



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

گزارش کوتاه علمی

## برآورد حجم رواناب و رسوب در زیرحوضه سد گراتی با استفاده از مدل SWAT

بیژن نظری<sup>۱</sup>، \*فرشته بتوخته<sup>۲</sup>، مهدی محمدی قلعه‌نی<sup>۳</sup> و بهنام آبابایی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان،

<sup>۲</sup>استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک، <sup>۳</sup>دکتری مهندسی آبیاری، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان،

واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۲

### چکیده

**سابقه و هدف:** از مسائل مطرح در مدیریت آب در حوضه‌های آبریز، برآورد میزان تولید رسوب هر یک از زیرحوضه‌ها است. تعیین حجم ماهانه و سالانه جریان و رسوب رودخانه‌های بالادست سدهای مخزنی، در مراحل طراحی و بهره‌برداری این مخازن، اهمیت قابل توجهی دارند. پیشرفت تکنولوژی نرم‌افزارهای رایانه‌ای و شناخت فرآیندهای فرسایش و رسوب و تشخیص نسبی عوامل مؤثر بر آن، امکان استفاده از انواع مدل‌های ریاضی را فراهم نموده است. از آنجا که نتایج حاصل از بعضی از مدل‌ها با مقادیر واقعی تطبیق داشته، از این‌رو استفاده از مدل‌های فرسایش و رسوب در مطالعات حوزه آبخیز افزایش یافته است. به‌منظور برآورد حجم ماهانه و سالانه جریان و رسوب در زیرحوضه سد گراتی، مدل SWAT به‌کار گرفته شد. مدل SWAT یک مدل جامع و کامل در مقیاس حوضه‌ای می‌باشد که برای پیش‌بینی تأثیر روش‌های مدیریتی متفاوت بر جریان، رسوب، عناصر غذایی و بیلان مواد شیمیایی در حوضه‌هایی با خاک، کاربری اراضی و شرایط مدیریتی متفاوت برای دوره‌های زمانی طولانی ارائه شده است.

**مواد و روش‌ها:** جهت مدل‌سازی حوضه مطالعاتی از داده‌های و نقشه‌های مختلفی استفاده می‌گردد اطلاعات و داده‌های ورودی مدل شامل نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه کاربری اراضی، نقشه خاک و داده‌های هواشناسی شامل بارندگی، حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه، سرعت باد و رطوبت هوا می‌باشد. جهت واسنجی و صحت‌سنجی مدل از نرم‌افزار SWAT-CUP استفاده شد که دارای روش‌های متنوعی از جمله الگوریتم SUF2 برای واسنجی پارامترها می‌باشد. در پژوهش حاضر با استفاده از آمار مشاهده‌شده ماهانه دبی و رسوب در حوضه مورد مطالعه و با استفاده از پارامترهای فیزیکی، ارقام برآورد شده توسط مدل SWAT کالیبره گردید، سپس اقدام به ارزیابی مدل SWAT شد. برای واسنجی مدل در برآورد رواناب آمار سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۰۱ (۱۶ سال) از ایستگاه بیدواز اسفراین و سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۹ (۶ سال) از ایستگاه قلعه‌سفید و برای مرحله صحت‌سنجی از آمار سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۰۵ (۴ سال) در ایستگاه بیدواز اسفراین و سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۱ (۲ سال) در ایستگاه قلعه‌سفید استفاده شده

\* مسئول مکاتبه: batoukhtehf@yahoo.com

است. همچنین داده‌های بار رسوب در سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۱ (۳ سال) در ایستگاه قلعه سفید اندازه‌گیری شده‌اند. بار رسوبی اندازه‌گیری شده حداقل در یک روز از هر ماه سال اندازه‌گیری شده است. به عبارتی برای هر ماه از سال حداقل یک داده اندازه‌گیری رسوب اندازه‌گیری و در مدل استفاده شده است.

**یافته‌ها:** مدل واسنجی شده از دقت قابل قبولی برای برآورد دبی ماهانه در ایستگاه‌های بیدواز اسفراین و قلعه سفید برخوردار بود. به طوری که مقادیر پارامترهای میانگین مجذور خطا (MSE)، ضریب همبستگی ( $R^2$ ) و پارامتر ناش - سانتکلیف (NS) برای دبی ماهانه در ایستگاه بیدواز اسفراین به ترتیب برابر ۰/۵۱۶، ۰/۸۷ و ۰/۶۴، برای دبی در ایستگاه قلعه سفید به ترتیب برابر ۰/۵۵، ۰/۸۹ و ۰/۷۱، و برای رسوب در ایستگاه قلعه سفید به ترتیب برابر ۰/۷۲، ۰/۵۹ و به دست آمد. نتایج نشان داد که مجموع عمق رواناب سالانه در زیرحوضه گراتی حدود ۲۲/۴ میلی‌متر و مجموع بار رسوب سالانه حدود ۷۷۳ تن در سال در کیلومتر مربع می‌باشد که با احتساب مساحت ۷۴۷/۱ کیلومتر مربع برای این زیرحوضه، مجموع حجم درازمدت سالانه رواناب برابر ۱۶/۷۱ میلیون مترمکعب برآورد می‌گردد و همچنین سالانه حدود ۵۷۶۹۸۳ تن رسوب از حوضه گراتی خارج خواهد شد. حداکثر بار رسوب و رواناب در ماه‌های اردیبهشت و خرداد رخ می‌دهد.

**نتیجه‌گیری:** بررسی نتایج مدل SWAT در شبیه‌سازی رسوب نشان داد که قابلیت مدل در شبیه‌سازی رسوب خوب است. علی‌رغم عدم قطعیت زیاد در تعیین رسوب، مدل SWAT توانسته است در دوره کالیبراسیون و دوره صحت‌سنجی به خوبی زمان وقوع حداکثر آورد رسوب را شبیه‌سازی نماید.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم SUFI2، رسوب، رواناب، SWAT 2012

### مقدمه

یکی از مسائل و مشکلاتی که همواره تأسیسات آبی را متأثر ساخته و عمر مفید سدها را به مخاطره می‌اندازد، رسوب‌گذاری در مخازن آنهاست که تا حدی اجتناب‌ناپذیر است بنابراین برآورد رسوب ورودی به سد، رسوب ته‌نشین شده و حجم رسوب پس از یک دوره از اهمیت بسیاری برخوردار است. از طرفی مقدار رواناب، فرسایش و انتقال رسوب بسته به شرایط هیدرولوژیکی، خاک و پوشش در سطح حوضه تغییر می‌کند و این باعث می‌گردد که شبیه‌سازی فرایندهای فوق نیازمند ارائه اطلاعات لازم از چگونگی تغییرات مکانی این عوامل باشد. یکی از روش‌های نوین برآورد رسوب که امروزه بسیار مورد

توجه پژوهشگران قرار گرفته، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی است که در مهر و موم‌های اخیر توسعه زیادی یافته است. هدف پژوهش کاربرد مدل SWAT<sup>۱</sup> برای شبیه‌سازی رواناب ماهانه و رسوب ماهانه در حوضه گراتی می‌باشد. مدل SWAT با پردازش داده‌های مؤثر و به‌کارگیری لایه‌های مختلف GIS رسوب را شبیه‌سازی می‌کند. در دهه اخیر در نقاط مختلف جهان از مدل SWAT استفاده‌های مختلفی شده است. ویجیاک و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مدل SWAT میزان بار رسوب در حوضه دانوب را برآورد کردند. بر اساس ارزیابی آنها با وجود کمبود داده‌های رسوب برای کالیبراسیون مدل،

کرده و با استفاده از شاخص‌هایی مانند R-factor و P-factor عملکرد مدل را در شبیه‌سازی رواناب و رسوب بسیار مطلوب ارزیابی کردند. آن‌ها با توجه به مؤلفه‌های بیلان آب شامل رواناب سطحی، جریان جانبی آب و جریان ناشی از آب زیرزمینی این عملکرد مطلوب را به عدم ارتباط زیاد جریان آب سطحی و زیرزمینی در منطقه نسبت دادند. این در حالی است که در مناطقی مانند حوضه Coach در چین به علت وجود ارتباط بین آب سطحی و زیرزمینی و تأثیر سازه‌هایی مانند سد و مخزن شبیه‌سازی مطلوب نبوده است (۱).

### مواد و روش‌ها

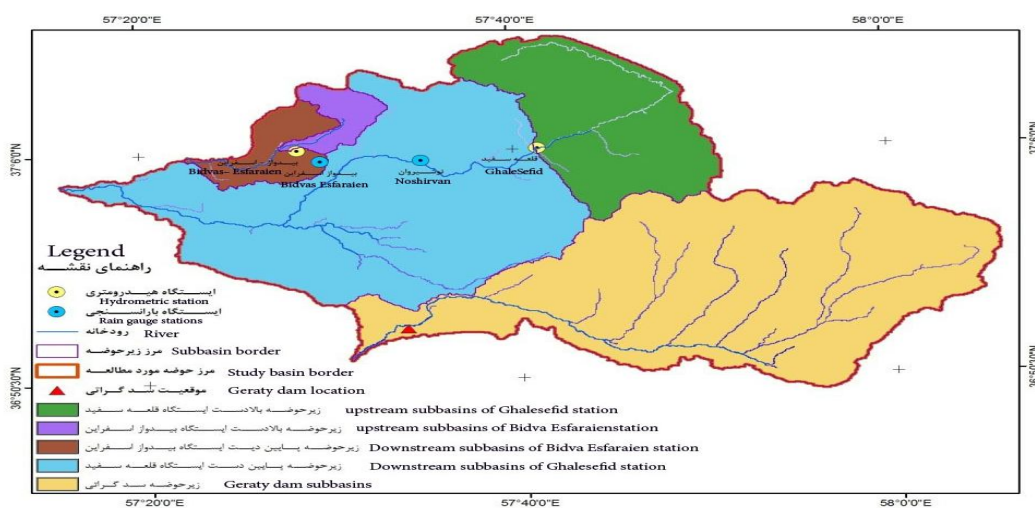
**مشخصات حوضه مورد مطالعه:** حوضه آبریز سد گراتی واقع در استان خراسان شمالی، شهرستان اسفراین، دارای مساحت ۷۲۳ کیلومتر مربع می‌باشد. بلندترین نقطه این حوضه ۳۱۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. شیب متوسط این حوضه نیز ۱۴ درصد می‌باشد. در زیرحوضه گراتی که حوضه‌ای درجه ۳ می‌باشد هیچ‌گونه ایستگاه هیدرومتری یا هواشناسی وجود ندارد. به منظور قابلیت استفاده از آمار ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی منطقه، مرز زیرحوضه گراتی به حوضه مورد مطالعه برای مدل SWAT توسعه داده شده است. در این حوضه دو ایستگاه باران‌سنجی نوشیروان و بیدواز اسفراین به همراه دو ایستگاه هیدرومتری قلعه سفید و بیدواز اسفراین قرار دارد. همچنین در مجاورت این حوضه ایستگاه باران‌سنجی و هیدرومتری روئین عراقی و ایستگاه باران‌سنجی خوش نیز قرار دارند.

**جمع‌آوری اطلاعات ورودی و مدل‌سازی:** اطلاعات و داده‌های اساسی مدل شامل نقشه مدل رقمی ارتفاع (DEM)، نقشه کاربری اراضی، اطلاعات مربوط به کاربری اراضی؛ نقشه خاک، اطلاعات خاکشناسی

این مدل می‌تواند برای بررسی تأثیر مدیریت رسوب تحت شرایط فعلی و تغییرات آب‌وهوا مناسب می‌باشد (۶). محمد و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل SWAT میزان رواناب و رسوب سالانه حوضه سد دهوک در شمال شهر دهوک/عراق را برآورد نمود. بر اساس نتایج میانگین رواناب و رسوب سالانه به ترتیب برابر ۱۴/۳ میلیون مترمکعب و ۱۰۳\*۱۲۴/۶ تن برآورد گردید (۵). حق‌پرست و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از مدل SWAT تولید رسوب حوضه آبریز رودخانه کن را شبیه‌سازی کردند. نتایج مدل‌سازی انجام‌شده از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۲ مقدار رسوب‌دهی رودخانه را حدود ۱۱۵ ton/year/km<sup>2</sup> برآورد کردند (۴). عارفی‌اصل و همکاران (۲۰۱۲) از مدل SWAT جهت برآورد رواناب و رسوب در حوضه آبخیز چهل‌چای در شرق استان گلستان استفاده کردند. طبق نتایج، این مدل توانایی کاربرد در آبخیزهای کوهستانی، پرشیب و جنگلی را دارد و پیش‌بینی رضایت‌بخشی از دبی روزانه و پیش‌بینی خوب تا عالی از رسوب حوضه داشته است (۲). چانتها و همکاران (۲۰۱۱) از مدل SWAT برای ارزیابی هیدرولوژیکی، رسوب و میزان مواد آلی در حوزه‌های آبخیز بزرگ استفاده کرده و نواحی دارای شرایط بحرانی را در حوزه موردنظر شناسایی کردند. مناطق دارای شرایط بحرانی در قسمت‌های بالایی حوزه قرار داشتند که به عواملی از جمله شیب زیاد و شدت بارندگی زیاد و پوشش گیاهی کم مربوط بوده است. آن‌ها نتیجه گرفتند که مدل SWAT قادر است ارزیابی درستی از شرایط حوزه داشته باشند (۳). تعیین عدم قطعیت با روش SUFI2 شامل بررسی دبی جریان و یا مطالعه رسوب می‌باشند. در همین راستا و به منظور بررسی توانایی مدل SWAT در شبیه‌سازی دبی جریان و رسوب در حوضه Alpine سوئیس، عباسپور و همکاران (۲۰۰۷) از این روش استفاده

خروجی دو زیرحوضه قلعه سفید و بیدواز اسفراین دقیقاً در محل ایستگاه‌های هیدرومتری این زیرحوضه‌ها باشد تا با استفاده از داده‌های این ایستگاه‌ها مدل SWAT واسنجی و صحت‌سنجی شود. همچنین خروجی زیرحوضه گرانی در مجاورت موقعیت سد گرانی قرار گرفت تا نتایج خروجی از این زیرحوضه به‌عنوان نتایج تحقیق بررسی شود. شکل ۱ مشخصات رسم شده توسط مدل SWAT در محیط نرم‌افزار GIS را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است سد گرانی در محل خروجی زیرحوضه ۵ واقع شده است و خروجی این زیرحوضه نتایج اصلی پژوهش حاضر می‌باشد.

منطقه (از جمله تعداد لایه‌ها، گروه‌های هیدرولوژی، عمق خاک، بافت خاک و ...) و داده‌های هواشناسی مانند بارندگی، حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه و دبی رودخانه در ایستگاه هیدرومتری واقع در خروجی حوضه جهت انجام مراحل واسنجی می‌باشد. پس از معرفی نقشه توپوگرافی، مرز و شبکه رودخانه‌های حوضه مورد مطالعه به محیط نرم‌افزار ArcGIS، مدل SWAT مشخصات مرز حوضه، مرز زیرحوضه‌ها، نقاط خروجی زیرحوضه‌ها، رودخانه‌های حوضه و سایر پارامترهای حوضه را ترسیم می‌کند. مدل حوضه مورد مطالعه در SWAT طوری ساخته شد که حوضه موردنظر به ۵ زیرحوضه تقسیم شود و



شکل ۱- حوضه سد گرانی، زیرحوضه‌های آن و شبکه هیدروگرافی.

Figure 1. The Geraty dam watershed, sub-basins and the hydrographic network.

بر اساس نقشه DEM منطقه رسم می‌شود. پس از معرفی سه نقشه کاربری اراضی، خاکشناسی و طبقات شیب به مدل SWAT، این مدل با روی هم‌گذاری این نقشه‌ها واحدهای واکنش هیدرولوژیکی حوضه (HRU) را آماده می‌کند. پس از ساخت واحدهای واکنش هیدرولوژیکی، داده‌های هواشناسی موردنیاز به مدل SWAT معرفی می‌شود. داده‌های بارندگی،

در مرحله بعد با استفاده از نقشه خاک (نقشه خاکشناسی منطقه مورد مطالعه در مقیاس مطلوب ۱:۲۵۰,۰۰۰ از مؤسسه تحقیقات خاک و آب خریداری شد)، کاربری اراضی (نقشه کاربری اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ از پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری تهیه شد) و نقشه طبقات شیب که در ۵ طبقه (۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۱۵ و >۳۰ شیب)

۲۰۰۹-۲۰۰۴ (۶ سال) از ایستگاه قلعه سفید و برای مرحله صحت‌سنجی از آمار سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۰۵ (۴ سال) در ایستگاه بیدواز اسفراین و سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۱ (۲ سال) در ایستگاه قلعه سفید استفاده شده است. همچنین داده‌های بار رسوب در سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۱ (۳ سال) در ایستگاه قلعه سفید اندازه‌گیری شده‌اند که داده‌های بار رسوب در ایستگاه قلعه سفید به دو قسمت برای مراحل واسنجی و صحت‌سنجی تقسیم شدند که از بین ۲۵ داده، ۲۰ داده برای واسنجی و ۵ داده برای صحت‌سنجی انتخاب شدند. بار رسوبی اندازه‌گیری شده حداقل در یک روز از هر ماه سال اندازه‌گیری شده است. به عبارتی برای هر ماه از سال حداقل یک داده اندازه‌گیری رسوب اندازه‌گیری و در مدل استفاده شده است. به عنوان مثال در ایستگاه قلعه سفید ۴۰ داده اندازه‌گیری رسوب در روز، ماه و سال‌های متفاوت اندازه‌گیری و برای مدل‌سازی استفاده شده است (جدول‌های ۱ و ۲). جدول ۳ نشان می‌دهد که بیش‌ترین آبدهی ویژه در ماه‌های فصل بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد) هست. همچنین جدول ۳ به خوبی نتایج مدل SWAT را در مورد شبیه‌سازی رواناب در زیرحوضه گراتی تأیید می‌کند.

دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشیدی دو ایستگاه سینوپتیک سبزوار و بجنورد به عنوان ایستگاه‌های تولیدکننده داده‌های هواشناسی مورد استفاده قرار گرفتند. علاوه بر این ایستگاه‌ها، داده‌های طولانی‌مدت بارندگی روزانه دو ایستگاه باران‌سنجی نوشیروان و اسفراین جهت شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب به مدل SWAT وارد شدند. دوره آماری بارندگی روزانه مربوط به ایستگاه‌های مذکور شامل ۲۶ سال است که از سال ۱۹۸۶ شروع و به سال ۲۰۱۱ ختم می‌شوند.

### نتایج و بحث

پس از معرفی و واردکردن داده‌های موردنیاز به مدل SWAT این مدل اجرا می‌شود. مراحل استخراج نتایج از مدل SWAT شامل اجرای اولیه مدل، SWAT، آنالیز حساسیت و عدم قطعیت مدل، واسنجی و صحت‌سنجی مدل SWAT انجام گرفت. واسنجی و صحت‌سنجی مدل SWAT: ایستگاه بیدواز اسفراین دارای ۲۰ سال آمار هیدرومتری (۲۰۰۵-۱۹۸۶) و ایستگاه قلعه سفید دارای ۸ سال آمار هیدرومتری (۲۰۱۱-۲۰۰۴) می‌باشد. برای واسنجی مدل در برآورد رواناب آمار سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۸۶ (۱۶ سال) از ایستگاه بیدواز اسفراین و سال‌های

جدول ۱- نتایج واسنجی مدل SWAT.

Table 1. The results of calibration swat model.

SSQR	MSE	NS	R <sup>2</sup>	r-factor	p-factor	پارامتر
115	0.516	0.64	0.87	0.39	0.13	دبی اسفراین Bidouaz Esfaraïen st. Discharge
53	0.55	0.71	0.89	0.79	0.08	دبی قلعه سفید GhaleSefid st. Discharge
102	4.20	0.59	0.72	1.04	0.06	رسوب قلعه سفید GhaleSefid st. sediment

جدول ۲- نتایج صحت‌سنجی مدل SWAT برای رواناب و بار رسوب.

**Table 2. The results of validation swat model for runoff and sediment.**

SSQR	MSE	NS	R <sup>2</sup>	r-factor	p-factor	پارامتر
18.01	0.075	0.76	0.76	0.54	0.27	دبی بیدواز اسفراین Bidouaz Esfaraïen st. Discharge
12.01	0.125	0.82	0.69	0.86	0.15	دبی قلعه سفید GhaleSefid st. Discharge
27.04	1.08	0.49	0.82	1.82	0.34	رسوب قلعه سفید GhaleSefid st. sediment

جدول ۳- میانگین درازمدت ماهانه بارش، رواناب و بار رسوب شبیه‌سازی شده زیرحوضه گراتی.

**Table 3. The long-term average monthly of simulated rainfall, runoff and sediment load in the Geraty dam basin.**

میانگین بلندمدت long-term average			پارامتر Parameter	ماه month
بار رسوب Sediment load (ton/ha)	رواناب Runoff (mm)	بارش Rainfall (mm)		
0.24	1.92	9.93		مهر (Sep)
0.42	2.10	25.24		آبان (Oct)
0.40	0.58	36.41		آذر (Nov)
0.77	1.93	39.78		دی (Dec)
0.13	0.29	38.42		بهمن (Jan)
0.05	0.46	61.85		اسفند (Feb)
0.32	1.39	45.24		فروردین (Mar)
2.14	6.28	24.35		اردیبهشت (Apr)
2.76	3.45	7.95		خرداد (May)
0.26	1.84	2.53		تیر (Jun)
0.04	0.60	1.45		مرداد (Jul)
0.18	1.55	3.48		شهریور (Aug)
7.73	22.39	296.64		مجموع سالانه (Total annual)

می‌باشد. همچنین در سال ۲۰۱۱ مقدار بار رسوب می‌تواند به دلایل زیر بیش‌تر از سال‌های دیگر باشد:

- ۱- این‌که با توجه به تغییر مشخصات شدت-مدت-فراوانی بارش و ریزش بارش‌های با شدت بیش‌تر، این بارش‌ها باعث فرسایش خاک و تولید رسوب شده است. ۲- بروز خشک‌سالی و از بین رفتن پوشش گیاهی مقدار و سرعت نفوذ آب به خاک را نسبت به سال‌های قبل کم‌تر کرده است و این باعث ایجاد رواناب و فرسایش بیشتر و تولید رسوب شده است.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش از مدل مفهومی- نیمه‌توزیعی SWAT، در محیط ArcGIS، و نیز الگوریتم تحلیل عدم قطعیت SUFI2 در برنامه SWAT-CUP، به‌طور موفقیت‌آمیزی برای شبیه‌سازی رواناب و برآورد حجم رسوب در زیرحوضه گراتی استفاده شد. سد گرامی باهدف بهینه‌سازی رواناب رودخانه کال ولایت (گراتی) در راستای دستیابی به آب مطمئن کشاورزی در منطقه صورت پذیرفته است. نتایج مرحله واسنجی و صحت‌سنجی نشان داد که دقت برآورد دبی و بار رسوب قابل قبول می‌باشد. با بررسی مقادیر به‌دست آمده در مورد شبیه‌سازی رسوب با مدل SWAT می‌توان نتیجه گرفت که علی‌رغم عدم قطعیت‌های بسیار در تعیین رسوب، مدل SWAT توانسته است در دوره کالیبراسیون و دوره صحت‌سنجی به‌خوبی زمان وقوع حداکثر آورد رسوب را شبیه‌سازی نماید، اگرچه بین مقدار حداکثر رسوب واقعی و حداکثر رسوب شبیه‌سازی‌شده، اختلاف وجود دارد. از روش‌شناسی این پژوهش می‌تواند در مناطق با شرایط مشابه استفاده نمود.

نتایج این مرحله نشان داد که مجموع عمق رواناب سالانه در زیرحوضه گراتی حدود ۲۲/۳۹ میلی‌متر می‌باشد که با احتساب مساحت ۷۴۷/۱۰۹ کیلومترمربع برای این زیرحوضه، مجموع آورد درازمدت سالانه در زیرحوضه گراتی برابر ۱۶۷۱ میلیون مترمکعب برآورد شده است. مجموع بار رسوب سالانه در زیرحوضه گراتی حدود ۷۷۳ تن در سال در کیلومترمربع است. با احتساب مساحت حوضه گراتی، سالانه حدود ۵۷۶۹۸۳ تن رسوب از حوضه گراتی خارج خواهد شد (حجم رسوب با استفاده از وزن مخصوص رسوب که حدود ۱/۲ تن در مترمکعب در نظر گرفته‌شده، به‌دست آمده است). با احتساب عمر مفید سد حدود ۵۰ سال، نتیجه می‌شود که حدود ۲۴/۰۴۸ میلیون مترمکعب رسوب در این ۵۰ سال وارد سد خواهد شد. مقدار متوسط رسوب برآورد شده با استفاده از روش‌های تجربی یونسکو، فورنیه و E.P.M به‌ترتیب ۵۱۶/۸، ۶۴۹/۷ و ۶۵۴/۴ تن در سال در کیلومترمربع می‌باشد. با استفاده از میانگین این چهار روش (۶۰۹/۵ تن در سال در کیلومترمربع) به‌این‌ترتیب متوسط حجم رسوبات ورودی به مخزن سد گراتی در طی ۵۰ سال، ۱۹/۳ میلیون مترمکعب خواهد بود. همچنین به‌طورکلی برآورد مدل در مقدار بار رسوب شبیه‌سازی‌شده از مقادیر اندازه‌گیری‌شده برای آن در حوضه گراتی کم‌تر می‌باشد اما با توجه به نتایج کم‌تر یا بیش‌تر بودن مقدار برآورد بار رسوب هم با توجه به زمان و هم با توجه به ایستگاه موردنظر متفاوت است. به‌عنوان‌مثال در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مقدار برآورد مدل بسیار کم‌تر از مقدار مشاهداتی رسوب نسبت به سال ۲۰۱۱ می‌باشد و همچنین رسوب مشاهداتی در ایستگاه روئین عراقی نسبت به ایستگاه قلعه‌سفید به نتایج رسوب شبیه‌سازی‌شده توسط مدل نزدیک‌تر

منابع

1. Abbaspour, K.C., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., Zobrist, J., Srinivasan, R., and Reichert, P. 2007. Modelling of hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. *J. Hydrol.* 333: 413-430.
2. Arefi Asl, A., Najafinejad, A., Kiani, F., and Salmanmahiny, A.R. 2012. Simulating discharge and sediment production using SWAT in Chehelchai Watershed of Golestan province, *J. Range Water Manage.* 66: 3. 433-446. (In Persian)
3. Chantha, O., Sabine, S., Migue, J., and Pérez, S. 2011. Assessment of hydrology, sediment and particulate organic carbon yield in a large agricultural catchment using the SWAT model. *J. Hydrol.* 401: 145-153.
4. Haghparast, N., Kamali, M., Ahmadi, M. and Tjrshy, M. 2015. Simulation of sediment in the river basin kan Using swat & swat cup, The Tenth International Congress of Civil Engineering, Pp: 1-9. (In Persian)
5. Mohammad, M.E., Al-Ansari, N., and Knutsson, S. 2016. Scour and Erosion-Harris, Whitehouse & Moxon (Eds), Taylor & Francis Group, London, 978-1-1-138-02979-8.
6. Vigiak, O., Malagó, A., Bouraoui, F., Vanmaercke, M., Obreja, F., Poesen, J., Habersack, H., Fehér, J., and Grošelj, S. 2017. Modelling sediment fluxes in the Danube River Basin with SWAT. *Science of the Total Environment.* 599-600: 992-1012.





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(4), 2018*

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

### Short Technical Report

## The estimation of runoff and sediment volume of in the Geraty Sub basin using the SWAT Model

**B. Nazari<sup>1</sup>, \*F. Batoukhteh<sup>2</sup>, M. Mohammadi Ghalei<sup>3</sup> and B. Ababaei<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Imam Khomeini International University,

<sup>2</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering, University of Zanjan, <sup>3</sup>Assistant Prof.,  
Dept. of Water Science and Engineering, Arak University, <sup>4</sup>Ph.D. in Irrigation Engineering,  
Young Researchers and Elites Club, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Received: 01.21.2017; Accepted: 06.12.2018

### Abstract

**Background and Objectives:** Estimation of sediment values in sub-basins is an important issue in watershed water management. Determination of the monthly and annual river flow volume and sediment from upstream are very important in the design and operation of dams. The possibility of using mathematic models has been provided by expansion of computer software technologies and knowledge about factors affecting erosion and sedimentation. The use of erosion and sedimentation models in the watershed studies has increased due to good fitness between the results of some models and the observed values. In order to evaluate the SWAT capabilities in runoff and sediment simulation, this research was carried out in Geraty sub basin. The SWAT model is a comprehensive model for predicting the effects of different management methods on runoff, sediment, chemical and nutrient material transport in the basins with different soil, land use and management condition for long periods of time.

**Materials and Methods:** Different data and maps were used for preparation of required basic files for delineating the basin into sub-basins and HRUs. These basic file include: Digital Elevation Model (DEM), soil map and Land Use/Land Cover (LULC) map. The weather input data was including maximum and minimum daily air temperature, solar radiation, wind speed and relative humidity. SWAT-CUP software was used to calibration and validation of the model parameters. The SUFI-2 algorithm was used for parameter optimization. In this study, the SWAT model was calibrated with the monthly observed discharge and sediment rates and physical parameters. Then, the model was assessed. The model was calibrated using monthly discharge data from Bidouaz Esfaraieen station for the period 1986-2001 (16 years) and GhaleSefid station for the period 2004-2009 (6 years). Also, the model was validated using monthly discharge data from Bidouaz Esfaraieen station for the period 2002-2005 (4 years) and GhaleSefid station for the period 2010-2011 (2 years). The sediment load data for the years 2011-2009 (3 years) were measured in GhaleSefid station.

**Results:** Calibrated model showed an acceptable precision in simulation of monthly discharge in Bidouaz Esfaraieen and GhaleSefid stations. MSE,  $R^2$  and NS parameters for monthly discharge in Bidouaz Esfaraieen station was obtained 0.516, 0.87 and 0.64, respectively. In simulation of discharge in GhaleSefid station these statistic parameters were 0.55, 0.89 and 0.71, respectively. These statistic parameters in sediment simulation 0.42, 0.72 and 0.59,

---

\* Corresponding Author; Email: batoukhtehf@yahoo.com

respectively. The results showed that the total annual runoff depth at Geraty basin is about 22.39 mm and total annual sediment is about 773 ton/year/km<sup>2</sup>. Considering the area of 747.109 km<sup>2</sup> for this basin, the total volume of long-term annual runoff is estimated to 16.71 million cubic meters and also about 576983.31 tons of sediment will be drained out from the Geraty basin. The maximum sediment load and runoff occurs in April and May.

**Conclusion:** Analysis of the SWAT model results in sediment simulation shows that the model capability in sediment simulation is good. Regarding to high uncertainty in sediment prediction, the model was able to simulate the maximum amount of sediment in the calibration and validation phases successfully.

**Keywords:** Runoff, Sediment, SUFI2, SWAT 2012