Research Paper

Impact Assessment of Soil and Water Conservation Practices on Sediment Yield Changes in Kan Watershed, Tehran Province

Mohammad Hossein Ghavimi Panah [1], Leila Gholami [2*], Ataollah Kavian [3], Seyed Hamidreza Sadeghi [4]

[1] Ph. D. Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[2] Associate Professor (corresponding author), Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[3] Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[4] Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

10.22125/IWE.2023.403278.1726

Received:
June 20, 2023
Accepted:
September 15, 2023
Available online:
May 5, 2024

Keywords:
Water and Soil Conservation,
Erosion and Sediment,
Watershed Operation,
SWAT Model.

Abstract

Watershed management practices by biological, biomechanical and mechanical operations are not only trying to solving watershed problems, but also in line with the sustainable development through improving the economic condition and living standards of stakeholders. Therefore, the present study was conducted to impact evaluation of the soil and water conservation practices on the sediment yield of Kan watershed in Tehran province using the data of the period of 1998-2018. The initial results from the practices simulation using the SWAT model showed that there was the large difference between the simulated and observed values, the model was recalibrated and validated after steps performance of the sensitivity analysis with the 2-SUFI algorithm. Based on the obtained results, the coefficient value of explanation in the calibration and validation stage of model obtained equal to 0.74 and 0.86, respectively, and the Nash-Sutcliffe index value was equal to 0.74 and 0.77, respectively, that these values showed the model had the high efficiency for simulation. Then the simulation of watershed management practices investigated on the watershed level and the results indicated if the management practices implement the sediment values will reduce. In such a way that the sediment yield in the watershed reduced using practices simulation of terracing, masonry check dams, gabion check dams, loose stone dams, seeding and planting decreased with rates of 44.65, 26.72, 26.70, 8.03, 4.97 and 9.73 percent, respectively. Based on the obtained results, the areas where the soil and water conservation practices simulated there were the lowest sediment yield with the amount of 1.5 t ha^{-1} y^{-1}. In this regard, it can be stated that the usage from models, especially the SWAT model, due to the cost's reduction of the field operations and also the reduction of the required time for the analysis of management issues, it can be used as one of the appropriate solutions to improvement of the management level of watersheds. In addition, it can reduce the damage by erosion and sediment yield with implementing soil and water

* **Corresponding Author:** Leila Gholami
Address: Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
Email: l.gholami@sanru.ac.ir
Tel: +989183795376

conservation operations in a consolidated manner based on the conditions and potential of watersheds.

1. Introduction

Land resources are integral components of watershed ecosystems. These resources constitute natural assets and provide social, economic and ecological functions and services to the existing society. The wide-ranging functions and services of watersheds and land resources are, however, seriously compromised because of land degradation in many parts of the world, particularly soil erosion by water and wind (Gessesse et al., 2015). Soil erosion due to water and wind results in the loss of valuable topsoil and causes land degradation as well as environmental quality, water management and hydro-technical problems (Gholami et al., 2014). In this regard, one of the solutions to curb erosion and sediment yield is the implementation of soil and water protection measures at the level of watersheds, which, by affecting soil erosion factors, reduces or curbs sediment yield. Therefore, quantitative evaluation of watershed management measures is necessary in order to evaluate their effects and make correct decisions in the optimal implementation of these plans in similar conditions. Therefore, due to the fact that evaluating the effectiveness of these measures is expensive and time-consuming, the use of simulation software is inevitable. Therefore, the present study was conducted to impact evaluation of the soil and water conservation practices on the sediment yield of Kan watershed in Tehran province using the data of the period of 1998-2018.

2. Materials and Methods

In this study, SWAT was used to simulate. The input data for the SWAT model for this study were weather data, a digital elevation model (DEM), soil and land-use and streamflow data. The watershed was delineated into 22 sub-watersheds using a digital elevation model. Then, the area based on special conditions of soil types, land uses and topography was divided into HRU units. Daily weather data (precipitation, maximum and minimum temperature, relative humidity, and wind speed and sunshine hours) were obtained from three local weather gauges from 1 January 1998 to 30 September 2018. In this study, Swat Cup software and the SUFI-2 program were used to conduct the sensitivity analysis, calibration and validation.

3. Results

The initial results from the practices simulation using the SWAT model showed that there was the large difference between the simulated and observed values, the model was recalibrated and validated after steps performance of the sensitivity analysis with the 2-SUFI algorithm. Based on the obtained results, the coefficient value of explanation in the calibration and validation stage of model obtained equal to 0.74 and 0.86, respectively, and the Nash-Sutcliffe index value was equal to 0.74 and 0.77, respectively, that these values showed the model had the high efficiency for simulation. Then the simulation of watershed management practices investigated on the watershed level and the results indicated if the management practices implement the sediment values will reduce. In such a way that the sediment yield in the watershed reduced using practices simulation of terracing, masonry check dams, gabion check dams, loose stone dams, seeding and planting decreased with rates of 44.65, 26.72, 26.70, 8.03, 4.97 and 9.73 percent, respectively. Based on the obtained results, the areas where the soil and water conservation practices simulated there were the lowest sediment yield with the amount of 1.5 t ha^{-1} y^{-1}.

4.Discussion and Conclusion

In this regard, it can be stated that the usage from models, especially the SWAT model, due to the cost's reduction of the field operations and also the reduction of the required time for the analysis of management issues, it can be used as one of the appropriate solutions to improvement of the management level of watersheds. In addition, it can reduce the damage by erosion and sediment yield with implementing soil and water conservation operations in a consolidated manner based on the conditions and potential of watersheds.

4. Six important references

1) . Gessesse, B., Bewket, W., and Bräuning, A. 2015. Model-based characterization and monitoring of runoff and soil erosion in response to land use/land cover changes in the Modjo watershed, Ethiopia. Land degradation & development, 26 (7), 711-724.

2). Gholami, L., Banasik, K., Sadeghi, S. H., Darvishan, A. K., and Hejduk, L. 2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. Journal of Water and Land Development. 22: 51-60.

3). Kavian, A., Mohammadi, M., Gholami, L., and Rodrigo-Comino, J. 2018. Assessment of the spatiotemporal effects of land use changes on runoff and nitrate loads in the Talar River. Water, 10(4), 445.

4). Kuti, I. A., and Ewemoje, T. A. 2021. Modelling of sediment yield using the soil and water assessment tool (SWAT) model: a case study of the Chanchaga Watersheds, Nigeria. Scientific African. 13-25.

5). Setegn, S. G., Dargahi, B., Srinivasan, R., and Melesse, A. M. 2010. Modeling of Sediment Yield from Anjeni-Gauged Watershed, Ethiopia Using SWAT Model 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 46 (3), 514-526..

6). Wu, L., Liu, X., Chen, J., Yu, Y., and Ma, X. 2022. Overcoming equifinality: Time-varying analysis of sensitivity and identifiability of SWAT runoff and sediment parameters in an arid and semiarid watershed. Environmental Science and Pollution Research, 29 (21), 31631-31645.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The current research was done as the doctoral dissertation of Mohammad Hossein Ghavimi Panah. We are grateful to Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University for financial support. The authors would also like to thank the editors and reviewers for their useful comments.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال چهاردهم. شماره پنجاه و پنج .بهار ۱۴۰۳

ارزیابی تاثیر اقدامات حفاظت خاک و آب بر تغییرات رسوب‌دهی حوزه آبخیز کن، استان تهران

محمدحسین قویمی پناه[۱]، لیلا غلامی*[۲] عطاالله کاویان[۳] و سیدحمیدرضا صادقی[4]

تاریخ ارسال:۱۴۰۲/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۶/۲۴

مقاله پژوهشی

چکیده

اقدامات آبخیزداری با انجام عملیات زیستی، زیست‌مهندسی و مهندسی، نه تنها درصدد حل مشکلات حوزه آبخیز است بلکه در راستای توسعه پایدار از طریق بهبود وضعیت اقتصادی و استانداردهای زندگی آبخیزنشینان است. بنابراین پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۶ ایستگاه آب‌سنجی سولقان، به ارزیابی تاثیر عملیات حفاظت خاک‌وآب بر رسوب‌دهی حوزه آبخیز کن در استان تهران پرداخته است. نتایج اولیه حاصل از شبیه‌سازی اقدامات با استفاده از مدل SWAT نشان‌دهنده اختلاف زیاد بین مقادیر شبیه‌سازی و مشاهداتی بود که پس انجام مراحل تحلیل حساسیت با الگوریتم SUFI-2 با استفاده از SWAT-CUP اقدام به واسنجی و اعتبارسنجی مدل شد. براساس نتایج به‌دست آمده مقدار ضریب تبیین در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی مدل به‌ترتیب برابر ۰/۷۴ و ۰/۸۶ و مقدار شاخص نش-ساتکلیف نیز برای مراحل مذکور به‌ترتیب برابر ۰/۷۴ و ۰/۷۷ به‌دست آمد که نشان‌دهنده کارایی بالای مدل در شبیه‌سازی است. سپس اقدام به شبیه‌سازی اقدامات آبخیزداری در سطح حوزه آبخیز مورد بررسی شد و نتایج حاکی از کاهش رسوب، در صورت اجرای اقدامات آبخیزداری بود به‌نحوی‌که رسوب در آبخیز کن با شبیه‌سازی اقدامات بانکت‌بندی، سنگی‌ملاتی، توری‌سنگی، خشکه‌چین، بذرکاری و نهال‌کاری به‌ترتیب ۴۴/۶۵، ۲۶/۷۲، ۲۶/۷۰، ۸/۰۳، ۴/۹۷ و ۹/۷۳ درصد کاهش یافت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مناطقی که در آن عملیات حفاظت خاک‌وآب شبیه‌سازی شده بود دارای کم‌ترین رده رسوب‌دهی با مقدار ۱/۵ تن بر هکتار در سال بودند. در همین راستا می‌توان بیان نمود که استفاده از مدل‌ها به خصوص مدل SWAT به‌دلیل کاهش هزینه‌های عملیات میدانی و هم‌چنین کاهش زمان مورد نیاز برای تحلیل مسائل مدیریتی، می‌تواند جز راهکارهای مناسب به منظور ارتقای سطح مدیریت حوزه‌های آبخیز مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین می‌توان با اجرای عملیات حفاظت خاک‌وآب به صورت تلفیقی بر اساس شرایط و پتانسیل حوزه‌های آبخیز تا حد زیادی از خسارات ناشی از فرسایش و رسوب را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: حفاظت آب و خاک، فرسایش و رسوب، عملیات آبخیزداری، مدل SWAT

[۱]. دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: m.h.ghavimi70@gmail.com
[۲]. دانشیار (نویسنده مسئول) گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: l.gholami@sanru.ac.ir
[۳]. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: a.kavian@sanru.ac.ir
[4]. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. رایانامه: sadeghi@modares.ac.ir

مقدمه

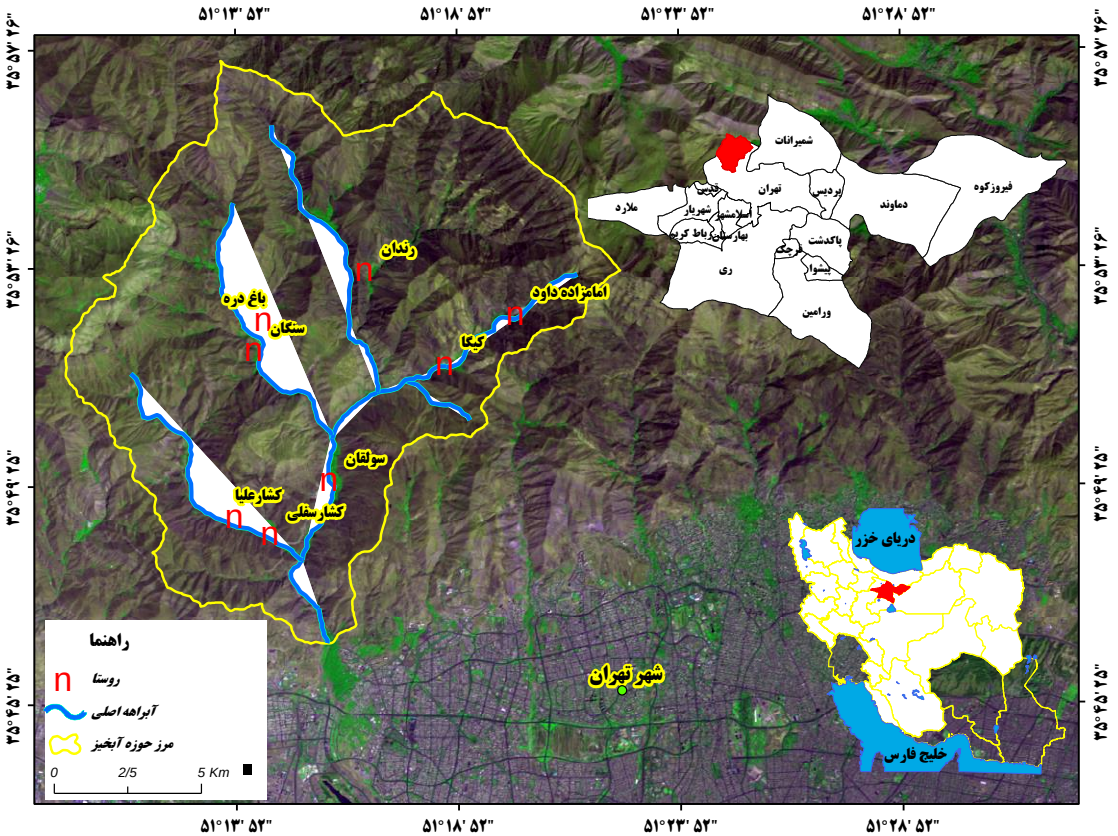
حوزه آبخیز، بوم‌سازگانی است که در آن موجودات زنده، عناصر زیست‌فیزیکی و مواد شیمیایی با هم ارتباط داشته و به صورت پویا با یکدیگر تعامل دارند (Asdak و همکاران، ۲۰۱۰). بوم‌سازگان‌های سالم به‌طور طبیعی پویا بوده و اغلب توانایی حفظ سلامت خود را دارند. با این حال، در بسیاری از بوم‌سازگان‌ها به دلیل فرسایش خاک، تغییر کاربری اراضی، افزایش بی‌رویه سطح برداشت آب زیرزمینی و تخریب پوشش‌گیاهی، این رژیم طبیعی دچار اختلال شده که این موارد می‌توانند باعث افزایش آسیب‌پذیری حوزه آبخیز شود (EPA US، ۲۰۱۲). با وجود تلاش‌های صورت گرفته امروزه شاهد روند رو به افزایش تخریب منابع طبیعی بوده و با وجود هزینه‌های بسیار سنگین هنوز هم نابودی و تخریب منابع طبیعی ادامه دارد (Gessesse و همکاران، ۲۰۱۵). فرسایش خاک و در نتیجه تولید رسوب ناشی از آن عاملی است که این منابع با ارزش را تهدید می‌کند (Gholami و همکاران، ۲۰۱۴). در همین راستا از جمله راهکارهای مهار فرسایش و رسوب، اجرای اقدامات حفاظت خاک‌وآب در سطح حوزه‌های آبخیز بوده که با تاثیر بر عوامل فرسایش خاک، موجب کاهش رسوب یا مهار آن می‌شود. از این‌رو ارزیابی کمّی اقدامات آبخیزداری به‌منظور ارزیابی اثرات آن‌ها و تصمیم‌گیری صحیح در اجرای بهینه این طرح‌ها در شرایط مشابه ضروری است. لذا با توجه به این‌که ارزیابی اثربخشی این اقدامات امری پرهزینه و زمان‌بر است استفاده از نرم‌افزارهایی شبیه‌سازی اجتناب‌ناپذیر است. بر همین اساس پژوهش‌های مختلفی در سراسر نقاط جهان (Himanshu و همکاران، ۲۰۱۹؛ Hosseini و Khaleghi، ۲۰۲۰؛ Kuti و Ewemoje، ۲۰۲۱؛ Wu و همکاران، ۲۰۲۲) در این زمینه صورت گرفته است. در این زمینه Setegn و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تاثیر اقدامات حفاظت خاک‌وآب بر رسوب حوزه آبخیز با استفاده از مدل SWAT پرداختند. ایشان بیان داشتند که با توجه به دقت بالای مدل، می‌توان از این مدل برای شبیه‌سازی سناریوهای مختلف مدیریتی استفاده نمود و در راستای برنامه‌ریزی برای اجرای مناسب‌ترین راهکارهای حفاظت خاک‌وآب استفاده کرد. در ادامه Vigiak و همکاران (۲۰۱۷) به شبیه‌سازی و برآورد رسوبات رودخانه دانوب با استفاده از مدل SWAT پرداختند که نتایج ایشان نشان‌دهنده کارایی بالای مدل در برآورد رسوبات بود. de Oliveira Serrão و همکاران (۲۰۲۲) نیز با شبیه‌سازی تاثیر پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی بر میزان رسوب حوزه آبخیز آمازون در برزیل بیان داشتند که رابطه معکوسی بین افزایش پوشش گیاهی با رسوب حوزه آبخیز وجود دارد. هم‌چنین dos Santos و همکاران (۲۰۲۳) به ارزیابی کارایی مدل SWAT در برآورد میزان فرسایش و رسوب پرداختند که نتایج آن‌ها حاکی از دقت بالای این مدل در برآورد میزان فرسایش و رسوب آبخیز موردبررسی بود. در ایران نیز احمدی‌افزادی (۱۳۹۳) به بررسی اثر کاربری عملیات آبخیزداری بر فرآیند هیدرولوژیک آبخیزها با استفاده از مدل SWAT در حوزه آبریز سد تنگوئیه سیرجان پرداخت و نتیجه حاصل از آن نشان داد عملیات آبخیزداری به طور متوسط دبی ماهانه رواناب را به میزان هفت درصد کاهش داده است. احمد آبادی و همکاران (۱۳۹۵) نیز به تحلیل اثرات عملیات آبخیزداری بر ویژگی‌های هیدروژئومورفولوژی حوزه آبخیز عنبران‌چای با استفاده از مدل SWAT پرداختند که نتایج نشان دهنده دقت بالای مدل در شبیه‌سازی فرآیندهای چرخه هیدرولوژی بود. در همین راستا گلزاری و همکاران (۱۳۹۹) به شبیه‌سازی کمی و کیفی رواناب و اقدامات آبخیزداری در آبخیز زرینه‌رود پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که شبیه‌سازی سه اقدام حفاظتی بندهای سنگی، خطوط تراز و مالچ‌پاشی در کل حوزه، کاهش ۶/۰۳ درصدی رواناب و ۱۷/۸۹ درصدی نیتروژن ورودی به دریاچه و افزایش ۱۱/۱۷ درصدی تغذیه آب زیرزمینی در اقدام خطوط تراز به‌عنوان بهترین راه‌کار بود. در ایران نیز باقری‌کلات و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی تاثیر اقدامات آبخیزداری بر فرسایش و رسوب حوزه آبخیز کاخک پرداختند که نتایج نشان داد مقدار رسوب به میزان ۵۰ درصد در اثر اقدامات آبخیزداری کاهش پیدا کرد. کوهدرزی‌مقدم و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب پرداختند که نتایج ایشان نشان داد بر اثر اجرای اقدامات آبخیزداری، میزان

رسوب آبخیز به میزان ۲۱ درصد کاهش یافت. هم‌چنین نتایج حاکی از کارا بودن اقدامات مهندسی و زیستی در کاهش رسوب‌دهی در منطقه موردبررسی عنوان شد. طبق بررسی پژوهش‌های صورت گرفته، مدل SWAT، به عنوان مدلی با دقت و کارایی بالا بوده که با توجه به امکانات بالایی که در اختیار کاربر می‌نهد، امکان ارزیابی اقدامات آبخیزداری در نوع سازه‌ای و غیرسازه‌ای را فراهم کرده است. همچنین این مدل به خوبی نمایانگر شرایط حاکم بر حوزه‌های آبخیز بوده که کمک شایانی به تصمیم‌گیران و مدیران در مدیریت و حفظ منابع طبیعی و حفظ آب و خاک می‌نماید. لذا در پژوهش حاضر سعی بر این شده است با در نظر گرفتن تأثیرات اقدامات حفاظت خاک اعم از اقدامات زیستی (بذرکاری و بذرپاشی، نهال‌کاری) و اقدامات مهندسی (احداث بندهای توری‌سنگی، سنگی-ملاتی، خشکه‌چین و بانکت‌بندی) بر رسوب‌دهی حوزه آبخیز کن پرداخته شود. این حوزه آبخیز به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی یکی از حوزه‌های آبخیز مهم کشور محسوب می‌شود و دارای فرسایش خاک بالایی است که از دلایل آن می‌توان به حساس بودن جنس سازندهای منطقه به فرسایش، نوع خاک منطقه، شیب زیاد آبخیز و عدم کاربری مناسب اراضی اشاره کرد.

مواد و روش

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کن با مساحت ۲۰۵۷۱ هکتار است یکی از حوزه‌های آبخیز دامنه جنوبی رشته کوه البرز است که خروجی این حوزه آبخیز مشرف به شهر تهران است. از نظر موقعیت جغرافیایی بین ″ ۲ ′ ۱۰ °۵۱ تا ″ ۳۵ ′ ۲۲ °۵۱ طول شرقی و ″ ۲۸ ′ ۴۶ °۳۵ تا ″ ۱۴ ′ ۵۷ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع آن به‌ترتیب ۳۸۴۰ و ۱۳۷۰ متر از سطح دریا است. شکل (۱) موقعیت این حوزه آبخیز را نسبت به کشور و استان تهران را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کن در ایران و استان تهران

داده‌های پژوهش

هواشناسی و هیدرولوژی

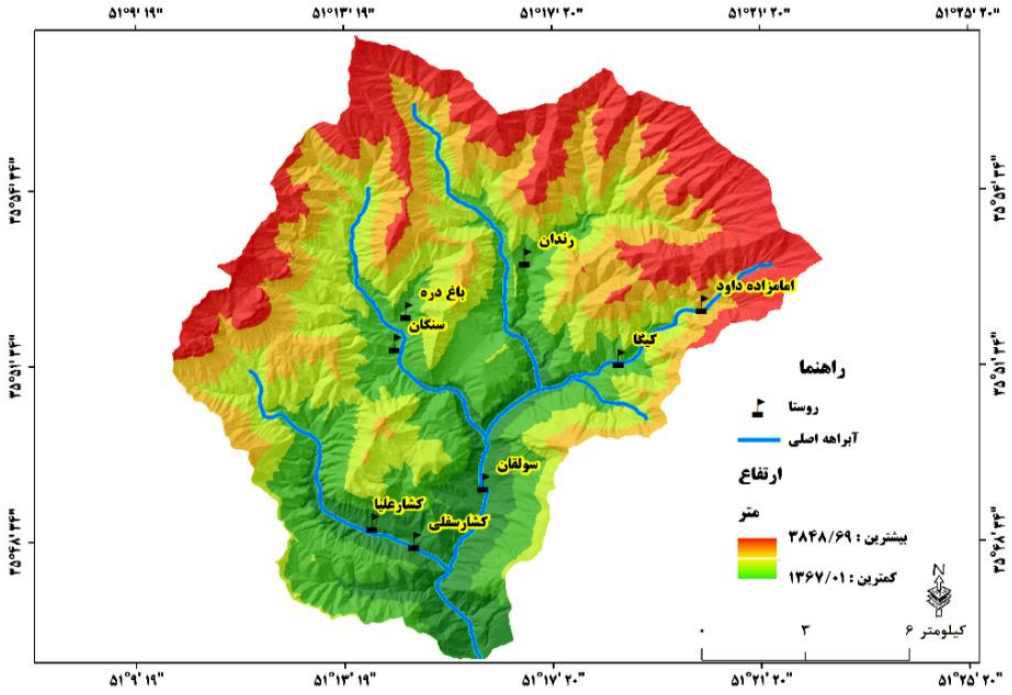
در پژوهش حاضر برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی منطقه مورد مطالعه از داده‌های روزانه بارش و دمای حداقل و حداکثر سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ میلادی ایستگاه سینوپتیک چیتگر و شمال غرب تهران و آمار دبی ایستگاه آب‌سنجی سولقان استفاده شده است. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است.

توپوگرافی

به‌منظور تهیه ارتفاع آبخیز، منحنی‌های ارتفاعی و کلیه نقاط ارتفاعی موجود در نقشه ۱:۲۵۰۰۰ با استفاده از الگوریتم درون‌یابی[5] در سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌صورت مدل رقومی ارتفاع[6] مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲).

جدول (۱): اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه موردبررسی

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	نوع ایستگاه
۱	چیتگر	۵۱/۱۰	۳۵/۴۴	۱۳۰۵	سینوپتیک
۲	شمال غرب تهران	۵۱/۲۷	۳۵/۷۵	۱۳۲۲	بارانسنج سازمان هواشناسی
۳	سولقان	۵۱/۱۶	۳۵/۴۷	۱۴۳۰	آبسنجی



شکل (۲): مدل رقومی ارتفاعی حوزه آبخیز کن

5 Interpolation Hutchinson

6 DEM

کاربری اراضی

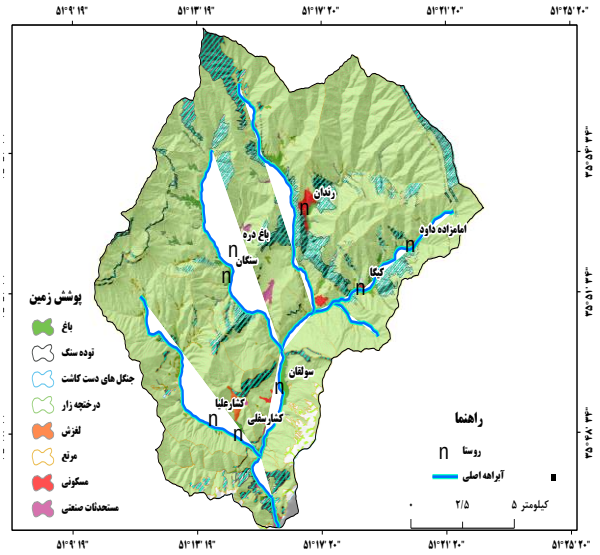
نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز کن از سازمان نقشه برداری کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ دریافت شد. سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدید میدانی از محدوده اقدام به تدقیق و تهیه نقشه نهایی کاربری اراضی با دقت بالا شد. در جدول (۲) مساحت و درصد هریک از کاربری‌ها و شکل (۳) نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز کن ارائه شده است.

خاک‌شناسی

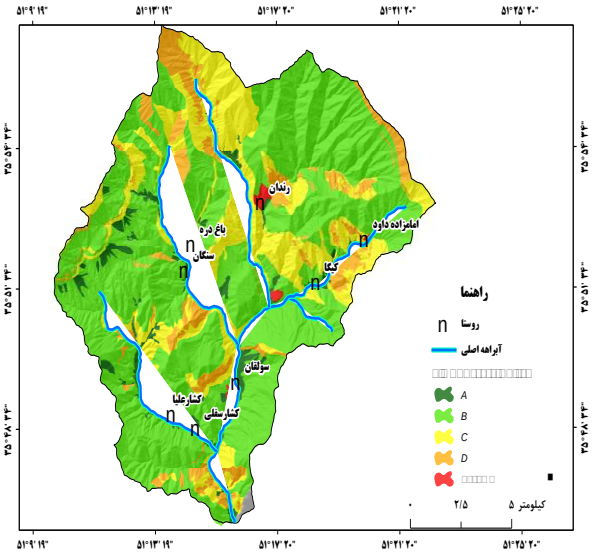
برای تهیه نقشه خاک‌شناسی برخی از داده‌های مورد نیاز از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان تهران اخذ شد و به دلیل عدم اندازه‌گیری برخی از فراسنجه‌های مورد نیاز، داده مربوط به فراسنجه‌هایی که اطلاعات آن در دسترس نبود از طریق نقشه‌های خاک فائو اقدام به تهیه آن‌ها شد. شکل (۴) نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه آبخیز کن را نشان می‌دهد.

جدول (۲): مساحت و درصد کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز کن

کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	درصد	کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	درصد
لغزش	۳۵/۹۷	۰/۲	توده سنگ	۲۷۶۸/۷۶	۱۳/۵
مرتع و چراگاه	۱۶۴۸۸/۵	۸۰/۱	جنگل‌های دست کاشت	۲۸۷/۵	۱/۴
مسکونی	۱۱۵/۶	۰/۶	درختچه‌زار	۴/۸	۰/۰۲
باغ	۷۹۱/۵	۳/۹	مستحدثات صنعتی	۷۹	۰/۴



شکل (۳): نقشه کاربری/پوشش زمین حوزه آبخیز کن



شکل ۴- نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه آبخیز کن

اجرای مدل

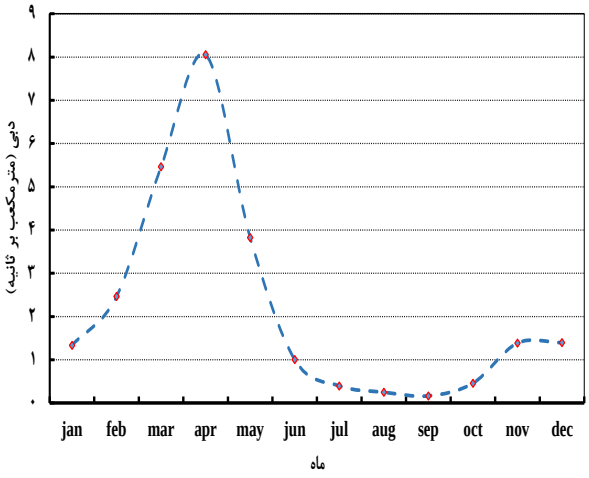
پس از آماده‌سازی و بررسی داده‌های در دسترس اقدام به اجرای مدل با استفاده از افزونه ARC-SWAT در محیط نرم‌افزار GIS شد. در پژوهش حاضر از الگوریتم SUFI-2، برای تحلیل حساسیت استفاده شد (Abbaspour، ۲۰۱۱). با استخراج تمام ضرایب مورد نیاز برای بررسی واسنجی و صحت‌سنجی با استفاده از SWAT-CUP اقدام به واسنجی و اعتبارسنجی نتایج اولیه شبیه‌سازی شد (Kavian و همکاران، ۲۰۱۸) سپس با اعمال سناریوهای حفاظتی برای ارزیابی اقدامات آبخیزداری و اثرات هر یک به تفکیک مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول (۳) اقدامات حفاظت خاک‌وآب شبیه‌سازی شده و مشخصات آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول (۳): اقدامات حفاظت خاک‌وآب و نحوه تعریف در مدل برای حوزه آبخیز کن

ردیف	اقدامات آبخیزداری	اعمال در مدل
۱	بند سنگی‌ملاتی	Terracing
۲	بانکت و تراس‌بندی	Terracing
۳	چین بند خشکه	Terracing
۴	نهال‌کاری	Plant Param Update
۵	بذرکاری و بذرپاشی	Plant Param Update
۶	سنگی‌بند توری	Terracing

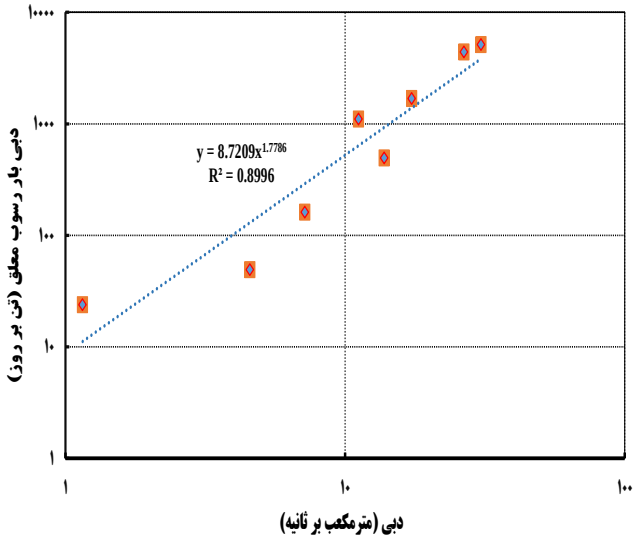
نتایج و بحث

بر اساس نتایج به‌دست آمده دبی شاخه اصلی رودخانه کن در ایستگاه سولقان در فاصله زمانی اسفند تا خرداد به دلیل تغییر رژیم بارندگی از برف به باران و همچنین ذوب شدن برف در ارتفاعات بر اثر گرم شدن هوا و بارش باران، بیش‌ترین مقدار را دارد. از اواسط خرداد ماه دبی رودخانه روند نزولی داشته و با کم شدن بارش تا شهریور و مهرماه این روند نزولی ادامه پیدا می‌کند. شکل (۵) نمودار متوسط دبی ایستگاه سولقان را نشان می‌دهد.



شکل (۵): نمودار متوسط دبی ایستگاه سولقان

طبق نتایج نشان داده شده در شکل (۵) با شروع بارش‌ها به‌خصوص به شکل باران از اواخر مهر ماه، دبی رودخانه افزایش پیدا می‌کند. از آذر ماه بارش به‌صورت برف شروع می‌شود که مانند باران اثر آنی روی دبی ندارد، در نتیجه دبی رودخانه در فاصله آذر تا دی ماه کم می‌شود که با یافته‌های پژوهش Hooshyaripor و همکاران (۲۰۱۶) هم‌سو است. با توجه به این‌که داده‌های حاصل از اندازه‌گیری رسوب در ایستگاه موردبررسی به صورت پیوسته در دسترس نبود از روش منحنی سنجه رسوب به روش حد واسط دسته‌ها به دلیل بالا بودن ضریب همبستگی در بین سایر روش‌ها، اقدام به محاسبه مقدار رسوب حوزه آبخیز کن شد. شکل (۶) منحنی سنجه‌رسوب حوزه آبخیز کن را نشان می‌دهد.



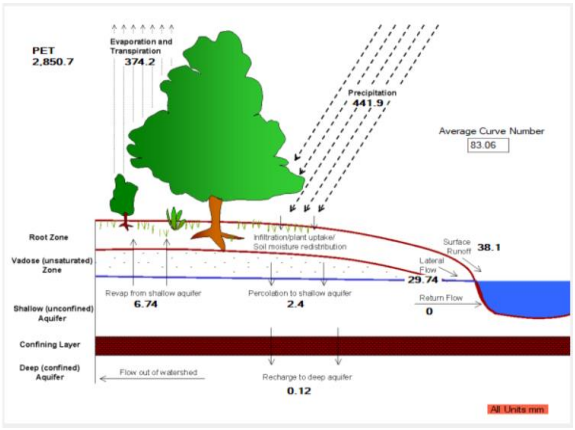
شکل (۶): نمودار منحنی سنجه رسوب حوزه آبخیز کن

جدول (۴): مقادیر رسوب حوزه آبخیز کن در طول دوره آماری (۱۳۹۵-۱۳۷۶)(رسوب تن بر سال)

ردیف	سال	رسوب	ردیف	سال	رسوب
۱	۲۰۰۱	۱۱۳۰	۱۰	۲۰۱۰	۴۰۹۳
۲	۲۰۰۲	۴۱۵۴	۱۱	۲۰۱۱	۷۰۱۳
۳	۲۰۰۳	۷۷۸۴	۱۲	۲۰۱۲	۱۰۴۸۲
۴	۲۰۰۴	۴۶۲۱	۱۳	۲۰۱۳	۲۲۲۶
۵	۲۰۰۵	۵۷۸۶	۱۴	۲۰۱۴	۷۷۳
۶	۲۰۰۶	۶۶۷۳	۱۵	۲۰۱۵	۶۸۵۵
۷	۲۰۰۷	۶۵۲۰	۱۶	۲۰۱۶	۳۳۲۲
۸	۲۰۰۸	۱۸۰۲	۱۷	۲۰۱۷	۳۰۳۸
۹	۲۰۰۹	۴۸۸۹			

براساس نتایج حاصل از شکل (۶) مقدار رسوب حوزه آبخیز موردبررسی در دوره آماری مورد نظر به‌دست آمد که نتایج حاصل از آن در جدول (۴) نشان داده شده است. طبق نتایج به دست آمده از جدول (۴) بیش‌ترین میزان رسوب در سال ۲۰۱۲ میلادی بوده و کم‌ترین میزان نیز در سال ۲۰۰۱

برآورد شده است. برای تشکیل واحدهای واکنش هیدرولوژیک همگن[1] اقدام به روی هم‌گذاری سه نقشه کاربری اراضی، نقشه خاک و نقشه شیب منطقه شد و نهایتاً حوزه آبخیز کن به ۲۲ زیرآبخیز و ۴۱۳ واحد همگن هیدرولوژیک تقسیم‌بندی شد و در داخل این واحدها اقدام به شبیه‌سازی رسوب در بازه زمانی موردبررسی در گام‌های ماهانه شد. سه سال ابتدایی دوره آماری برای گرم کردن[2] مدل هیدرولوژیک در نظر گرفته شده است. شکل (۷) نمایی از نتایج حاصل از اجرای اولیه مدل را نشان می‌دهد.



شکل (۷): نمایی کلی از نتایج حاصل از اجرای اولیه مدل

تمامی نتایج مدل SWAT در پوشه‌ای به نام TxtInOut ذخیره شد که برای مدل SWAT-CUP قابل شناسایی باشد.

بخشی از نتایج شبیه‌سازی به صورت میانگین در طول دوره آماری مورد مطالعه در جدول (۵) قابل مشاهده است.

جدول (۵): بخشی از نتایج اجرای مدل در طول دوره شبیه‌سازی (۱۳۷۶-۱۳۹۵)

ماه	تبخیر و تعرق بالقوه (mm)	رسوب (mm)	تبخیر و تعرق (mm)	برف (mm)	بارش (mm)
Jan	۸۸/۵۳	۵/۳۷	۲۷/۶۱	۱۲/۰۶	۴۳/۵۸
Feb	۱۱۰/۳۹	۲۴/۶	۳۷/۳۹	۷/۶۸	۵۲/۷۳
Mar	۱۷۵/۴۶	۲۵/۵۴	۴۴/۶۷	۲/۴۳	۵۹/۲۸
Apr	۲۲۵/۱۱	۴۹/۲	۶۰/۴۲	۰/۰۰	۷۷/۲۲
May	۳۲۰/۵۸	۳/۲۷	۶۴/۰۳	۰/۰۰	۳۵/۲
Jun	۳۸۸/۱۳	۰/۰۰	۴۰/۷۸	۰/۰۰	۶/۷۸
Jul	۴۰۴/۷۹	۰/۰۱	۱۲/۸۴	۰/۰۰	۷/۱۴
Aug	۳۷۴/۸۱	۰/۱۲	۷/۹۸	۰/۰۰	۷/۲۹
Sep	۳۱۵/۲۱	۰/۰۰	۶/۱۳	۰/۰۰	۳/۶۱
Oct	۲۲۸/۴	۱۰/۱۹	۱۱/۳۲	۰/۰۰	۳۱/۱۴
Nov	۱۲۷/۱۷	۱۳/۶۵	۳۰	۰/۰۰	۵۸/۳۷
Dec	۹۰/۹۴	۱۵/۸۸	۳۰/۷۹	۵/۳۶	۵۹/۲۴

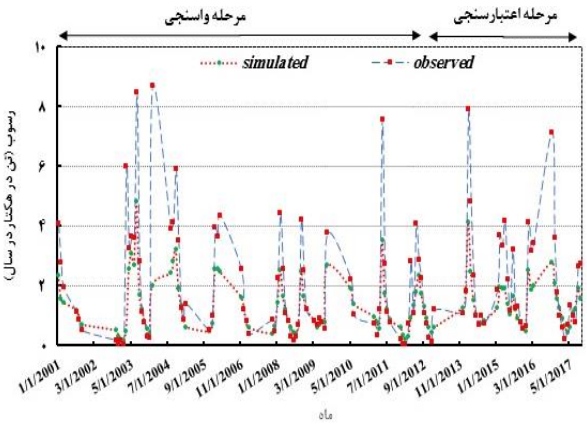
بر اساس نتایج ارزیابی، عملکرد اجرای اولیه مدل نشان‌دهنده اختلاف زیاد بین میزان مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی مقدار رسوب بود. به‌نحوی که ضریب تبیین و شاخص نش-ساتکلیف حاصل از این شبیه‌سازی به ترتیب برابر ۰/۳۹ و ۰/۲۶ بود. بر همین اساس با استفاده از تجزیه‌وتحلیل حساسیت اقدام به تعیین ورودی‌هایی که تاثیر بیش‌تری در تغییر خروجی داشتند و این‌که کدام فراسنجه همبستگی بیشتری با خروجی داشت. فراسنجه‌های مهم و حساس تعیین شد و با تمرکز بر آن‌ها واسنجی مدل صورت گرفت که نتایج حاصل از واسنجی و اعتبارسنجی مدل در شکل (۸) نشان داده شده است.

همان‌طوری‌که در شکل (۸) نشان داده شده است نتایج حاکی از اختلاف بسیار کم بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده رسوب است. بالا بودن مقادیر ضریب تبیین و شاخص نش-ساتکلیف نیز گویای این مسئله است به نحوی که مرحله واسنجی مدل میزان ضریب تبیین و نش-ساتکلیف هر دو برابر ۰/۷۴ و در مرحله اعتبارسنجی مقدار ضریب تبیین برابر ۰/۸۶ و نش-ساتکلیف نیز برابر ۰/۷۷ به دست آمد.

پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل و تدقیق فراسنجه‌های حوزه آبخیز مورد مطالعه سناریوهای اقدامات حفاظت خاک‌وآب طبق شرح ارائه شده در بخش قبلی وارد مدل شد. نحوه اعمال تغییرات این اقدامات در جدول (۷) ارائه شده است.

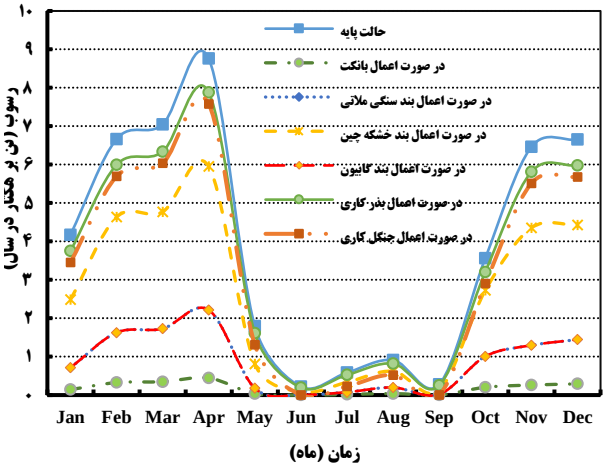
[1] HRU

[2] Warm Up



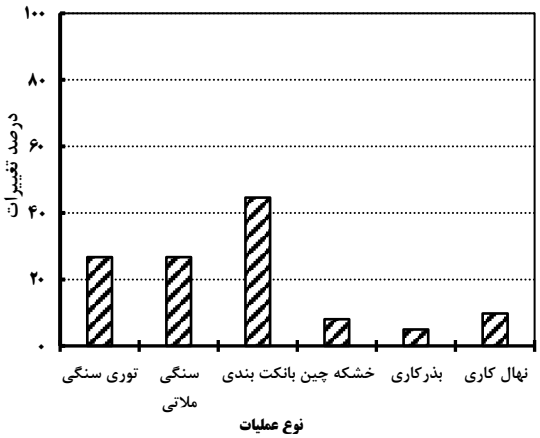
شکل (۸): مقایسه مقدار مشاهداتی و شبیه‌سازی در مرحله واستجی و اعتبارسنجی مدل

با استفاده از فراسنجه‌های بهینه‌شده، مدل در هر یک از سناریوهای اقدامات حفاظت خاک‌وآب به‌صورت جداگانه اجرا شد که نتایج نشان‌دهنده کاهش مقدار رسوب‌دهی حوزه آبخیز موردبررسی در صورت شبیه‌سازی این اقدامات بود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی سناریوهای پژوهش حاضر در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل (۹): نتایج حاصل از شبیه‌سازی سناریوهای مختلف بر رسوب حوزه آبخیز کن

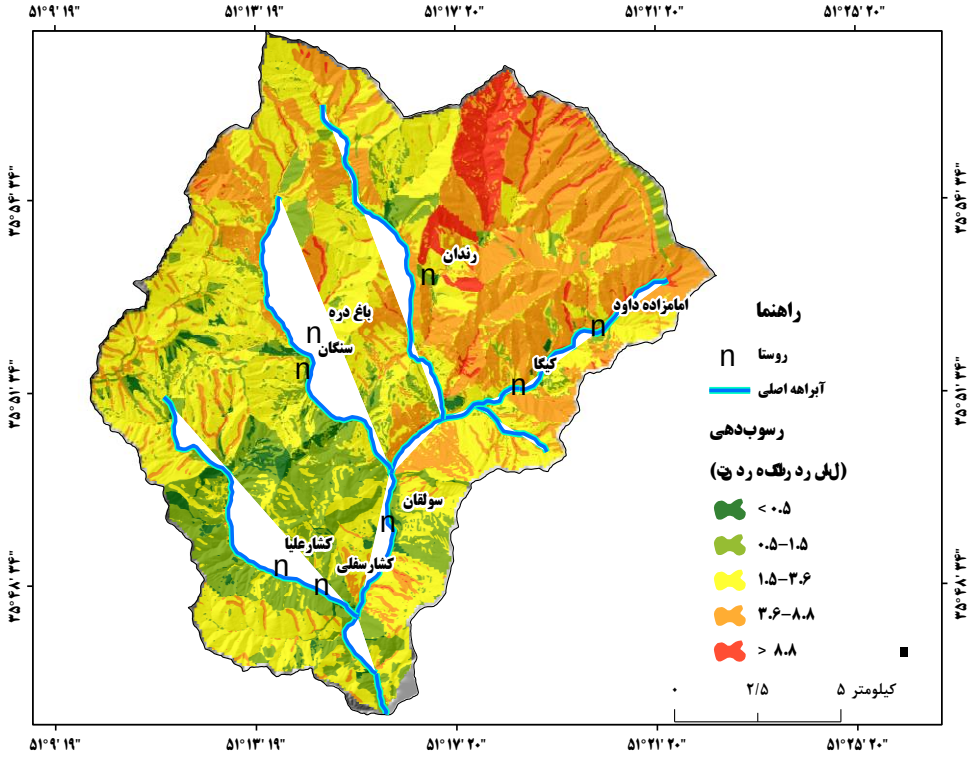
همان‌طوری‌که در شکل (۹) مشاهده می‌شود اجرای بانکت‌بندی به‌طور قابل ملاحظه‌ای سبب کاهش رسوب‌دهی آبخیز شده است. این کاهش به دلیل تاثیر بسیار بالای بانکت‌بندی بر مهار جریان و کاهش طول شیب است که تاثیر توامان خود را بر رسوب گذاشته است که نتایج پژوهش حاضر با نتایج آقارضی و همکاران (۱۳۹۵) هم‌خوانی دارد. پس از آن بندهای اصلاحی سنگی- ملاتی و توری‌سنگی نقش بالایی در مهار رسوبات آبخیز نشان دادند. نهایتاً با توجه به نتایج شکل (۹) سناریوی بذرکاری را می‌توان به‌عنوان کم اثرترین عامل حفاظتی در کاهش رسوب حوزه آبخیز کن معرفی نمود. در ادامه شکل (۱۰) نتایج تغییرات رسوب در صورت اعمال هر یک از سناریوها را نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تغییرات رسوب بعد از اعمال سناریوهای اجرا شده به‌ترتیب در صورت اجرای عملیات بانکت‌بندی و بذرکاری رخ خواهد داد. به‌نحوی‌که در صورت اجرای عملیات بانکت‌بندی میزان رسوب حوزه آبخیز موردبررسی به میزان ۴۴/۶۵ درصد کاهش خواهد یافت. هم‌چنین با شبیه‌سازی عملیات سنگی‌ملاتی، توری‌سنگی، خشکه‌چین، بذرکاری و نهال‌کاری میزان رسوب به‌ترتیب ۲۶/۷۲، ۲۶/۷۰، ۸/۰۳، ۴/۹۷ و ۹/۷۳ درصد در حوزه آبخیز کن کاهش پیدا خواهد کرد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که با اجرای عملیات حفاظت خاک‌وآب مقدار رسوب‌دهی حوزه آبخیز کن کاهش زیادی را در پی خواهد داشت. شکل (۱۲) رده رسوب‌دهی حوزه آبخیز کن بعد اعمال سناریوهای حفاظت خاک‌وآب را نشان می‌دهد.



شکل (۱۰): درصد تغییرات رسوب در صورت اعمال سناریوهای اجرا شده

جدول (۷): نحوه اعمال تغییرات بخش عملیات حفاظت خاک‌وآب

اقدامات آبخیزداری	فراسنجه				اعمال در مدل
نهال کاری	Crop-Number ۱۰۶	Lai-max ۱/۲		Harvest index ۰/۰۵	Plant Param Update
بذرکاری	۱۰۸	۰/۸		۰/۰۵	Plant Param Update
بانکت و تراس بندی	CN -۶	Slope-HRU -۲۰٪	Slope-SUB ۱۰	USLE-P ۰/۱۸	Terracing
بند سنگی‌ملاتی	CN -۶	USLE-P ۰/۶	Sol-K +۱۰/۸٪	Ch-S2 -۷۵٪	Terracing
بند توری‌سنگی	CN -۶	USLE-P ۰/۶	Sol-K +۱۰/۸٪	Ch-S2 -۷۵٪	Terracing
بند خشکه چین	CN -۲		Filter-w +۰/۵	Esco +۰/۶	Terracing



شکل (۱۲): رده رسوب‌دهی حوزه آبخیز کن بعد اعمال سناریوهای حفاظت خاک‌وآب

بر اساس نتایج به‌دست آمده در شکل (۱۲) مناطقی که در آن عملیات حفاظت خاک‌وآب شبیه‌سازی شده است دارای کم‌ترین رده رسوب‌دهی هستند. بررسی‌های به عمل آمده نشان‌دهنده این موضوع است که گسترش سازندهای حساس به فرسایش، شرایط خاص توپوگرافی و ویژگی‌های اقلیمی به خصوص در ارتفاعات بالا باعث شده است که آبخیز از نظر فرسایش آسیب‌پذیر باشد. بدیهی است نوع و شیوه بهره‌برداری از اراضی در کاهش و یا تشدید فرسایش و رسوب بسیار مؤثر است. به عبارتی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که عوامل خاک، زمین‌شناسی، توپوگرافی و کاربری بستر فرسایش در حوزه آبخیز را فراهم نموده که شیوه بهره‌برداری در این بستر میزان فعالیت‌های فرسایشی حوزه آبخیز را به وجود آورده است. عملیات آبخیزداری تأثیر زیادی در کاهش روند رواناب و فرسایش و رسوب یک

آبخیز داشته که قابلیت کاهش هدررفت خاک و افزایش حاصلخیزی و به دنبال افزایش تولید علوفه و کاهش رسوبگذاری در مخازن سدها را سبب خواهد شد که نتایج به دست آمده با نتایج Kerr و همکاران (۲۰۰۰)، Eiledmi و همکاران (۲۰۰۶)، رحیمی و همکاران (۲۰۱۲)، خالدیان و همکاران (۲۰۱۷)، روحانی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) هم‌راستا بود و نقش عملیات آبخیزداری را بر مهار فرسایش و رسوب مثبت دانسته‌اند.

از طرفی تجزیه‌وتحلیل برآورد یک مترمکعب ضرر و زیان خاک فرسایش‌یافته بر اساس فهرست بها سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (رشته آبخیزداری و منابع طبیعی سال ۱۴۰۲) مورد ۲۰۵۰۳ هزینه تهیه، حمل، ریختن، پخش و تسطیح هر نوع خاک زراعی به هر ضخامت در مترمکعب برابر با ۱۴۴۶۰۰۰ ریال است. اگر قرار باشد صرفاً خاک فرسایش‌یافته جایگزین شود برای هر مترمکعب آن لازم است ۱۴۴۶۰۰۰ ریال پرداخت شود. در صورتی‌که خاک جایگزینی ارزش غذائی برای گیاه را به اندازه خاک فرسایش یافته ندارد و اگر این خاک زراعی در دور دست قرار داشته باشد هزینه حمل بیش از قیمت ارائه شده به آن تعلق می‌گیرد. بنابراین اگر ۱۴۴۶۰۰۰ ریال را در ضرایب قانونی فهرست بها ضرب شود نتیجه قیمت یک مترمکعب خاک فرسایش‌نیافته ۱۷۹۳۰۰ ریال خواهد بود. با توجه به این‌که میزان هزینه فرسایش خاک در حوزه آبخیز کن استان تهران در یک دوره پنج ساله ۱۰۳۲ میلیارد تومان برآورد شده است (قویمی‌پناه و همکاران، ۱۴۰۱) لذا اجرای پروژه‌های مدیریتی آبخیزداری و مهار فرسایش و حفاظت از خاک، سبب کاهش ناشی از فرسایش و رسوب حوزه آبخیز کن خواهد شد به نحوی که با اجرای عملیات بانکت‌بندی ۴۶۰ میلیارد تومان، عملیات سنگی‌ملاتی ۲۷۵ میلیارد تومان، توری‌سنگی ۲۷۵ میلیارد تومان، خشکه‌چین ۸۲ میلیارد تومان، بذرکاری ۵۱ میلیارد تومان و نهال‌کاری ۱۰۰ میلیارد تومان از خسارات وارده را کاهش خواهد داد.

نتیجه‌گیری

آب و خاک ثروت ملی و منابع ارزشمند کشور است و باید آسیب‌ها به این منابع در سایه برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های حفاظت خاک‌وآب، همگام و سازگار با محیط زیست و متناسب با اقلیم به حداقل ممکن کاهش یابد. اقدامات آبخیزداری، سندی فرادستی است که در یک حوزه آبخیز با بررسی جنبه‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی و با هدف اعمال مدیریت جامع حوزه آبخیز، حفاظت خاک‌وآب و پوشش گیاهی تهیه و تدوین می‌شود. در همین راستا ارزیابی میزان تاثیر این اقدامات با استفاده از راهکارهای مختلف می‌تواند تعیین کننده چگونگی اجرای آن‌ها باشد. بر همین اساس در پژوهش حاضر به ارزیابی اثر اقدامات

حفاظت خاک‌وآب بر رسوبدهی حوزه آبخیز کن، با استفاده از مدل SWAT پرداخته شد. نتایج حاصل از پژوهش حاکی از کارایی بالای مدل SWAT در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی برای شبیه‌سازی عملیات حفاظت خاک‌وآب بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که اقدامات حفاظت خاک‌وآب بر کاهش رسوب در آبخیز تاثیر رضایت‌بخشی داشتند. به‌نحوی‌که با شبیه‌سازی اقدامات بانکت‌بندی، سنگی- ملاتی، توری‌سنگی، خشکه‌چین، بذرکاری و نهال‌کاری میزان رسوب به‌ترتیب ۴۴/۶۵، ۲۶/۷۲، ۲۶/۷۰، ۸/۰۳، ۴/۹۷ و ۹/۷۳ درصد در حوزه آبخیز موردبررسی کاهش پیدا کرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده مناطقی که در آن عملیات حفاظت خاک‌وآب شبیه‌سازی شده است دارای کم‌ترین رده رسوب‌دهی بودند. در همین راستا می‌توان بیان نمود که استفاده از مدل‌ها به خصوص مدل SWAT به دلیل کاهش هزینه‌های عملیات میدانی و هم‌چنین کاهش زمان مورد نیاز برای تحلیل مسائل مدیریتی و کلان می‌تواند جزء راهکارهای مناسب به منظور ارتقای سطح مدیریت حوزه‌های آبخیز مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

احمدآبادی، ع.، ط. کیانی و پ. غفورپورعنبران. ۱۳۹۶. تحلیل اثرات عملیات آبخیزداری بر روی خصوصیات هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز عنبران چای با استفاده از مدل نیمه توزیعی SWAT. برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی). سال ۲۱، شماره ۲، ص ۳۵-۵۵.

احمدی‌افزادی، ح. ۱۳۹۳. بررسی اثر کاربری عملیات آبخیزداری بر هیدرولوژی حوزه‌های آبریز با استفاده از مدل SWAT، مطالعه موردی: حوزه آبریز سد تنگوئیه سیرجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

آقارضی، ح.، ع.ا، داوودی راد، م. مردیان و ر. بیات. ۱۳۹۵. ارائه الگوی اصلاحی- تکمیلی برنامه‌های آبخیزداری به منظور کاهش رسوب‌دهی در حوزه آبخیز هفتان تفرش. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۷، شماره ۱، ص ۱۸۷-۱۹۸.

باقریان کالت، ع.، غ. لشکری پور و م. غفوری. ۱۴۰۰. ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش گیاهی و میزان فرسایش و رسوب در حوزهٔ آبخیز کاخک. علوم و تکنولوژی محیط زیست، سال ۲۳، شماره ۷، ص ۵۱-۶۳.

قویمی‌پناه، م. ح.، ل. غلامی و م.ر. قویمی‌پناه. ۱۴۰۱. برآورد فرسایش خاک با استفاده از مدل RUSLE و تعیین خسارت مستقیم و غیرمستقیم در حوزه آبخیز کن. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال ۱۶، شماره ۵۶، ص ۴۲-۵۲.

کوهدرزی مقدم، م.، س.م. تقی پور و و. عرفانی پورقاسمی. ۱۴۰۱. اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب (مطالعه موردی: حوزهٔ آبخیز دهلکوه). مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۲، شماره ۴، ص ۱-۱۷.

گلزاری س.، ح. زارع ابیانه، م. دلاور و ن. مبرقعی دینان. ۱۳۹۹. بررسی کارایی مدل SWAT در شبیه‌سازی کمی و کیفی رواناب و اقدامات آبخیزداری در حوزه زرینه‌رود. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال ۱۱، شماره ۱۲، ص ۱۱۱-۱۲۰.

Abbaspour, K. C. 2011. SWAT-CUP user manual. Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). 93-105.

Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., and Neitsch, S. L. 2012. Soil and Water Assessment Tool, Input/Output Documentation Version 2012. Texas Water Resources Institute. TR-439.

Asdak C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, 5th ed., Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 110-122.

Bagherian Kalat, A., Lashkaripour, G. R., and Gafoori, M. 2021. Evaluating the Impacts of Implemented Watershed Management Project on Vegetal Cover and Sediment Yield in Kakhk Watershed Project. Journal of Environmental Science and Technology, 23 (7), 51-63.

Brandsma, J., van den Eertwegh, G. A. P. H., Droogers, P., Bai, Z., and Zhang, S. 2013. Green and blue water Resources and management scenarios using the SWAT model for the upper Duhe Basin, China-Feasibility study. Future Water Report. 71pp.

de Oliveira Serrão E A, Silva M T Ferreira T, R, de Ataide LC P, dos Santos C A, de Lima AMM, Gomes DJ C. 2022. Impacts of land use and land cover changes on hydrological processes and sediment yield determined using the SWAT model. International Journal of Sediment Research. 37(1): 54-69.

dos Santos, F. M., de Souza Pelinson, N., de Oliveira, R. P., and Di Lollo, J. A. 2023. Using the SWAT model to identify erosion prone areas and to estimate soil loss and sediment transport in Mogi Guaçu River basin in Sao Paulo State, Brazil. CATENA, 222-231.

Eiledmi, A., Norri, H., and Falahi, B. 2006. Evaluate the effect of Watershed Management projects to reduce erosion and sedimentation in Magnavy and Gholi Kandi of Hamadan. In The first regional conference exploitation of water resources in Karoun and Zayandehrood basin.

Environment Protection Agency. 2012. Identifying and protecting Healthy Watersheds. EPA 841-B-11-002.

Fandel CA. 2016. The effect of gabion construction on infiltration in ephemeral streams. The University of Arizona. 1-20.

Gessesse, B., Bewket, W., and Bräuning, A. 2015. Model-based characterization and monitoring of runoff and soil erosion in response to land use/land cover changes in the Modjo watershed, Ethiopia. Land degradation & development, 26 (7), 711-724.

Gholami, L., Banasik, K., Sadeghi, S. H., Darvishan, A. K., and Hejduk, L. 2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. Journal of Water and Land Development. 22: 51-60.

Himanshu, S. K., Pandey, A., Yadav, B., and Gupta, A. 2019. Evaluation of best management practices for sediment and nutrient loss control using SWAT model. Soil and Tillage Research, 192, 42-58.

Hooshyaripor, F., Yazdi, J., Eftekhari, M., Sheshangosht, S., and Javadi, F. 2016. Flood Management in Kan River Basin Using a Simulation-Optimization Approach. Experimental Research in Civil Engineering. 3 (5), 73-89.

Hosseini, S. H., and Khaleghi, M. R. 2020. Application of SWAT model and SWAT-CUP software in simulation and analysis of sediment uncertainty in arid and semi-arid watersheds (case study: The Zoshk–Abardeh watershed). Modeling Earth Systems and Environment, 6 (4), 2003-2013.

Kavian, A., Mohammadi, M., Gholami, L., and Rodrigo-Comino, J. 2018. Assessment of the spatiotemporal effects of land use changes on runoff and nitrate loads in the Talar River. Water, 10(4), 445.

Kerr, J. M., Pangare, G., Pangrare, L. V., and George, P. J. 2000. An evaluation of dryland watershed development projects in India (No. 581-2016-39504).

Kuti, I. A., and Ewemoje, T. A. 2021. Modelling of sediment yield using the soil and water assessment tool (SWAT) model: a case study of the Chanchaga Watersheds, Nigeria. Scientific African. 13-25.

Setegn, S. G., Dargahi, B., Srinivasan, R., and Melesse, A. M. 2010. Modeling of Sediment Yield from Anjeni-Gauged Watershed, Ethiopia Using SWAT Model 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 46 (3), 514-526.

Tesfahunegn, G. B., Vlek, P. L., and Tamene, L. 2012. Management strategies for reducing soil degradation through modeling in a GIS environment in northern Ethiopia catchment. Nutrient cycling in agroecosystems, 92 (3), 255-272.

Vigiak, O., Malagó, A., Bouraoui, F., Vanmaercke, M., Obreja, F., Poesen, J. and Grošelj, S. 2017. Modelling sediment fluxes in the Danube River Basin with SWAT. Science of the Total Environment, 599, 992-1012.

Wu, L., Liu, X., Chen, J., Yu, Y., and Ma, X. 2022. Overcoming equifinality: Time-varying analysis of sensitivity and identifiability of SWAT runoff and sediment parameters in an arid and semiarid watershed. Environmental Science and Pollution Research, 29 (21), 31631-31645.