخیره تاج پوشش، حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ و غیره امکان تعیین و واسنجی پارامترها را برای هر نوع کاربری و پوشش گیاهی فراهم آورده است. بدین ترتیب شبیه سازی اثر سناریوهای مختلف پوشش گیاهی بر پاسخ هیدرولوژیکی در مقیاس‌های زمانی و مکانی با دقت قابل قبولی امکان پذیر است (Pikounis et al., 2003). اما بررسی سوابق مطالعات کاربرد مدل SWAT نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات در ارتباط با اثر سناریوهای تغییرات کاربری اراضی بوده است؛ در حالی که به نحوه مدیریت پوشش گیاهی کمتر اشاره شده است. در این زمینه Li و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق خود در حوزه ای در غرب آفریقا با استفاده از مدل SWAT نشان دادند که تغییر مناطق با کاربری جنگل، مرتع و بوته زار به اراضی کشاورزی و یا مناطق شهری باعث افزایش حجم رواناب سطحی، کاهش تغذیه منابع آب زیرزمینی و آب پایه رودخانه‌ها و تغییر در مقدار و شدت فرسایش و رسوب می‌شود. Palamuleni و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی در دوره زمانی ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ در رودخانه شایر با استفاده از مدل SWAT پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در نتیجه تبدیل اراضی جنگلی به چراگاه، کشتزار و مناطق مسکونی دبی پیک جریان بیشتر و زمان عبور سریع تر شده است. Phomcha و همکاران (۲۰۱۲) به ارزیابی فعالیت های حفاظت خاک و کنترل فرسایش با استفاده از مدل SWAT در یکی از حوزه های مرکزی تایلند پرداختند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که تقریباً ۴۰ درصد مساحت آبخیز جزو مناطق فرسایشی شدید بود. همچنین نتیجه گرفتند که ترکیب فعالیت جنگلکاری و مالچ پاشی بیشترین تاثیر را در کاهش رسوب سالانه داشت. سعادتی و همکاران

استفاده بهینه از این منابع نیاز مبرم به برنامه‌ریزی یکپارچه و علمی در مدیریت منابع طبیعی احساس می‌شود. از طرفی پیچیدگی مدیریت منابع طبیعی از مشکلات موجود در مطالعات مربوط به این علم با توجه به اینکه آبخیزها اکوسیستم‌های (Heathcote, 1998., Letcher, 2002., Jakeman and Letcher, 2003) می‌باشد زنده و پایدار و متشکل از حلقه‌های متصل و وابسته به هم همچون (Pollard, ۲۰۰۲) زمین، آب، فلور و فون، و انسان تشکیل شده است بنابراین مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به صورت دخالت برنامه‌ریزی شده و قانونمند در مدیریت منابع طبیعی با هدف کنترل یا حفاظت و استفاده بهینه از این منابع یک امر ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد در این بین، چرخه هیدرولوژی یکی از مهمترین ابعاد مدیریت جامع آبخیزها می‌باشد که در پروژه‌ها و مطالعات انجام شده در زمینه مدیریت جامع آبخیزها به آن کمتر پرداخته شده است و بیشتر بر روی مدیریت اراضی تمرکز شده است (Darghouth et al., 2008). در حالی که بررسی و تمرکز بر روی نقش اقدامات مدیریت جامع آبخیز در بهبود چرخه هیدرولوژیکی یک ضرورت اجتناب ناپذیر می‌باشد. در این زمینه و برای بهبود تصمیم‌گیریهای اجرایی می‌توان از تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از سناریوهای مختلف مدیریتی در مقیاسهای مختلف مکانی و زمانی در قالب مدل سازی بهره برد. قابلیت سناریوسازی با مدل‌ها می‌تواند در یافتن شاخص‌های منطقی برای ارزیابی وضعیت اکولوژیکی زیست محیطی با توجه به فاکتورهای مرتبط همچون اقلیم، زمین و منابع آبی کارایی خوبی داشته باشد (Krysanov et al., 2005). در بحث سناریوسازی از مدل‌هایی که به دنبال پاسخ سوالات «چه می‌شود اگر...» هستند می‌توان استفاده نمود. این مدل‌ها برای حالت‌هایی که اجرای آنها در دنیای واقعی غیرممکن و یا زمان‌بر است، استفاده می‌شوند (Fu et al., ۲۰۰۶; Silberstein, ۲۰۰۶).

در دو دهه گذشته مدل‌های زیادی همچون ANSWERS<sup>۱</sup> (Yoon and Beasley and Hugins, 1982) AGNPS<sup>۲</sup> (Disrud, 1993) HSPF<sup>۳</sup> (Johanson et al., 1984) EPIC<sup>۴</sup> (William et al., 1984) به منظور پیش‌بینی و بررسی اثرات تغییرات محیط‌زیستی و فعالیت‌های کشاورزی در مقیاس مزرعه و آبخیز ارائه شده‌اند. در این بین انعطاف پذیری بالای مدل SWAT<sup>۵</sup> (Arnold et al., 1984) امکان بررسی اثر شبیه‌سازی متغیرهای گسترده ساختاری و غیرساختاری مدیریت پوشش گیاهی نظیر شخم حفاظتی، پوشش گیاهی، میزان و زمان کوددهی، کمربندهای حفاظتی، و روش‌های بیومکانیکی همچون تراش و بانکت‌ها را فراهم می‌نماید

1-What if...

2-Areal Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation

3-Agricultural non-point source (AGNPS) distributed parameter model

4-Hydrologic Simulation Program-Fortran

5-The Environmental Policy Integrated Climate (EPIC) model

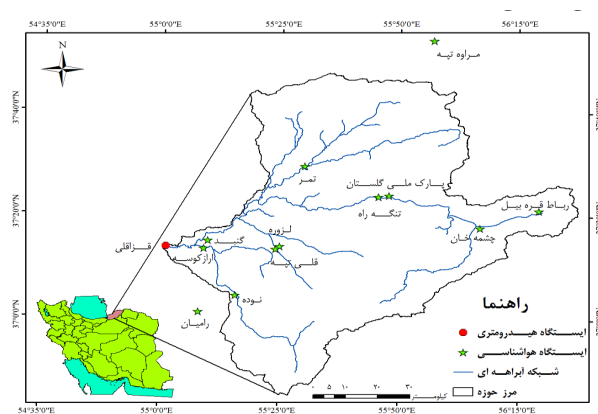
6- Soil and Water Assessment Tool

رویکرد مبتنی بر اقدامات بیولوژیکی بر هیدرولوژی حوزه آبخیز قزاقلی با استفاده از مدل SWAT می‌باشد. با توجه به اینکه هر یک از اکوسیستم‌ها از منابع خاصی برخوردار می‌باشند، برنامه‌ریزی در قالب سناریوهای مدیریتی به منظور اصلاح، توسعه و بهره‌برداری متناسب با منابع طبیعی منجر به تضمین موفقیت پروژه‌های اجرایی و در نهایت سلامت منطقه خواهد شد.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قزاقلی با مساحت ۷۰۷۲ کیلومتر مربع در استان گلستان و در چین خوردگی‌های شمالی سلسله جبال البرز قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع این حوزه آبخیز از ۲۸۸۹ متر در مناطق کوهستانی تا ۱۷ متر در مناطق دشتی متغیر است. درجه حرارت متوسط سالانه حوزه آبخیز ۱۸/۲ درجه سانتی‌گراد و بارش متوسط سالانه در حدود ۵۵۰ میلی‌متر است. جدول ۱ خصوصیات و مساحت پوشش گیاهی و زراعی را در هر یک از کاربرهای حوزه آبخیز قزاقلی نشان می‌دهد.

(۲۰۰۶) با بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز کسلیان با استفاده از مدل SWAT، ضمن کارا دانستن مدل، به افزایش قابل توجه میزان رواناب در اثر تبدیل کاربری جنگل به دیم اشاره داشتند. غفاری و همکاران (۲۰۰۹) اثرات هیدرولوژیکی تغییر کاربری اراضی حوزه آبخیز زنگان رود را در طی یک دوره چهار دهه مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که تغییر کاربری اراضی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ منجر به افزایش ۳۳ درصدی رواناب سطحی و کاهش ۲۲ درصدی سطح آب‌های زیرزمینی شده است. حسینی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر روی بیلان آب حوزه آبخیز طالقان با استفاده از مدل SWAT پرداختند. بررسی بیلان آبی در سال ۲۰۰۷ نشان داد که رواناب ۷/۳ درصد افزایش و جریان زیر قشری و آب زیرزمینی به ترتیب ۱۱/۳ و ۱۱ درصد کاهش داشته‌اند. با توجه به نتایج سوابق تحقیق، مطالعات کمی پیرامون ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریت پوشش گیاهی اکوسیستم‌های کشور تحت رویکرد مدیریت مبتنی بر اقدامات بیولوژیکی در راستای مدیریت جامع آبخیزها صورت گرفته است. با توجه به اهمیت موضوع، هدف این مطالعه بررسی اثر سناریوهای مختلف مدیریت پوشش گیاهی با



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان

شد و با توجه به رابطه ۱۲، ترکیب‌های محتمل فعالیت‌های مدیریتی در قالب ۱۶ سناریو تدوین گردید (جدول ۲). سپس به منظور تعیین پراکنش مکانی فعالیت‌های مدیریتی در سطح حوزه آبخیز قزاقلی، لایه‌های مرز حوزه، هیپسومتری، شیب، تراکم پوشش گیاهی، کاربری اراضی، عمق خاک و گروه هیدرولوژیکی خاک‌ها در محیط ArcGIS تهیه شد و با در نظر گرفتن قواعد سناریوسازی (جدول ۱)، مناطق مستعد اجرای هر یک از سناریوهای مدیریتی مشخص گردید.

### تهیه سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی

پس از شناسایی منابع تولید رواناب در سطح یک آبخیز و تعیین اهمیت نسبی آنها، فهرستی از کلیه راه‌حل‌های ممکن برای برطرف نمودن مشکلات آبخیز تهیه می‌گردد. در این مطالعه با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط سعدالدین و همکاران (۲۰۱۰) در حوزه آبخیز رامیان استان گلستان، فعالیت‌های مدیریتی قابل اجرا در منطقه با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود (فنی، زمانی و هزینه استقرار) مطابق با جدول ۱ در چهار فعالیت بیولوژیک تهیه

جدول ۱- قواعد ایجاد سناریوهای مدیریتی در آبخیز مورد مطالعه (اقتباس از سعدالدین و همکاران، ۲۰۱۰)

فعالیت مدیریتی	ویژگی‌های مناطق مستعد اجرا
کشت بر روی تراس	مناطق زراعی با شیب ۱۲ تا ۱۵ درصد با خاک عمیق
جنگل کاری (درختکاری)	اراضی رها شده، خاک کم عمق، پوشش کم تراکم، شیب زیر ۶۵ درصد و ارتفاع حداکثر تا ۱۸۰۰ متر
باغات	مناطق جنگلی، خاک نیمه عمیق، پوشش نیمه متراکم، با شیب زیر ۶۵ درصد و ارتفاع حداکثر ۱۸۰۰ متر
اگروفارستری	مناطق زراعی با شیب ۱۵-۳۰ درصد و خاک نیمه عمیق تا عمیق

جدول ۲- سناریوهای تدوین شده برای مدیریت بیولوژیک حوزه آبخیز قزاقلی

سناریو	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
کشت بر روی تراس	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱
جنگل کاری	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱
احداث باغ	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱
اگروفارستری	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱

عدد (۱) نماینده استفاده از فعالیت مورد نظر و (۰) به منزله عدم استفاده از آن در هر سناریو می باشد.

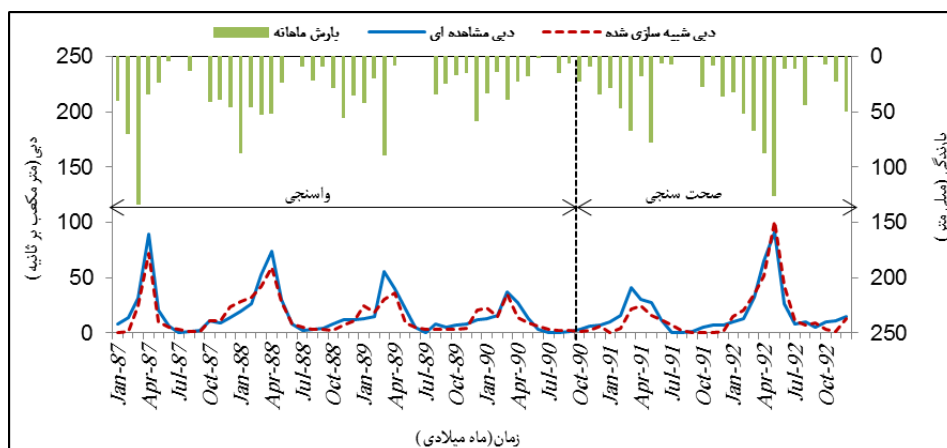
گردید. پس از این مراحل، شبیه‌سازی مدل برای ارزیابی سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۰۵-۲۰۰۰ انجام شد و به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته شد.

### نتایج

با اجرای مدل، نتایج به ترتیب در سه مرحله واسنجی، اعتبارسنجی و شبیه‌سازی ارائه گردید. شکل ۲ نشان‌دهنده گراف جریان در مرحله واسنجی (دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۸۷) و مرحله اعتبارسنجی (دوره آماری ۱۹۹۲-۱۹۹۱) است که بر این اساس انطباق زیادی بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده وجود دارد. جدول ۳ میزان این انطباق را بر اساس سه شاخص ارزیابی نشان می‌دهد که در مرحله واسنجی ضریب تعیین ( $R^2$ ) برابر ۰/۸۶، ضریب ناش-ساتکلیف (ENS) برابر ۰/۸۴ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برابر ۷/۵۳ به دست آمد. همچنین مقادیر این شاخص‌ها برای دوره اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۸۴ و ۸/۵۹ به دست آمدند. مقدار P-factor برابر ۷۹ درصد و R-factor برابر ۱/۵۱ در مرحله واسنجی می باشد و برای مرحله اعتبارسنجی به ترتیب برابر ۹۲ درصد و ۲/۹۱ است.

### شبیه‌سازی بارش-رواناب با استفاده از مدل SWAT

در این پژوهش برای شبیه‌سازی رواناب از مدل نیمه‌توزیعی SWAT مطابق با رابطه ۱ در مقیاس ماهانه جریان استفاده شد. بدین منظور در فرآیند تبدیل بارش به رواناب برای برآورد عمق حداکثر رواناب از روش استدلالی و برای برآورد عمق رواناب از روش شماره منحنی استفاده شد. روندیابی جریان با استفاده از روش ماسکینگام انجام گردید. همچنین تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن-مانتیس محاسبه شد (Mulungu and Munishi, 2007). در مرحله آنالیز حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی، از برنامه GLUE تحت بسته نرم‌افزاری SWAT CUP استفاده گردید. در این مرحله ایستگاه هیدرومتری قزاقلی در خروجی حوزه آبخیز به عنوان ایستگاه مبنا برای مشاهده تغییرات رواناب در عملیات واسنجی در دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۸۷ و اعتبارسنجی دوره زمانی سال ۱۹۹۲-۱۹۹۱ انتخاب شد. برای ارزیابی دقت و صحت مدل در مراحل واسنجی و اعتبارسنجی از شاخص‌های ارزیابی ضریب تعیین ( $R^2$ )، ضریب ناش-ساتکلیف (ENS) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. همچنین درجه عدم قطعیت مدل توسط دو فاکتور P-factor و R-factor بررسی



شکل ۳- مقادیر ماهانه رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی

جدول ۳- شاخص‌های ارزیابی برای بررسی دقت و صحت جریان پیش‌بینی شده

شاخص آماری					مرحله
R-factor	P-factor	RMSE	$E_{NS}$	$R^2$	
۱/۵۱	٪۷۹	۷/۵۳	۰/۸۴	۰/۸۶	واسنجی
۲/۹۱	٪۹۲	۸/۵۹	۰/۸۳	۰/۸۴	اعتبارسنجی

با در نظر گرفتن قواعد سناریوسازی (جدول ۲) مناطق مستعد اجرای هر یک از سناریوهای مدیریتی برای آبخیز قراقلی مشخص گردید. مساحت تحت پوشش هر یک از انواع کاربری‌های اراضی در شرایط فعلی در جدول ۵ و در شرایط هر یک از سناریوها در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- مساحت تحت پوشش هر یک از انواع کاربری‌های اراضی فعلی

کد کاربری	نوع کاربری	مساحت	درصد
AGRC	اراضی کشاورزی با کشت نامنظم و غیر ردیفی	۱۲۱۸۸۳/۵	۱۷/۳
AGRR	اراضی کشاورزی به صورت کشت ردیفی	۱۱۵۴۲۱/۰	۱۶/۳
FRSE	جنگل‌های همیشه سبز (تراکم متوسط)	۲۳۵۷۸/۶	۳/۳
FRST	مخلوط جنگل‌های همیشه سبز و خزان کننده (تراکم متوسط)	۱۹۱۲۹۹/۷	۲۷/۱
RNGB	مرتع- بوته زار	۲۴۷۴۴۶/۲	۳۵/۰
URLD	ناحیه مسکونی- با تراکم جمعیت پایین	۴۹۵۸/۲	۰/۷
URMD	ناحیه مسکونی- با تراکم جمعیت متوسط	۱۶۷۹/۹	۰/۲
WATR	آب	۳۰۳/۶	۰/۰
مجموع		۷۰۶۵۷۰/۷	۱۰۰

جدول ۶- درصد تحت پوشش هر یک از انواع کاربری‌ها در سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی

کاربری	sn1	sn2	sn3	sn4	sn5	sn6	sn7	sn8	sn9	sn10	sn11	sn12	sn13	sn14	sn15	sn16
AGRC	۱۷/۳	۱۴/۹	۱۷/۳	۱۶/۲	۱۱/۳	۱۴/۹	۱۶/۲	۱۰/۲	۱۳/۹	۹/۲	۱۱/۳	۱۳/۹	۱۰/۲	۹/۲	۸/۲	۸/۲
AGRR	۱۶/۳	۱۵/۹	۱۶/۳	۱۶	۱۲	۱۵/۹	۱۶	۱۱/۶	۱۵/۵	۱۱/۶	۱۲	۱۵/۵	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۲	۱۱/۲
FRSE	۳/۳	۳/۳	۰/۱	۳/۳	۳/۳	۰/۱	۰/۱	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۳/۳	۰/۱
FRST	۲۷/۱	۲۷/۱	۱۸/۴	۲۷/۱	۲۷/۱	۲۲/۶	۲۲/۶	۲۷/۱	۲۷/۱	۲۷/۱	۲۷/۱	۱۸/۴	۱۸/۴	۱۸/۴	۲۷/۱	۱۸/۴
RNGB	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
URLD	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
URMD	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
WATR	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تراس بندی	۰	۲/۸	۰	۰	۰	۲/۸	۰	۰	۲/۸	۰	۲/۸	۰	۰	۲/۸	۲/۵	۲/۵
جنگلکاری	۰	۰	۱۲	۰	۰	۷/۷	۷/۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲	۱۲	۰	۱۲
باغات	۰	۰	۰	۱/۴	۰	۰	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۰	۰	۱/۴	۰	۱/۴	۱/۴	۱/۴
آگروفارستری	۰	۰	۰	۰	۱۰/۳	۰	۰	۰	۱۰/۳	۰	۰	۰	۰	۱۰/۳	۱۰/۳	۱۰/۳

رواناب ماهانه، فصلی و سالانه را در شرایط هر یک از سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی نشان می‌دهد.

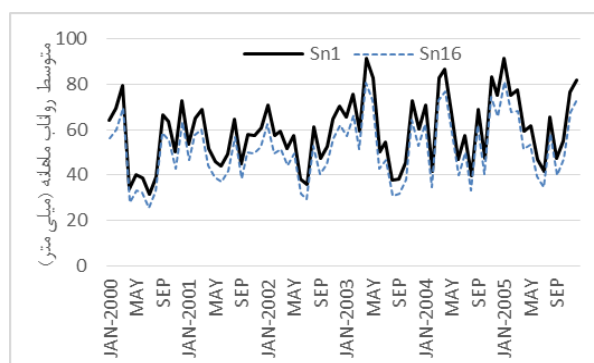
با توجه روش تحقیق، به منظور تخمین رواناب ناشی از تغییرات موجود آمده در سناریوهای مختلف مدیریت پوشش گیاهی، مدل SWAT در محدوده پارامترهای واسنجی شده اجرا شد. جدول ۷ درصد تغییرات

جدول ۷- درصد تغییرات رواناب ماهانه، فصلی و سالانه در شرایط هر یک از سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی

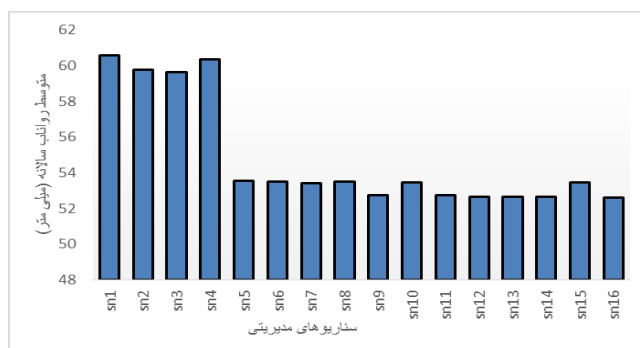
سناریو	sn1	sn2	sn3	sn4	sn5	sn6	sn7	sn8	sn9	sn10	sn11	sn12	sn13	sn14	sn15	sn16
زانویه	۰	-۱/۲۴	-۱/۳۸	-۰/۳۳	-۱۰/۶۷	-۱۰/۶۸	-۱۰/۷۱	-۱۰/۷۴	-۱۱/۹۲	-۱۰/۷۶	-۱۱/۹۲	-۱۲/۰۲	-۰/۱۲	-۱۲/۰۱	-۱۰/۷۸	-۱۲/۰۴
فوریه	۰	-۱/۳۸	-۱/۳۹	-۰/۴۴	-۱۰/۶۷	-۱۰/۷۴	-۱۰/۹۰	-۱۰/۸۸	-۱۲/۰۴	-۱۰/۹۴	-۱۲/۰۴	-۱۲/۳۵	-۱۲/۲۹	-۱۲/۳۳	-۱۰/۹۹	-۱۲/۳۹
مارس	۰	-۱/۴۰	-۱/۴۵	-۰/۴۲	-۱۰/۱۵	-۱۰/۲۲	-۱۰/۳۵	۱۰/۳۰	-۱۱/۵۶	-۱۰/۳۳	-۱۱/۵۶	-۱۱/۸۸	-۱۱/۷۲	-۱۱/۷۵	-۱۰/۳۸	-۱۱/۸۰
آوریل	۰	-۱/۴۴	-۱/۵۳	-۰/۴۴	-۱۰/۷۱	-۱۰/۷۸	-۱۲/۰۵	-۱۰/۸۵	-۱۲/۱۵	-۱۰/۸۶	-۱۲/۱۵	-۱۲/۳۱	-۱۲/۳۱	-۱۲/۳۱	-۱۰/۹۵	-۱۲/۳۸
می	۰	-۱/۵۲	-۱/۷۷	-۰/۴۲	-۱۲/۱۰	-۱۲/۲۴	-۱۲/۴۱	-۱۲/۱۹	-۱۳/۶۴	-۱۲/۲۰	-۱۳/۶۴	-۱۳/۵۹	-۱۳/۷۴	-۱۳/۷۴	-۱۲/۲۲	-۱۳/۷۷
ژوئن	۰	-۱/۴۷	-۱/۸۴	-۰/۳۲	-۱۳/۹۴	-۱۳/۹۹	-۱۴/۰۱	-۱۴/۰۱	-۱۵/۴۸	-۱۴/۰۱	-۱۵/۴۸	-۱۵/۵۳	-۱۵/۵۳	-۱۵/۵۵	-۱۳/۹۹	-۱۵/۵۳
ژولای	۰	-۱/۳۸	-۱/۸۰	-۰/۳۱	-۱۴/۲۳	-۱۴/۲۳	-۱۴/۲۵	-۱۴/۲۳	-۱۵/۶۵	-۱۴/۲۷	-۱۵/۶۵	-۱۵/۶۸	-۱۵/۶۸	-۱۵/۷۰	-۱۴/۲۷	-۱۵/۷۰
آگوست	۰	-۱/۲۹	-۱/۵۰	-۰/۳۳	-۱۲/۴۶	-۱۲/۴۸	-۱۲/۵۰	-۱۲/۵۰	-۱۳/۷۷	-۱۲/۶۴	-۱۳/۷۷	-۱۳/۸۱	-۱۳/۸۲	-۱۳/۹۷	-۱۲/۶۸	-۱۴
سپتامبر	۰	-۱/۱۱	-۱/۵۲	-۰/۳۱	-۱۲/۳۰	-۱۲/۳۶	-۱۲/۳۹	-۱۲/۴۱	-۱۳/۴۳	-۱۲/۵۱	-۱۳/۴۳	-۱۳/۶۴	-۱۳/۵۴	-۱۳/۶۴	-۱۲/۵۵	-۱۳/۶۸
اکتبر	۰	-۱/۳۴	-۱/۷۳	-۰/۳۴	-۱۲/۷۷	-۱۲/۷۹	-۱۲/۸۱	-۱۲/۸۳	-۱۴/۱۳	-۱۲/۹۲	-۱۴/۱۳	-۱۴/۲۸	-۱۴/۱۹	-۱۴/۲۸	-۱۲/۹۶	-۱۴/۳۴
نوامبر	۰	-۱/۲۷	-۱/۶۴	-۰/۳۹	-۱۰/۹۸	-۱۱/۱۲	-۱۱/۱۱	-۱۱/۱۲	-۱۲/۲۲	-۱۱/۱۷	-۱۲/۲۲	-۱۲/۴۱	-۱۲/۳۵	-۱۲/۴۱	-۱۱/۳۳	-۱۲/۴۶
دسامبر	۰	-۱/۳۱	-۱/۳۸	-۰/۳۸	-۱۰/۸۶	-۱۰/۹۳	-۱۱/۰۷	-۱۰/۹۶	-۱۲/۱۷	-۱۰/۹۹	-۱۲/۱۷	-۱۲/۳۱	-۱۲/۳۸	-۱۲/۳۱	-۱۱/۰۳	-۱۲/۳۴
بهار	۰	-۱/۴۵	-۱/۵۷	-۰/۴۳	-۱۰/۸۹	-۱۰/۹۸	-۱۱/۵۱	-۱۱/۰۲	-۱۲/۳۵	-۱۱/۰۴	-۱۲/۳۵	-۱۲/۵۱	-۱۲/۴۹	-۱۲/۵۰	-۱۱/۰۸	-۱۲/۵۶
تابستان	۰	-۱/۳۸	-۱/۷۰	-۰/۳۲	-۱۳/۴۹	-۱۳/۵۱	-۱۳/۵۴	-۱۳/۵۳	-۱۴/۹۱	-۱۳/۵۹	-۱۴/۹۱	-۱۴/۹۵	-۱۴/۹۶	-۱۵/۰۲	-۱۳/۶۰	-۱۵/۰۳
پاییز	۰	-۱/۲۵	-۱/۶۴	-۰/۳۵	-۱۱/۹۳	-۱۲/۰۱	-۱۲/۰۲	-۱۲/۰۴	-۱۳/۱۸	-۱۲/۱۱	-۱۳/۱۸	-۱۳/۳۶	-۱۳/۲۸	-۱۳/۳۶	-۱۲/۱۶	-۱۳/۴۱
زمستان	۰	-۱/۳۱	-۱/۳۹	-۰/۳۹	-۱۰/۷۳	-۱۰/۷۹	-۱۰/۸۹	-۱۰/۸۶	-۱۲/۰۵	-۱۰/۸۹	-۱۲/۰۵	-۱۲/۲۳	-۱۲/۱۹	-۱۲/۲۲	-۱۰/۹۳	-۱۲/۲۶
سالانه	۰	-۱/۳۵	-۱/۵۶	-۰/۳۸	-۱۱/۶۰	-۱۱/۶۶	-۱۱/۸۵	-۱۱/۷۰	-۱۲/۹۶	-۱۱/۷۵	-۱۲/۹۶	-۱۳/۱۰	-۱۳/۰۷	-۱۳/۱۱	-۱۱/۷۸	-۱۳/۱۵

طبق نتایج جدول ۷، اعمال سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی نسبت به شرایط موجود (سناریوی ۱) نشان دهنده کاهش رواناب ماهانه حوزه آبخیز قزاقلی می‌باشند. به طوری که سناریوی ۱۶ (شامل همه گزینه‌های مدیریتی) و سناریوی ۱۴ (شامل گزینه‌های کشت بر روی تراس، جنگلکاری و آگروفارستری) بیشترین تأثیر را بر کاهش رواناب داشته‌اند. از طرفی نتایج این جدول نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر در ماه‌های ژوئن و ژولای (خرداد و تیر) به ترتیب با ۱۵/۷۰ و ۱۵/۵۳ درصد اتفاق افتاده است. در بین سناریوهای منفرد نیز سناریوی ۵

طبق نتایج جدول ۷، اعمال سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی نسبت به شرایط موجود (سناریوی ۱) نشان دهنده کاهش رواناب ماهانه حوزه آبخیز قزاقلی می‌باشند. به طوری که سناریوی ۱۶ (شامل همه گزینه‌های مدیریتی) و سناریوی ۱۴ (شامل گزینه‌های کشت بر روی تراس، جنگلکاری و آگروفارستری) بیشترین تأثیر را بر کاهش رواناب داشته‌اند. از طرفی نتایج این جدول نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر در ماه‌های ژوئن و ژولای (خرداد و تیر) به ترتیب با ۱۵/۷۰ و ۱۵/۵۳ درصد اتفاق افتاده است. در بین سناریوهای منفرد نیز سناریوی ۵



شکل ۴- متوسط رواناب ماهانه در شرایط سناریو ۱ و ۱۶



شکل ۵- متوسط رواناب سالانه سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی

به کاهش ۱۳/۱۵ درصدی رواناب سالانه نسبت به وضع موجود شده است. همچنین در تمامی سناریوها، تأثیر اقدامات مدیریتی در ماه‌های ژوئن و ژولای (خرداد و تیر) بیشتر از ماه‌های دیگر است که بدون شک مهمترین دلیل آن تکامل درصد پوشش گیاهی و تاج پوشش است که ضمن افزایش چشمگیر میزان تبخیر و تعرق باعث کاهش رواناب شده است. کمترین تأثیر سناریوهای مدیریتی نیز در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس (دی، بهمن و اسفند) رخ داده است که این نیز در ارتباط با حداقل بودن تاج پوشش گیاهان و رژیم بارش در این دوره می‌باشد، بطوری که کاهش تاج پوشش در این ماه‌ها منجر به کاهش سطح حفاظتی خاک، اثر کمتر در جلوگیری از برخورد قطرات باران به سطح خاک، کاهش برگ‌آب، کاهش نفوذپذیری خاک و افزایش مقدار شماره منحنی گردیده است. همچنین مرطوب‌ترین ماه‌های این منطقه شامل آذر، دی، بهمن و اسفند بوده و حداکثر بارش ماهانه نیز در این بازه زمانی رخ می‌دهد. از این رو بیشتر کاهش رواناب در مقیاس فصلی نیز در فصل تابستان و کمترین تأثیر در فصل زمستان رخ داده است.

طبق نتایج در حالت ترکیبی سناریوهای مدیریتی بیشترین تأثیر کاهش رواناب دیده می‌شود که این در مورد سناریوهای ۶ به بعد صدق می‌کند. در بین سناریوهای منفرد نیز سناریوی ۵ (آگروفارستری) با ۱۱/۶ درصد بیشترین تأثیر را بر کاهش رواناب داشته است. از آنجا در اجرای موفق چنین طرح‌هایی، آبخیز‌نشینان به عنوان مهمترین عامل می‌باشند، باید در مطالعات مدیریت یکپارچه حوزه آبخیز، پذیرش مردمی مورد بررسی

### بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه به منظور ارزیابی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبخیز فزاقلی به سناریوهای مختلف مدیریت پوشش گیاهی از مدل SWAT استفاده گردید. در ابتدا به ارزیابی کارایی مدل با استفاده از ضرایب ناش-ساتکلیف، ضریب تعیین و ریشه مربعات خطا پرداخته شد. مقادیر بالای ضرایب  $R^2$  و ENS و مقادیر پایین RMSE در طی هر دو دوره واسنجی و صحت‌سنجی نشان دهنده دقت بالای مدل در دو مرحله واسنجی و صحت‌سنجی بود. مقادیر نسبتاً بالای P-factor و مقادیر کم R-factor در این مراحل نیز بیانگر دقت بالای مدل در شبیه‌سازی و عدم قطعت کم پیش‌بینی‌هاست؛ به طوری که اکثر داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل در باند تخمین عدم قطعیت ۹۵ درصد قرار گرفتند. اما عدم انطباق درست مقادیر بالای دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده نشان دهنده ضعف مدل در شبیه‌سازی وقایع سیلابی است که این با نتایج Phomcha و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. در این بین چو و شیرمحمدی (۲۰۰۴)، رستمیان و همکاران (۲۰۱۰) و Phomcha و همکاران (۲۰۱۱) یکی از دلایل عدم کارایی قابل قبول مدل در پیش‌بینی دبی‌های اوج بالا را ناشی از رواناب حاصل از ذوب برف می‌دانند.

همانطور که نتایج نشان می‌دهد در تمامی ماه‌ها و فصول سال میزان کاهش رواناب در شرایط سناریوی ۱۶ (اجرای تمام گزینه‌های مدیریت پوشش گیاهی) بیشتر از سایر سناریوها می‌باشد که در نهایت منجر



- 4 -Darghouth, S., Ward, C., Gambarelli, G., Styger, E., Roux, J. (2008). Watershed Management Approaches, Policies, and Operations: Lessons for Scaling Up. Water sector bord discussion paper series. Paper No. 11. 142 Pp.
- 5 -Fu, G., Chen, S., McCool, D., (2006). Modeling the impacts of no-till practice on soil erosion and sediment yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS. *Soil & Tillage Research*. 85: 38-49.
- 6 -Gassman, P. W., Osei, E., Saleh, A., Rodecap, J., Norvell, S., Williams, J. (2006). Alternative practices for sediment and nutrient loss control on livestock farms innortheast Iowa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117(2-3), 135-144.
- 7 -Gassman, P. W., Reyes, M., Green, C. H., & Arnold, J. G. (2007). SWAT peer-reviewed literature: a review. In *Proceedings. Third International SWAT Conference*, 13 July-15 July 2005, Zurich, Switzerland.
- 8-Ghaffari, G., Ghodousi, j. and Ahmadi, H. (2009). Investigating the hydrological effects of land use change in catchment (Case study: Zanjanrood Basin. *J. of Water and Soil Conservation*. 16(1). 163-180.
- 9 -Heathcote, I.W., (1998). *Integrated watershed management*, John Wiley and Sons, 414p.
- 10 -Hosseini, H., Ghafouri, A. M., Amin, M. S. M., Tabatabaei, M. R., Goodarzi, M., AbdeKolahchi, A.. (2012). Effects of Land Use Changes on Water Balance in Taleghan Catchment, Iran. *J. Agr. Sci. Tech*. 14: 1159-1172.
- 11 -Jakeman, A. J., Letcher, R. A., Rojanasoonthon, S., Cuddy, S., Scott, A., (2005). Integrating knowledge for river basin management: progress in Thailand. *ACIAR Monograph No. 118*, 220p.
- 12 -Johanson, R. C., Imhoff, J. C., Davis, H. H., Kittle, J. L., Donigian, A. S. (1984). *HSPF: Hydrologic Simulation Progam Fortran* (p. 80). User's Manual, U.S.EPA Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia.
- 13 -Krysanova, V., Hattermann, F. F., Habeck, A. (2005). Expected changes in water resources availability and water quality with respect to

قرار گیرد. در تحقیقات سعدالدین و همکاران (۲۰۱۰) در منطقه رامیان استان گلستان نتایج با تاکید بر ملاک اجتماعی نشان داد که در اکثر زیرحوزه‌ها بعد از سناریوی اول (حفظ وضعیت موجود)، سناریوی آگروفارستری اولویت انتخابی آبخیزنشینان می‌باشد. همچنین در حوزه آبخیز سوسرا سناریوی آگروفارستری - باغ کاری دارای بیشترین پذیرش مردمی توسط آبخیزنشینان بود (سعدالدین و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج پذیرش مردمی در این تحقیقات مبین آن است که سناریوی آگروفارستری در بین مردم منطقه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. حال آنکه گسترش پوشش جنگلی در آبخیزهای منطقه از استقبال مردمی برخوردار نمی‌باشد. استقبال آبخیزنشینان از دو گزینه آگروفارستری و باغکاری شاید به دلیل تامین معاش و درآمد از طریق باغ‌داری و امنیت شغلی باشد. دلیل دیگر را می‌توان آن دانست که در آگروفارستری و باغ کاری آبخیزنشینان خود را مالک زمین دانسته و در حفظ و نگهداری آن می‌کوشند؛ حال آنکه در ظاهر جنگلداری برای آنها فایده اقتصادی ندارد. تخریب جنگل‌های منطقه به دلیل چرای مفرط و بهره‌برداری نامناسب از آبخیزها به خوبی بیانگر این موضوع می‌باشد. با این حال پیشنهاد می‌شود در حوزه آبخیز قزاقلی نیز مطالعه ای پیرامون میزان پذیرش سناریوها توسط آبخیزنشینان در کنار جنبه‌های اقتصادی، اکولوژیکی و... صورت پذیرد. در پایان می‌توان اظهار کرد رویکرد سناریوسازی به کار رفته در این تحقیق توانایی پیش‌بینی اثرات مختلف (به غیر از اثرات اجتماعی) اقدامات مدیریتی بیولوژیک را فراهم می‌سازد. لذا با کمک این رویکرد، برنامه‌ریزان و بهره‌برداران آبخیز قادرند پس از آگاهی از نتایج اقدامات مختلف بر اساس اولویت‌ها و محدودیت‌های موجود قبل از انجام هر گونه فعالیتی و تحمل هزینه‌ها و پیامدهای احتمالی ناخواسته، به انتخاب برترین سناریوها در بین سناریوهای ممکن نائل شوند.

## منابع

- 1 -Arnold, J. G., Srinivasan, R., Mutiah, R.S. and Williams, J. R. (1998). Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 34(1):73-89
- 2 -Beasley, D. B., Hugins, L. F. (1982). ANSWERS: Areal non-point source watershed environmental responses simulation (p. 54). User's Manual, U.S.EPA Report, Chicago, IL.
- 3 -Chu, T.W., And A, Shirmohammadi. (2004). Evaluation of the SWAT model hydrology component in the piedmont physiographic region of Maryland, *Trans. ASAE*: 47(4): 1057- 1073.

- Mousavian, S. F., Heidarpour, M., Jalalian, A., Abbaspour, K.C. (2010). Application of a SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran. *Hydrological Sciences Journal*: 53(5): 977 – 988.
- 22 -Saadati, H., Gholami, Sh.A., Sharifi, F. and Ayoubzadeh, S.A. (2006). An Investigation of The Effects of Land Use Change on Simulating Surface Runoff Using SWAT Mathematical Model (Case Study: Kasilian Catchment Area). *Iranian J. Natural Res.*, 59(2). 301-313
- 23 -Saddidin, A., Bay,A.m., and Rahimi, M. (2009). Multi-criteria decision making in integrated watershed management of Sosera watershed (Golestan province). The fourth conference of watershed management and soil and water resources management. Kerman-Iran. 486-496
- 24 -Sadoddin, A., Sheikh,V., Mostafazadeh, R., Halili, M.Gh. (2010). Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. *International Journal of Plant Production* 4 (1).
- 25 -Silberstein R. P. (2006). Hydrological Models are so good, do we still need data? *Environmental Modelling & Software*, 21:1340-1352.
- 26 -William, J. R., Jones, C. A., Dyke, P. T. (1984). A modeling approach for determining the relationship between erosion and soil productivity. *Transactions of the ASAE*, 27(1), 129–144.
- 27 -Yoon, J., Disrud, L. A. (1993). Evaluation of agricultural nonpoint source pollution control on water quality in Southwestern North Dakota with AGNPS model (pp. 1–122). Research Report, Agricultural Engineering Department, North Dakota State University, Fargo, ND 58105.
- climate change in the Elbe River (Germany). *Nordic Hydrol*, 36 (4–5): 321–333.
- 14 -Letcher, R. A., (2002). Issues in integrated assessment and modelling for catchment management. Ph.D. thesis Centre for Resource and Environmental Studies. The Australian National University. Canberra, 314p.
- 15 -Li, K.Y., Coe, M.T., Ramankutty, N., De Jong, R. (2007). Modeling the hydrological impact of land-change in West Africa, *J. of Hydro.*, 337: 258-268.
- 16 -Mulungu, D. M., Munishi, S. E. (2007). Simiyu River catchment parameterization using SWAT model, *Physics and Chemistry of the Earth*, 32: 1032–1039
- 17 -Palamuleni, L. G., Ndomba, P. M., Annegarn, H. J. (2011). Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire river catchment, Malawi. *Reg Environ Change*. DOI 10.1007/s10113-011-0220-2
- 18 -Phomcha, P., Wirojanagud, P., Vangpaisaland, T., Thaveevouthti, T. (2011). Predicting sediment discharge in an agricultural watershed: A case study of the Lam Sonthi watershed Thailand. *J of scienceasia*. 37:43-50.
- 19 -ikounis, M., Aranou, E., Baltas, E., Dassaklis, A., Mimikou, M. (2003). Application of the SWAT model in the Pinos River in under different land-use Scenarios, *Global Nest J.*, 5: 2. 71-79.
- 20 -Pollard, S., (2002). Operational sing the new Water Act: contributions from the save the sand project- an integrated catchment management initiative. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27: 941-948.
- 21 -Rostamian, R., Jaleha, A., Afyunia, M.,

