



دانشگاه جیرفت

گواهی ارائه مقاله



هفدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

(آبخیزداری و امنیت پایدار غذایی)

۹ و ۱۰ اسفند ۱۴۰۱ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه جیرفت

17th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
(Watershed Management & Sustainable Food Security)

پژوهشگران گرامی **الهه شیخ رودی ، علی گلکاریان ، آذر زرین ، علیرضا راشکی**

این گواهی به پاس مشارکت ارزشمند شما با حضور و ارائه مقاله با عنوان :

ارزیابی مدل SWAT در شبیه‌سازی دبی ماهانه در حوزه آبخیز فریزی

در هفدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران در دانشگاه جیرفت به صورت پوستر تقدیم میگردد. موفقیت و توفیق روز افزون شما را از خداوند متعال در سراسر زندگیتان خواستاریم .

فرشاد سلیمانی مارود
(دبیر اجرایی همایش)

علی طالبی
(رئیس انجمن آبخیزداری ایران)

امام رفیعی مارود
(دبیر علمی همایش)





"ارزیابی مدل SWAT در شبیه‌سازی دبی ماهانه در حوزه آبخیز فریزی"

الهه شیخ رودی^۱، علی گلکاریان^{۲*}، آذر زرین^۳ و علیرضا راشکی^۴

چکیده

مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز از راهکارهای مهم برای حفظ منابع آب و خاک است. محدودیت‌هایی که در زمان و هزینه برای حفاظت از این منابع وجود دارد ما را به سمت‌وسوی استفاده از مدل‌های کامپیوتری سوق داده است. یکی از مدل‌های مدیریت منابع آب و خاک، مدل SWAT است. در این پژوهش از مدل SWAT برای شبیه‌سازی رواناب در حوزه فریزی استفاده شده است. از الگوریتم SUFI2 نیز برای آنالیز واسنجی و اعتبارسنجی استفاده گردید. برای بررسی دقت و کیفیت نتایج واسنجی از شاخص‌های NS و R² استفاده شد. متوسط مقادیر شاخص‌های NS و R² در کل حوزه به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۵۸ می‌باشد که نشان‌دهنده عملکرد خوب مدل SWAT در حوزه آبخیز فریزی است.

واژگان کلیدی: مدل SWAT، الگوریتم SUFI2، واسنجی، اعتبارسنجی، حوزه فریزی.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری گرایش حفاظت آب خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، elahe.sheikhroodi05@mail.um.ac.ir

^۲ استادیار (نویسنده مسئول)، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه فردوسی مشهد، Golkarian@um.ac.ir

^۳ دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، zarrin@um.ac.ir

^۴ دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، a.rashki@um.ac.ir



۱- مقدمه

افزایش جمعیت و توجه کافی نداشتن در برنامه‌ریزی‌های مدیریت آبخیز باعث شده است که ساکنان حوزه‌های آبخیز با تغییرات کاربری اراضی و به دنبال آن با وقوع انواع سیلاب مواجه شوند. (۱) مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز از مهم‌ترین اقدامات برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک به شمار می‌رود. در کشور ما وجود مناطق کوهستانی که فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری به تعداد کافی می‌باشند برنامه‌ریزی را با مشکل مواجه ساخته‌اند. برای حل این مشکلات متخصصین آبخیزداری، هیدرولوژی و محققان منابع آب راه‌حلهایی را ارائه داده‌اند که یکی از آنها استفاده از مدل‌های کامپیوتری و ریاضی است. مدل SWAT مدلی چندمنظوره جهت شبیه‌سازی مدیریت حوزه‌های آبخیز می‌باشد. (۲) این مدل برای شبیه‌سازی حرکت آب، رسوب و آلاینده‌های شیمیایی و کشاورزی در سطح‌های بزرگ و دوره‌های زمانی طولانی طراحی شده است. (۳)

رسول‌زاده درزی و همکاران (۱۴۰۱)، کارایی مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب روزانه و ماهانه در حوزه آبخیز کسلیان را ارزیابی کردند. با توجه به ارزیابی آن‌ها با شاخص‌های NS و R^2 ، مدل در شبیه‌سازی موفقیت‌آمیز بوده و با دقت نسبتاً خوبی فرایندهای هیدرولوژیکی حوزه را شبیه‌سازی نموده است. (۴)

بالویی و همکاران (۱۴۰۰) از مدل SWAT جهت شبیه‌سازی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه دو برج استفاده نمودند. در این پژوهش آن‌ها از داده‌های مشاهداتی دبی خروجی از حوزه و مراحل واسنجی طی دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ و مرحله اعتبار سنجی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ استفاده کردند که توانایی مدل برای شبیه‌سازی بارش - رواناب را برای مطالعه تأیید نمود. (۵)

براتی و همکاران (۱۳۹۹)، از مدل SWAT برای شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوزه اسکندری استفاده کردند. واسنجی و اعتبار سنجی مدل با استفاده از الگوریتم SUFI2 در نرم‌افزار SWATCUP انجام شد. نتایج آنالیز حساسیت ۲۳ پارامتر مؤثر بر رواناب را نشان داد که شماره منحنی (CN2) به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر شناخته شد. شاخص‌ها و نمودارها برای شبیه‌سازی دبی رواناب ماهانه، نشان می‌دهد که مدل در مرحله واسنجی موفق عمل کرده است. (۶)

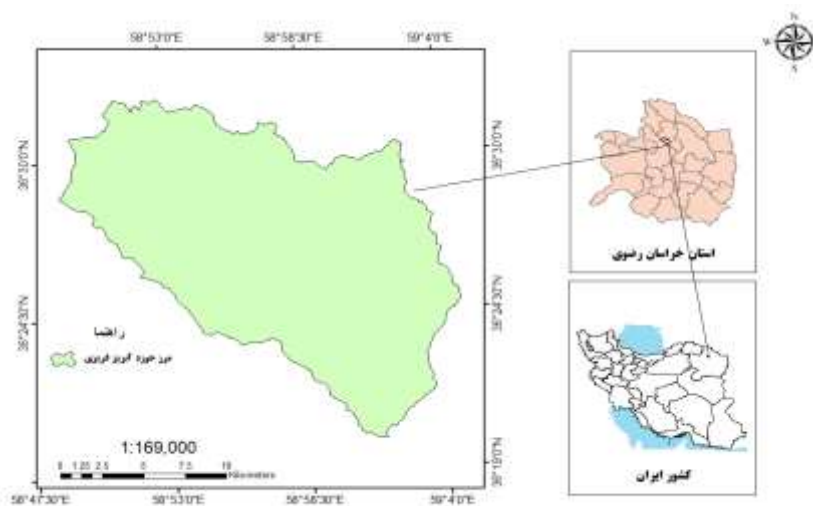
سواين و همکاران (۲۰۲۲) حوضه آبریز تهری در ایالت اوتاراکند هند واقع شده است مدل SWAT برای مدت‌زمان ۱۲ سال (۲۰۰۶-۲۰۱۷) به ترتیب با ۲۰۰۶، ۲۰۰۷-۲۰۱۳ و ۲۰۱۴-۲۰۱۷ به‌عنوان دوره‌های گرم کردن، کالیبراسیون و اعتبار سنجی اعمال می‌شود. نتایج عملکرد عالی مدل را در شبیه‌سازی جریان نشان می‌دهد. معیارهای اثربخشی یعنی کارایی نش - ساتکلیف (NSE) و ضریب تعیین (R^2) به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۴ به دست می‌آیند. (۷)

توفا و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از نرم‌افزار ARCSWAT به بررسی میزان دبی حوزه توبا در کشور اتیوپی پرداختند. ضرایب R^2 و NSE در مرحله واسنجی به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۷۰ به دست آمدند که ارقام قابل قبولی بوده و مدل SWAT عملکرد بسیار خوبی در این حوزه نشان داد. (۸)

منگیستا و همکاران (۲۰۱۹) در حوزه ساتلپ، کپ شمالی در کشور آفریقای جنوبی با مساحت ۶۷۷۰ کیلومترمربع و اقلیم خشک و نیمه‌خشک از مدل SWAT استفاده نمودند در این پژوهش ارزیابی عملکرد مدل از مطلوبیت قابل قبولی برخوردار بود. (۹) هدف از پژوهش پیش رو بررسی کارایی مدل SWAT در برآورد و شبیه‌سازی رواناب در حوزه فریزی است.

۲- مواد و روش‌ها

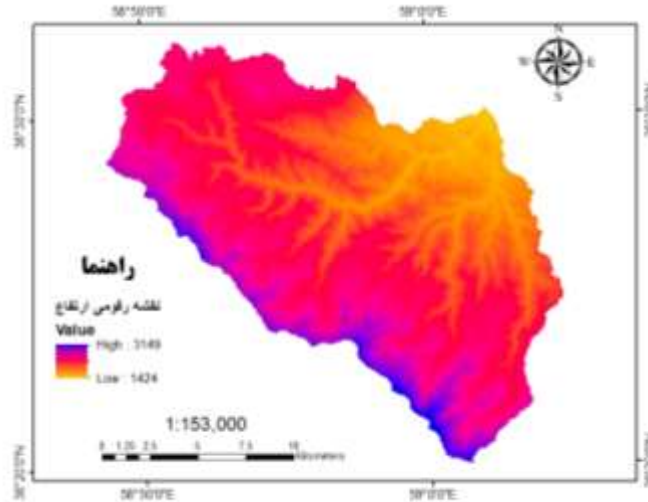
حوزه آبریز رودخانه فریزی، در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه بینالود و در ۵۰ کیلومتری شمال غربی مشهد واقع است. محیط حوزه ۷۵ کیلومتر و مساحت آن ۲۷۳ کیلومترمربع می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع حوزه به ترتیب ۱۴۲۵ و ۳۰۹۲ و متوسط ارتفاع آن ۲۱۶۳ متر است.



شکل ۱ نقشه موقعیت حوزه آبخیز فریزی

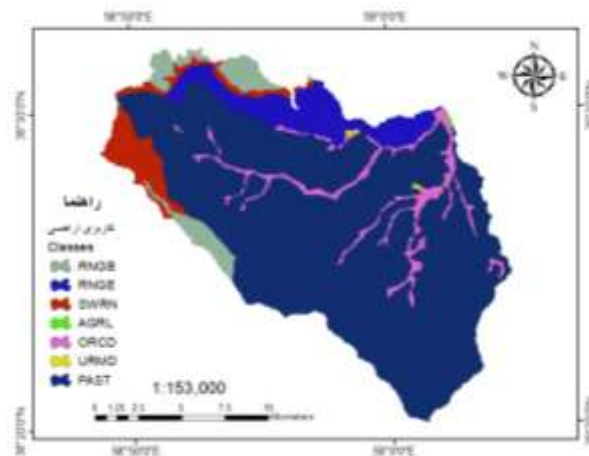
در این پژوهش، برای شبیه‌سازی رواناب از مدل SWAT استفاده شده است. الحاقیه SWAT برای نرم‌افزار ArcSWAT ArcGIS نام دارد. (۱۰) برای مدل SWAT، کل حوزه آبخیز به چند زیر حوضه تقسیم شده و سپس بر اساس کاربری اراضی، خاک و شیب به چند واحد پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) تقسیم می‌شود. یک HRU به کوچک‌ترین واحد هیدرولوژیکی با خصوصیات زمینی و هیدرولوژیکی مشابه اشاره دارد. HRU به‌عنوان واحد محاسبه اساسی در مدل SWAT استفاده می‌شود (۱۱). برای آماده‌سازی و اجرای مدل SWAT از نقشه و اطلاعات مدل ارتفاع رقومی، خاک، کاربری اراضی، داده‌های هیدرولوژیک و هواشناسی استفاده می‌شود.

الف: نقشه مدل ارتفاع رقومی (DEM): برای دانلود نقشه مدل ارتفاع رقومی منطقه به سایت USGS مراجعه نموده و با استفاده از مختصات جغرافیایی محدوده‌ی مورد مطالعه DEM ۳۰ متری دانلود شد.



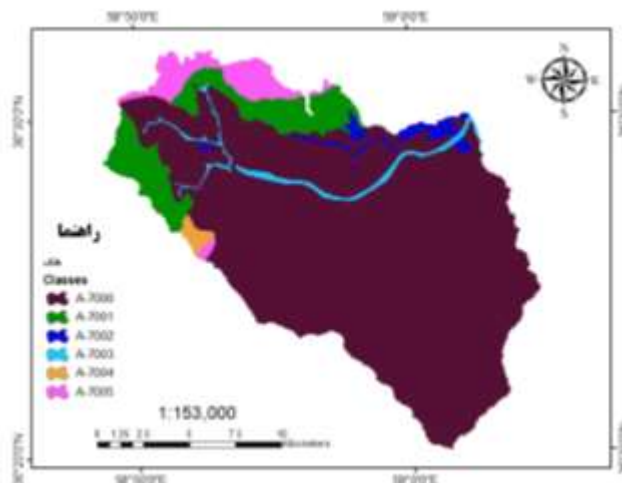
شکل ۲ نقشه مدل ارتفاع رقمی حوزه آبخیز فریزی

ب: نقشه کاربری اراضی: این نقشه از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی تهیه شده است.



شکل ۳ نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز فریزی

ج: نقشه‌ی خاک: جهت تهیه نقشه خاک از مطالعات ارزیابی خاک موجود در اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی و همچنین نقشه‌ی زمین‌شناسی استفاده شد.



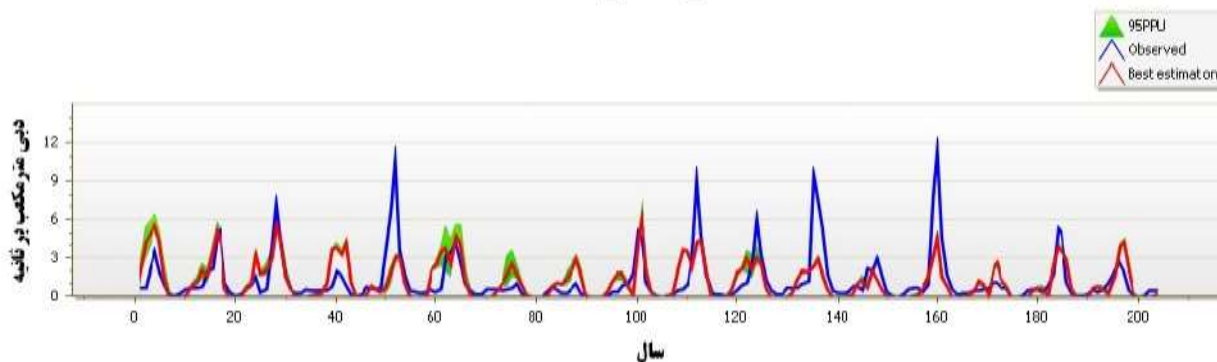
شکل ۴ نقشه خاک حوزه آبخیز فریزی

پس از اجرای مدل حوزه موردنظر به ۱۱ زیر حوزه و ۴۱ HRU تقسیم شد. تعداد این واحدهای ایجادشده با توجه به پوشش گیاهی، توپوگرافی و نوع خاک منطقه متفاوت می‌باشند. مدل را با ۳۰ سال تخلیه و عملکرد رواناب مشاهده‌شده ماهانه از ایستگاه هیدرولوژیکی موشنگ در خروجی حوزه آبخیز کالیبره و اعتبارسنجی با توجه به معیارهای ارزیابی انجام گردید. برای کالیبراسیون مدل از نرم‌افزار SWATCUP و الگوریتم SUFI2 استفاده شد. در این مرحله از تعداد ۲۰ پارامتر استفاده‌شده که بعد از آنالیز حساسیت پارامترهای حساس شناخته شدند و با توجه به آن‌ها مراحل اعتبارسنجی انجام شد. R2 و NSE برای ارزیابی کیفیت مدل و اندازه‌گیری خوبی از تناسب بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌شده استفاده می‌شوند. هرچه این دو ضرایب به ۱ نزدیک‌تر باشند، مقادیر شبیه‌سازی‌شده به مقادیر مشاهده‌شده نزدیک‌تر می‌شوند.

۳-نتایج

با توجه به اینکه داده‌های مورد استفاده برای ران مدل SWAT ۳۰ سال بود، دوره سه‌ساله ۱۹۹۰-۱۹۹۲ برای گرم کردن، دوره بیست‌ساله ۱۹۹۳-۲۰۱۲ برای دوره واسنجی و همچنین دوره هفت‌ساله ۲۰۱۳-۲۰۱۹ برای دوره اعتبارسنجی انتخاب شد. نتایج واسنجی رواناب ماهانه برای ۲۰ سال آماری در شکل زیر آمده است.

FLOW_OUT_1



شکل ۴ نتایج اعتبار سنجی مدل در حوزه فریزی

پارامترهای حساس شناخته شده در مرحله‌ی واسنجی در جدول زیر ارائه شده است.

توضیحات	نام پارامتر در مدل
شماره منحنی رواناب در شرایط رطوبتی متوسط	CN2.mgt
ضریب عکس‌العمل جریان آب زیرزمینی (روز)	ALPHA_BF.gw
ضریب جبران تبخیر از خاک	ESCO.hru
ضریب revap آب زیرزمینی	GW-REVAP.gw
دمای بارش برف	SFTMP.bsn
دمای پایه ذوب برف	SMTMP.bsn
فاکتور تأخیر دمای توده برف	TIMP.bsn
هدایت هیدرولیکی در کانال اصلی	CH_K2.rte
هدایت هیدرولیکی مؤثر در آبرفت کانال فرعی	CH_K1.sub
عرض سطح آزاد آب	CH_W2.rte

جدول ۱ پارامترهای منتخب در مرحله آنالیز حساسیت

همچنین بیشترین حساسیت خروجی مدل به پارامتر CN2، شماره منحنی رواناب در شرایط رطوبتی متوسط است. که مقادیر P-Value و T-Stat این پارامتر به ترتیب ۰/۰ و ۳/۳۴ می‌باشد.

یکی از دلایل ضعف مدل در تخمین حداکثر جریان رواناب است که ناشی از عدم شبیه‌سازی درست رواناب حاصل از ذوب برف می‌باشد. با توجه به این ضعف مدل شبیه‌سازی رواناب ماهانه اسفند، فروردین و اردیبهشت در بعضی سال‌ها نتیجه می‌گیریم که



مدل تهیه شده قادر به شبیه سازی کامل ذوب برف نبوده و مقادیر حداکثر رواناب را برای حوزه مورد مطالعه در این ماهها به خوبی شبیه سازی نکرده است. خلاصه نتایج واسنجی و اعتبار سنجی را در جدول زیر آورده ایم.

نتایج اعتبار سنجی		نتایج واسنجی		نام ایستگاه
R ²	NS	R ²	NS	ایستگاه هیدرومتری موشنگ
۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۸	۰/۵۷	

جدول ۲ مقادیر شاخص های ارزیابی کارایی مدل در شبیه سازی رواناب حوزه آبخیز فریزی

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، از مدل SWAT جهت شبیه سازی رواناب حوزه آبخیز فریزی استفاده شد که همان طور که مشاهده گردید مدل با استفاده از الگوریتم SUFI2 و نرم افزار SWATCUP به طور قابل قبولی کالیبره شد. بررسی نتایج در مرحله واسنجی و اعتبار سنجی مدل نشان داد که مدل SWAT عملکرد خوبی در شبیه سازی رواناب حوزه آبخیز فریزی دارد. استفاده از مدل SWAT به خاطر این که هزینه های عملیات صحرائی را کاهش می دهد و باعث صرفه جویی در زمان می شود برای ارتقاء مدیریت جامع حوزه های آبخیز سودمند می باشد. با توجه به تحقیق های انجام گرفته و همچنین این پژوهش می توان نتیجه گرفت که مدل SWAT در حوزه هایی با مساحت بزرگ تر و دوره های آماری طولانی نتایج مطلوب تری در اختیار ما می دهد. همچنین امروزه مدل ها و شبیه سازی ها به دلیل امکان پیش بینی و آینده نگری و تعیین روند رواناب و رسوب به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته اند. (۱۲)

منابع

- 1-Lal, R. 2005. Soil erosion and carbon dynamics. Soil and Tillage Research, 81(2): 137-142.
- 2-Bathurst, J.C. 1977. Sensitivity analysis of the hydrologic system european for an upland catchment. J. Hydrol. 87:103-123
- 3-Neitsch, S.L, J.G. Arnold, J.R. Kiniry and J.R. Williams. 2011. Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas Water Resources Institute, 618 pages.
۴. رسولزاده درزی، ن. احمدی، ح. معینی، ا. معتمد وزیری، ب. (۱۴۰۱). استفاده از مدل SWAT در شبیه سازی و آنالیز عدم قطعیت هیدرولوژیک حوزه آبخیز کسلیان. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۱(۲): ۷۷-۹۵. ۱۴۰۱.
۵. بالویی، ف. سلطانی، کوپایی، س. توکلی، م. بررسی کارایی مدل SWAT در شبیه سازی رواناب و رطوبت موجود در خاک در حوزه دوبرج استان ایلام. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز: ۱۲(۲۳): ۱۹۰-۱۸۰. ۱۴۰۰.
۶. براتی، ف. حسینی، م. صارمی، ع. مختاری، ا. شبیه سازی بیلان هیدرولوژیک حوزه آبخیز اسکندری با استفاده از مدل SWAT و الگوریتم SUFI2، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران: ۱۴(۴۸): ۹۹-۹۰. ۱۳۹۹.



7. Swain S. S.K. Mishra, Ashish Pandey. A. C, Pandey. Atul J, S.K. Chauhan. Anil K. (2022) Hydrological modelling through SWAT over a Himalayan catchment using high-resolution geospatial inputs". Environmental Challenges. 8 (2022) 100579
8. Tufa, F. G, et al. (2021). Stream flow modeling using SWAT model and the model performance evaluation in Toba sub-watershed, Ethiopia. 7(4), 2653-2665.
9. Mengistu A. G, Remsburg, L. D. v. L, and Woyessa Y. E. (2019). *Techniques for calibration and validation of SWAT model in data scarce arid and semi-arid catchments in South Africa*. J. Hydrol. Region. Studies, 25, 100621
- 10- Dechmi, F. Burguete, J. Skhiri, A. 2012. SWAT application in intensive irrigation systems: model modification, calibration and validation. J. Hydrol. 470, 227–238.
- 11- Flügel, W.A. 1995. Delineating hydrological response units by geographical information system analyses for regional hydrological modelling using PRMS/MMS in the drainage basin of the River Bröl, Germany. Hydrol. Process. 9, 423–436
- 12- Lio Y. Guo h. Zang Z. Wang L. Fan Y (2007). "An optimization method based on scenario analysis for watershed management under uncertainty". Environ manage 39-678.689.



"Evaluation of the SWAT model in the simulation of monthly discharge in the Frizi watershed"

Elahe Sheikh Roudi¹ Ali Golkarian^{2*} Azar Zarrin³ Alireza Rashki⁴

Abstract

Correct management of watersheds is one of the important solutions to preserve water and soil resources. The limitations in time and cost to protect these resources have led us to the use of computer models. One of the water resources management models is the SWAT model. In this research, the SWAT model was used to simulate the runoff in the Frizi basin. SUFI2 algorithm was also used for analysis and validation. NS and R² indexes were used to check the accuracy and quality of calibration results. The average values of NS and R2 indices in the whole area are 0.57 and 0.58, respectively, which indicates the good performance of the SWAT model in the Frizi watershed.

Keywords: SWAT model, SUFI2, calibration, validation, Frizi watershed

¹. Master's student in watershed management, soil water conservation, Ferdowsi University of Mashhad, elahe.sheikhroodi05@mail.um.ac.ir

². Assistant Professor (corresponding author), Department of Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, Ferdowsi University of Mashhad, Golkarian@um.ac.ir

³. Associate Professor of Climatology, Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, zarrin@um.ac.ir

⁴. Associate Professor, Department of Arid and Desert Management, Ferdowsi University of Mashhad, a.rashki@um.ac.ir