Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 15, Issue 2, 2024 p: 77-88 OPEN ACCESS

Research Paper

# The Effect of Land Use Change on Runoff Using the SWAT Model in the Tajan Watershed

**Hayede Bayani[1], Ali Bagheri[2], Davod Akbari Nodehi[3] and Valiollah Karimi[4]**

1- Ph.D. Student, Department of Watershed Science and Engineering, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran, (Corresponding Author: ali523b@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
4- Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Mazandaran Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

Received: 25 December, 2023 Accepted: 14 May, 2024

## Extended Abstract

**Background:** Land use/land cover (LULC) change in a specific area results from environmental and socioeconomic issues, as well as human activities over time and space. Increases and decreases in population growth in the system, climate, financial development, and physical elements, such as landscapes, soil grade, and type all influence LULC changes. The examination of conducted and documented research regarding the impact of land use change on the hydrological response of a watershed indicates that numerous studies have focused on this field both in Iran and globally. However, the effect of the pattern of landscape and the trend of its characteristics has not been observed to date. In this study, the processes of changing the landscape of the land, management scenarios, and the runoff of the Tajan watershed were investigated taking into account a 20-year period in the basin using the SWAT model under the scenarios of the continuation of land use changes. The relationship between flow and topography parameters was examined to take into consideration the potential possibilities of using topography parameters in watershed management.

**Methods:** The study area is the Tajan River basin (about 4000 $km^2$) surrounded by the Alborz Mountains in the south and the Caspian Sea in the north, located in Mazandaran Province. The environmental hydrological flow index was investigated using the SWAT hydrological model, which is a semi-distributed, continuous hydrological model developed for water resource managers to select the most appropriate strategy or solution by considering the impact of various management practices on river flow and non-point source pollution. Then, the flow intensity of the area was investigated using the land use maps of the region under the periods 1991, 1995, 2000, 2010, 2016, and 2020 in terms of the changes in the landscape. Calibration and validation periods were selected based on the availability of hydro-metric station statistics located on the Tajan River for the years 1997-2012 and 2013-2018, respectively.

**Results:** The simulation results showed good simulation capability of the SWAT model in estimating the flow of Kordakhail, Parvij, Rigcheshmeh, Varand, Vastan, Garmrood, Karchai, and Aliabad hydrometric stations. EFC indicators, which are categorized into low monthly flows, very low flows, high flow pulses, small floods, and large floods, were also considered in this study because they are crucial for maintaining the ecological integrity of the river. The first EFC group, low monthly flow, represents surface flow, indicating that changes in these parameters could be associated with the availability of surface flow. Essentially, a minor decrease in low monthly flow can be observed in April, May, and October to December, ranging from 0.2% to 1.1% based on the average forecast of the ensemble. Conversely, low monthly flows from July to September are expected to increase significantly by 4.3% to 9.4% at a 95% confidence level. Overall, the flow process was estimated using the SWAT OUTPUT VIEWER. After examining the capability of the model for the effect of its effect on the amount of runoff, the results showed that the amount of runoff will increase in the land LULC, it is necessary to develop strategies for the river runoff management. The reason for the low results at some stations was the lack of a sufficient number of the rain gauge and synoptic stations in the areas to record heavy rainfall on a daily scale with better spatial coverage.

**Conclusion:** In the present study, the SWAT modeling and land change analysis were investigated as new planning tools to investigate land dynamics in the Tajen watershed from 1990 to 2020. The results of the analysis of changes during the years 1990-2020 showed the

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]

[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

Copyright ©2024 Bayani et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited

reduction of forests by 1211 hectares. The most deforestation was observed in the margins of former agricultural lands due to better access. In addition to the increase in population growth, the use of forest wood as fuel and the construction and repair of villagers' houses are other reasons for deforestation in the study area. The destruction of forest lands can also be attributed to livestock grazing. Similar to other modeling studies, the results presented in this research include various inherent limitations, and the modeling uncertainty was multiplied due to the application of land cover flow simulation in the hydrology model. This study clearly predicted the effects of vegetation change conditions in the Tajen watershed in several intervals. However, the decrease in water availability in late spring and summer can jeopardize the amount of water for irrigation downstream the basin, unless proper water management and storage is implemented along with better use and management of runoff. The results of this study especially confirm the importance of land cover, which can have a small effect, decrease, or increase the amount of water. Moreover, this study provides valuable and important information for decision-makers to design compatible scenarios in accordance with the principles of sustainable development, which aims to manage the flow. Finally, the results of this study especially confirm the importance of land cover, which can have a small, decreasing, or increasing effect on water quantity.

**Keywords:** Face of land, Flow Management, Scenario, Simulation

**How to Cite This Article:** Bayani, H., Bagheri, A., Akbari Nodehi, D., & Karimi, V. (2024). The Effect of Land Use Change on Runoff Using the SWAT Model in the Tajan Watershed. *J Watershed Manage Res*, 15(2), 77-88. DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]

[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

# تاثیر تغییرکاربری اراضی بر رواناب با استفاده از مدل SWAT در حوزه آبخیز تجن

هایده بیانی[۱]، علی باقری[۲]، داود اکبری نودهی[۳] و ولی‌اله کریمی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آبخیز، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران، (نویسنده مسوول: ali523b@yahoo.com)

۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

۴- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۲

صفحه: ۷۷ تا ۸۸

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** تغییر کاربری/پوشش زمین در یک منطقه معین نتیجه مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی- اقتصادی و همچنین فعالیت‌های انسانی در طول زمان و مکان است. افزایش و کاهش در رشد جمعیت در سیستم، اقلیم، توسعه مالی و عناصر فیزیکی مانند مناظر، وضعیت درجه و نوع خاک همگی بر تغییرات پوشش زمین کاربری (LULC) تأثیر دارند. بررسی پژوهش‌های صورت گرفته و مستند در خصوص تاثیر تغییرکاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوضه آبخیز، بیانگر آن است که تحقیقات زیادی در این زمینه در سطح ایران و جهان صورت گرفته است. اما تاکنون در زمینه تاثیر الگوی سیمای سرزمین و روند شاخصه‌های آن مشاهده نشده است.در این مطالعه با در نظرگرفتن یک دوره زمانی ۲۰ ساله در حوزه تجن با استفاده از مدل SWAT تحت سناریوهای تداوم روند تغییرات کاربری اراضی، فرایندهای تغییر سیمای سرزمین و نیز سناریوهای مدیریتی، رواناب حوزه آبخیز تجن بررسی شد. هم‌چنین با بررسی ارتباط پارامترهای جریان با سنجه‌های سیمای سرزمین امکانات بالقوه استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در مدیریت رواناب حوزه آبخیز را موردتوجه قرار دهد.

**مواد و روش‌ها:** منطقه مورد مطالعاتی حوضه رودخانه تجن (حدود ۴۰۰۰ کیلومتر مربع) است که توسط کوه‌های البرز در جنوب و دریای خزر در شمال احاطه شده و در استان مازندران واقع شده است. با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT شاخص جریان هیدرولوژیکی محیطی بررسی شد. مدل SWAT یک مدل هیدرولوژیکی نیمه توزیع شده و پیوسته است که برای مدیران منابع آب ایجاد شده است تا با در نظر گرفتن تأثیر شیوه‌های مدیریتی مختلف بر جریان رودخانه و آلودگی غیر نقطه‌ای، مناسب‌ترین استراتژی یا راه‌حل را انتخاب کنند. سپس در ادامه با بهره‌گیری از نقشه های کاربری اراضی منطقه تحت دوره زمانی ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶، ۲۰۲۰ از نظر تغییرات سیمای سرزمین، میزان شدت جریان حوزه مورد بررسی قرار گرفت. دوره‌های واسنجی و صحت‌سنجی باتوجه به موجود بودن آمار ایستگاه هیدرومتری واقع بر رودخانه تجن به‌ترتیب ۲۰۱۲-۱۹۹۷ و ۲۰۱۸-۲۰۱۳ انتخاب شده‌اند.

**یافته‌ها:** نتایج شبیه‌سازی نشان داد که مدل SWAT قابلیت شبیه‌سازی خوبی را در برآورد جریان ایستگاه های هیدرومتری کردخیل، پرویج، ریگ چشمه، ورند، واستان، گرم رود، کرچای و علی‌آباد دارد. شاخص‌های EFC که به جریان‌های کم ماهانه، جریان‌های بسیار کم، پالس‌های جریان بالا، سیل‌های کوچک و سیل‌های بزرگ تقسیم می‌شوند نیز در این مطالعه در نظر گرفته شدند زیرا این اطلاعات برای حفظ یکپارچگی اکولوژیکی رودخانه بسیار مهم است. اولین گروه EFC جریان کم ماهانه جریان سطحی را نشان می‌دهد، بنابراین هرگونه تغییر در این پارامترها می‌تواند با در دسترس‌بودن جریان سطحی مرتبط باشد. اساساً، کاهش جزئی در جریان کم ماهانه را می‌توان در ماه‌های آوریل، می و اکتبر تا دسامبر ۰.۲٪ تا ۱.۱٪ براساس پیش‌بینی میانگین مجموعه در مقابل، جریان‌های کم ماهانه از جولای تا سپتامبر، درنظر گرفت. پیش‌بینی می‌شود در سطح اطمینان ۹۵ درصد به‌میزان قابل‌توجهی بین ۴/۳ تا ۹/۴ درصد افزایش یابد. در حالت کلی فرایند جریان با استفاده از SWAT OUTPUT WIEVER برآورد شد. پس از بررسی و قابلیت مدل در تاثیر کاربری اراضی و تاثیر آن بر میزان رواناب، نتایج نشان داد که میزان رواناب در پوشش سرزمین افزایش خواهد یافت، لذا ضروری است استراتژی هایی جهت مدیریت رواناب رودخانه صورت گیرد. دلیل پایین بودن نتایج در یکسری ایستگاه‌ها به‌خاطر کمبود تعداد ایستگاه باران‌سنج و سینوپتیک در مناطق برای ثبت بارش شدید در مقیاس روزانه با پوشش فضایی بهتر بود.

**نتیجه‌گیری:** در مطالعه حاضر، مدل‌سازی SWAT و آنالیز تغییرات سرزمین به‌عنوان ابزارهای برنامه‌ریزی نو جهت بررسی پویایی سرزمین در حوزه آبخیز تجن از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ بررسی گردید. نتایج آنالیز تغییرات طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰، کاهش جنگل را به‌میزان ۱۲۱۱ هکتار نشان داد. بیشترین جنگل‌زدایی در حاشیه اراضی کشاورزی قبلی به‌علت دسترسی بهتر مشاهده گردید. به‌علاوه افزایش رشد جمعیت، استفاده چوب جنگل به‌عنوان سوخت، ساخت و ساز و تعمیر خانه‌های روستائیان دلایل دیگر جنگل‌زدایی در منطقه مورد مطالعه است. از دیگر دلایل تخریب اراضی جنگلی را می‌توان به چرای دام مرتبط دانست. مشابه سایر مطالعات مدل‌سازی، نتایج ارائه‌شده در این تحقیق شامل محدودیت‌های ذاتی مختلف می‌باشند و عدم قطعیت مدل‌سازی به‌علت کاربرد شبیه‌سازی جریان پوشش سرزمین در مدل هیدرولوژی چند برابر شد. این مطالعه به‌وضوح اثرات شرایط تغییر پوشش گیاهی در حوزه آبخیز تجن را در چند بازه پیش‌بینی کرد. اگرچه، کاهش در دسترس بودن آب در اواخر بهار و تابستان می‌تواند میزان آب جهت آبیاری در پایین‌دست حوزه را به‌خطر اندازد، مگر اینکه مدیریت مناسب آب و ذخیره آن همراه با استفاده و مدیریت بهتر رواناب اجرا شود. نتایج این مطالعه به‌ویژه اهمیت پوشش سرزمین که می‌تواند اثر اندک، کاهش و یا افزایش بر کمیت آب داشته باشد را تایید کرد. همچنین این مطالعه اطلاعات ارزشمند و مهمی را که برای تصمیم‌سازان به‌منظور طراحی سناریوهای سازگار منطبق با اصول توسعه پایدار است، فراهم می‌کند. در نهایت، نتایج این مطالعه به‌ویژه اهمیت پوشش سرزمین که می‌تواند اثر اندک، کاهش یا افزایش بر کمیت آب داشته باشد را تایید کرد. همچنین این مطالعه اطلاعات ارزشمند و مهمی را برای تصمیم سازان به‌منظور طراحی سناریوهای سازگار منطبق با اصول توسعه پایدار که هدف آن مدیریت جریان است را فراهم می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** سناریو، سیمای سرزمین، شبیه‌سازی، مدیریت جریان

## مقدمه

تغییر کاربری/پوشش زمین در یک منطقه معین نتیجه مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی- اقتصادی و همچنین فعالیت‌های انسانی در طول زمان و مکان است. افزایش و کاهش در رشد جمعیت در سیستم، اقلیم، توسعه مالی و عناصر فیزیکی مانند مناظر، وضعیت درجه و نوع خاک همگی بر تغییرات پوشش زمین کاربری (LULC) تأثیر دارند (Mekonnen *et al*, 2022: Moges *et al*, 2017؛ و

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]

[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

Tewabe and Fentahun, 2020). در دهه اخیر مطالعات زیادی در زمینه تغییرات کاربری اراضی و تأثیر این پدیده بر سایر ویژگی‌های حوزه‌های آبخیز مخصوصا ویژگی‌های هیدرولوژیکی انجام شده است. در مطالعه‌ای به بررسی و مدل‌سازی تغییر پوشش گیاهی حوضه آبریز رودخانه Boorowa در کشور استرالیا طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰ پرداخته شد (Mahini and Turner, 2003). در این مطالعه با استفاده از دو رویکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه و رگرسیون لجستیک نشان داد که رویکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه با میزان (ROC= 84%) صحت بالاتری نسبت به‌روش رگرسیون لجستیک با میزان (ROC= 82%) دارا می‌باشد همچنین این مطالعه بیان داشت که مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی حساسیت بیشتری نسبت به رگرسیون لجستیک دارا می‌باشد و افزایش متغیرها باعث نتایج غیرمنطقی در مدل‌سازی تغییرات پوشش گیاهی منطقه خواهد شد. در حوضه‌ای واقع در غرب آفریقا با استفاده از مدل SWAT تحقیقی انجام و نشان داده شد که تغییر مناطق با کاربری جنگل، مرتع و بوته‌زار به اراضی کشاورزی و یا مناطق شهری باعث تغییر شرایط هیدرولوژیکی طبیعی در یک حوضه آبریز می‌شود (Li *et al.*, 2007). بررسی اثر مدیریت کاربری اراضی بر منابع آب در حوضه دره‌ای گرمسیری واقع در مرکز اوگاندا، شرق آفریقا با استفاده از مدل SWAT تحقیق دیگر در این راستاست (Gabiri *et al*, 2018). نتایج بیلان آبی سالانه نشان داد که ۶۵٪ از بارش به‌علت تبخیر تعرق از بین رفته است. رواناب سطحی و جریان‌های جانبی بیشترین تأثیر را در جریان رودخانه دارند. در مقاله‌ای به مقایسه مدل جایگزین SOURCE و SWAT برای پیش‌بینی جریان، رسوبات و بارهای مواد غذایی تحت‌تاثیر تغییرات کاربری زمین پرداخته شد (Nguyen *et al., 2019*). نتایج نشان داد جریان شبیه‌سازی شده توسط SOURCE دقت خوبی با معیارهای مورد بررسی داشت، در حالی‌که بار مواد مغذی شبیه‌سازی شده توسط SWAT واقع گرایانه‌تر بود. در حوضه آبریز چنیولان در تایوان تاثیرات تغییر سیمای سرزمین روی فرآیندهای اکوهیدرولوژیکی حوضه بررسی شد (Chiang *et al.*, 2019). در این مطالعه از ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) و یک ابزار اندازه‌گیری سیمای سرزمین (FRAGSTATS) استفاده شده است. تاثیر تنوع فضایی الگوهای منظر و استفاده از زمین بر کیفیت آب در سراسر حوضه شهری در بنتونگ، مالزی را در ۲۲ منطقه در طول فصل نرمال و مرطوب در سال ۲۰۱۸ نمونه‌برداری کردند و از FRAGSTATS برای تجزیه و تحلیل خود استفاده کردند. نتایج نشان داد که کیفیت آب ارتباط نزدیکی با وضعیت منظر و نسبت پوشش زمین دارد. همچنین با پراکندگی زیاد کاربری‌های مختلف، حساسیت آب به تخریب افزایش می‌یابد. تغییر کاربری اراضی و تاثیر آن بر رژیم هیدرولوژیکی در حوضه آبریز قزاقلی استان گلستان را با استفاده از مدل SWAT و ساخت سناریوهایی در دو جهت گرایش مثبت و منفی بررسی شد (Salmani *et al, 2018*). نتایج نشان داد که بهبود کاربری حوضه باعث کاهش میزان رواناب می‌شود و با تخریب منطقه در جهت قهقرا مقدار رواناب افزایش می‌یابد. لذا حفظ کاربری فعلی حوضه و بهبود و اصلاح آن یکی از راهکارهای اساسی در جهت مدیریت آبهای سطحی حوضه مورد مطالعه می‌باشد. اثر تغییرات کاربری اراضی بر رسوب معلق طی سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۰ در حوضهٔ آبریز دینور در استان کرمانشاه با استفاده از مدلSWAT بررسی شد (Aghabeigi *et al, 2017*). نتایج شاخص‌های آماری استفاده‌شده در ارزیابی مدل مدنظر در مرحلهٔ واسنجی و صحت‌سنجی NS و $R^2$ به‌ترتیب بیش از ۵۰ و ۶۰ درصد به‌دست آمد که دلالت بر کارایی مدل در شبیه‌سازی داده‌های هیدرولوژیکی در حوضهٔ مطالعه‌شده است. رواناب و رسوب و دیگر مؤلفه‌های چرخهٔ هیدرولوژیکی حوضهٔ آبریز تیل‌آباد طی دوره‌های آتی تحت‌تأثیر تغییر کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده مطالعه شد (Salmani *et al, 2012*). به این‌منظور، با استفاده از تصاویر سنجنده‌های MSS (1986)، ETM+ (2000) و OLI (2015) ماهوارهٔ Landsat و اطلاعات جانبی منطقه تغییر کاربری اراضی در هفت طبقه تهیه و نقشهٔ کاربری اراضی سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۴۰ بر اساس رویکرد مدل‌سازی زنجیرهٔ مارکوف و اتومای سلولی پیش‌بینی شد. شبیه‌سازی در پایهٔ زمانی ماهانه در سال‌های ۲۰۰۰ـ ۲۰۱۴ و با استفاده از مدل SWAT انجام پذیرفت. نتایج بررسی نشان داد شبیه‌سازی رواناب ماهانه نسبت به رسوب دقت بیشتری دارد. در تحلیل کاربری اراضی مشخص شد که با تخریب منطقه در جهت قهقرا مقدار رواناب سطحی، رسوب، کل جریان آب، جریان زیرسطحی و تبخیر و تعرق افزایش و مقادیر جریان آب زیرزمینی، جریان برگشتی از آبخوان سطحی، تغذیهٔ آبخوان عمیق، نفوذپذیری و آب‌گذری کاهش چشمگیری پیدا می‌کند؛ همچنین مقادیر اوج و میانهٔ جریان بیشتر می‌شود و جریان پایه کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، آثار تغییرات در سال ۲۰۴۰ نسبت به سال ۲۰۲۵ بیشتر است. تأثیر ترکیب کاربری سرزمین و سنجه‌های ساختار سیمای سرزمین در مدل‌سازی کیفیت آب رودخانه‌های استان اردبیل بررسی شد (Aalipour Ardi & Jabbarian Amiri, 2021). نتایج مطالعه نشان داد که سنجه‌های سیمای سرزمین توانسته‌اند بیش از ۸۰ درصد واریانس را در تغییرات متغیرهای کیفیت آب در رودخانه‌های مورد مطالعه در استان اردبیل نشان دهند. هم‌چنین کاربری‌های کشاورزی، شهری و دیم هم در متغیرهای ویژگی ترکیب (درصد) کاربری سرزمین و هم سنجه‌های ساختار سیمای سرزمین بیشترین تاثیر را در کیفیت آب رودخانه‌ها داشته‌اند.

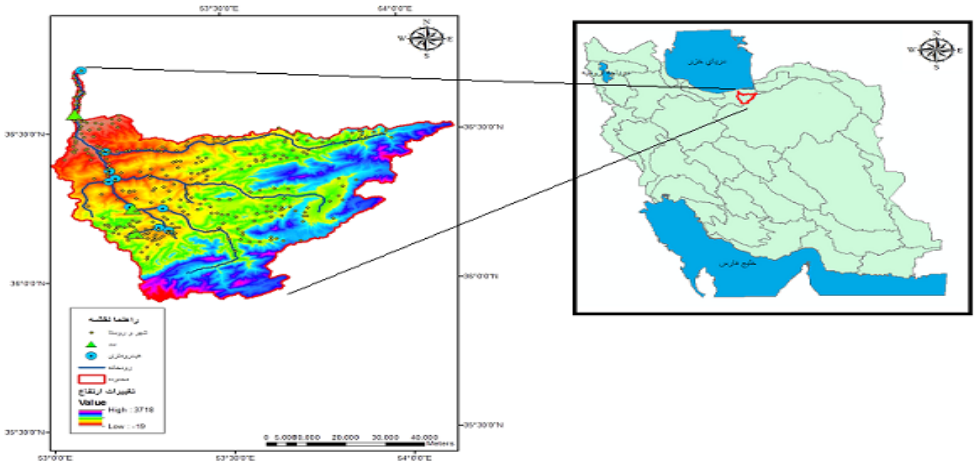
تأثیر تغییر کاربری/پوشش زمین بر جریان رودخانه با استفاده از مدل Arc-SWAT، در حوزه آبخیز فتام، حوضه آبای، اتیوپی انجام شد (Mekonnen and Manderso, 2023). به‌طور کلی آنها دریافتند که، اثرات تغییر کاربری/پوشش زمین بر جریان رودخانه ملاحظات مهمی برای برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های منابع آب است. به‌منظور پرداختن به خطرات، برنامه‌ریزی مؤثر کاربری زمین و استراتژی‌های مدیریت آب پایدار–اقلیم بهبود خواهند یافت.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]
[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

بررسی پژوهش‌های صورت گرفته و مستند در خصوص تاثیر تغییرکاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوضه آبخیز، بیانگر آن است که تحقیقات زیادی در این زمینه در سطح ایران و جهان صورت گرفته است. اما تاکنون در زمینه تاثیر الگوی سیمای سرزمین و روند شاخصه‌های آن مشاهده نشده است. بنابراین، نوآوری‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش در تعیین ارتباط توأمان سنجه‌ها و فرآیندهای تغییر سیمای سرزمین با شرایط هیدرولوژیک منطقه و پیش‌بینی آن برای شرایط آتی و بررسی تاثیر الگوی سیمای سرزمین است.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعاتی حوضه رودخانه تجن (حدود ۴۰۰۰ کیلومتر مربع) است که توسط کوه‌های البرز در جنوب و دریای خزر در شمال احاطه شده و در استان مازندران واقع شده است. منطقه شامل جنگل‌های هیرکانی بکر است که شامل هشتاد گونه از درختان و درختچه‌ها با تنوع زیستی بالا را شامل می‌شود (Mohammadi *et al*, 2017). از لحاظ جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۶ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۱۷ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۲۹ دقیقه و ۴۹ ثانیه واقع شده است. این منطقه دارای میانگین بارش ۸۳۴ میلیمتر و دمای سالانه حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد و آب و هوای گرم و مرطوب است. رودخانه‌های سفیدرود، چهاردانگه، ظالم‌رود و شاخه اصلی تجن در این حوزه واقع شده‌اند. قسمت عمده اراضی حوزه در استان مازندران و بخشی در استان سمنان واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز تجن در کشور نشان داده شده است. مرتفع‌ترین نقطه حوزه در جنوب شرقی حوزه با ارتفاع ۳۶۷۰ متر و پست‌ترین نقطه در خروجی حوزه با ارتفاع ۲۶- متر از سطح دریا است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز تجن
Figure 1. Location of Tajan watershed

### مدل SWAT

مدل SWAT یک مدل هیدرولوژیکی نیمه توزیع شده و پیوسته است که برای مدیران منابع آب ایجاد شده است تا با در نظر گرفتن تأثیر شیوه‌های مدیریتی مختلف بر جریان رودخانه و آلودگی غیر نقطه‌ای، مناسب‌ترین استراتژی یا راه‌حل را انتخاب کنند (Arnold *et al, 1998*). SWAT طی چند دهه گذشته تغییرات بسیاری کرده است (Jafari Gorzin *et al.*, 2023؛ Li *et al.*, 2007). در جهت واسنجی خروجی مدل SWAT نیازمند استفاده از برنامه SWAT CUP و بهره‌گیری از الگوریتم‌های بهینه‌سازی آن بوده است (Abbaspour *et al, 2007*). در این برنامه یکی از الگوریتم‌های متداولی که در جهت واسنجی استفاده می‌شود الگوریتم $SUFI^2$ در برنامه SWAT-CUP بوده که در جهت ارزیابی عملکرد مدل در مقیاس روزانه و ماهانه انتخاب می‌شود (Abbaspour *et al, 2018*). معیارهای ارزیابی نتایج بر اساس شاخص‌های ضریب تعیین ($R^2$) و کارایی نش-ساتکلیف (NSE) می‌باشد. مقادیر $R^2$ و NSE به‌ترتیب از ۰ تا ۱ و $-\infty$ تا ۱ متغیر هستند که ۱ مقدار بهینه برای هر دو معیار است (Zhang *et al, 2020*).

### اخذ تصاویر ماهواره‌ای جهت تولید نقشه کاربری اراضی

به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در حوضه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای Landsat و سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI استفاده گردید. مشخصات تصاویر به‌کار گرفته شده در جدول (۱) زیر آورده شده است.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]
[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

Table 1. Specifications of satellite images used

| ردیف Row | نوع ماهواره Satellite type | نوع سنجنده Gauge type | تاریخ تصویربرداری Date of Photo | ردیف Row | گذر crossing |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | TM | 25/06/1991 | 35 | 163 |
| 2 | | TM | 01/04/1995 | 35 | 163 |
| 3 | Landsat | ETM | 25/06/2000 | 35 | 163 |
| 4 | | ETM+ | 05/06/2010 | 35 | 163 |
| 5 | | OLI | 24/06/2020 | 35 | 163 |

در این مرحله به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه با توجه به موجودیت سنجنده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، تطابق با سایر داده‌ها و اطلاعات مشاهداتی مورد نیاز در پژوهش فعلی و با تأکید بر هم‌زمانی داده‌ها در سه مقطع زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ (با درنظر گرفتن احتمال جابه‌جایی یک تا سه سال) از تصاویر ماهواره‌ای Landsat و سنجنده‌های TM، ETM، $ETM^{+}$ و OLI (بسته به سال تصویربرداری) به‌سبب دسترسی آسان و نیز تأمین اهداف پژوهش استفاده خواهد شد. پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای، اقدام به تعیین طبقات کاربری اراضی در حوضه آبریز مطالعاتی به‌صورت نظارت شده با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال[1] به‌دلیل استفاده گسترده و نیز دقت بالا براساس مطالعات پیشین انجام شد.

شبیه‌سازی SWAT به سه ورودی ژئوفیزیکی شامل کاربری زمین، خاک و ارتفاع نیاز دارد. اطلاعات اخیر از داده‌های مدل ارتفاعی دیجیتال مبتنی بر ماهواره، مأموریت توپوگرافی رادار شاتل (SRTM) استخراج شد. داده‌های کاربری زمین باتوجه به اهداف تحقیق در چند بازه زمانی تهیه شد اما نقشه کاربری سال ۲۰۱۰ در جهت اجرا و واسنجی اولیه مدل به‌کار گرفته شد و پس از استخراج پارامترهای موثر برجریان، رسوب و آلودگی در جهت بهینه کردن نتایج مدل SWAT استفاده شد تا بتوانیم تاثیر تغیر پوشش گیاهی و کاربری اراضی بر جریان، رسوب، الودگی و سیمای سرزمین محدوده مورد مطالعاتی بررسی کنیم. داده های خاک از نقشه خاک فائو-یونسکو است. داده‌های اقلیمی مدل SWAT شامل بارش روزانه، حداکثر و حداقل دماهای روزانه در دوره آماری ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۸ از سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای تهیه شد. در نهایت، داده‌های جریان ایستگاه‌های هیدرومتری موجود بر روی رودخانه تجن برای واسنجی و صحت‌سنجی مدل SWAT استفاده شدند. پنج کلاس شیب ۰٪ - ۱۵٪، ۱۵٪ - ۳۰٪، ۳۰٪ - ۴۵٪، ۴۵٪ - ۶۰٪ و > ۶۰٪ در تعریف شیب در طول توسعه مدل استفاده شد.

دوره‌های واسنجی و صحت‌سنجی باتوجه به موجود بودن آمار ایستگاه هیدر.متری واقع بر رودخانه تجن به‌ترتیب ۱۹۹۷-۲۰۱۲ و ۲۰۱۸-۲۰۱۳ انتخاب شده‌اند.

## نتایج و بحث

### واسنجی و صحت‌سنجی جریان مدل SWAT

واسنجی و صحت‌سنجی SWAT با استفاده از برنامه SUFI2 که در قالب نرم‌افزار SWAT_ CUP به مدل SWAT لینک شده استفاده شد. از این‌رو می‌بایست پارامترهای موثر بر جریان به‌نحوی تعیین گردند که بیشترین تاثیر در شبیه‌سازی را داشته باشند، همانطور که در جدول (۲) مشخص شده است در نرم‌افزار SWAT CUP با بهرگیری از الگوریتم SUFI2 پس از ۵۰۰ بار شبیه‌سازی از بین پارامترهای موجود ۱۹ پارامتر موثر و بهینه محدوده مورد مطالعه انتخاب گشت.

جدول ۲- پارامترهای مؤثر بر مقدار رواناب حوضه آبریز در SWAT-CUP

Table 2. Parameters affecting the amount of watershed runoff in the SWAT-CUP

| ردیف Row | پارامتر Parameter | محدوده تغییرات Range of changes | | مقداربهینه پارامتر Parameter optimal value |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Alpha_Bf | 0.69 | 0.73 | 0.7 |
| 2 | RCHRG-DP | 0.57 | 0.67 | 0.57 |
| 3 | SURLAG | 0.25 | 0.32 | 0.29 |
| 4 | GWHT | 0 | 0.31 | 0.16 |
| 5 | Cn2 | -0.35 | -0.34 | -0.34 |
| 6 | ESCO | 0.41 | 0.47 | 0.47 |
| 7 | Gw_Delay | 763 | 766 | 774 |
| 8 | Gwqmn | 2.76 | 2.97 | 2.97 |
| 9 | Sftmp | -7.43 | -7 | -7.05 |
| 10 | GWSLOP | -0.04 | 0.27 | 0.24 |
| 11 | OV_N | 6 | 30 | 25 |
| 12 | LAT_TTIME | 47 | 150 | 117 |
| 13 | CH-K2 | 121 | 132 | 131 |
| 14 | CH-N2 | -0.11 | -0.08 | -0.09 |
| 15 | GW-REVAP | 0.18 | 0.27 | 0.18 |
| 16 | SMTMP | 9.4 | 11.57 | 10.6 |
| 17 | SMFMX | 8.94 | 9.63 | 9.44 |
| 18 | SMFMN | 2.95 | 3.16 | 3 |
| 19 | EPCO | -0.43 | -0.19 | -0.22 |

مقایسه بین جریان مشاهده شده و شبیه‌سازی شده در مورد ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه تجن در طول دوره‌های واسنجی (۲۰۱۲-۱۹۹۴) و صحت‌سنجی (۲۰۱۷-۲۰۱۳) در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌طور که

1- Maximum Likelihood

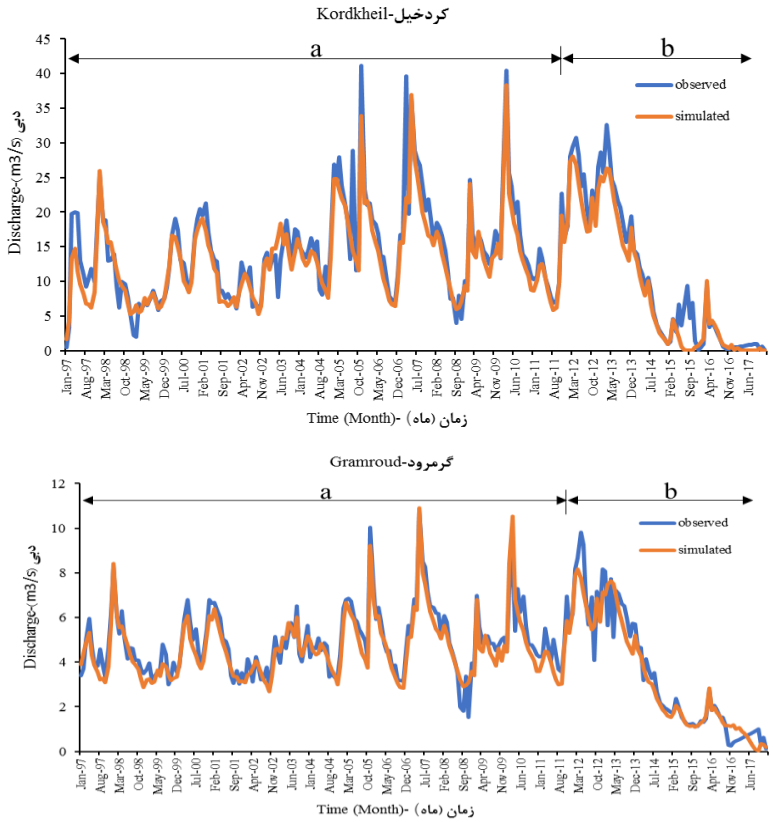
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]
[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

مشاهده می‌شود در این پژوهش ۴ شاخص ارزیابی ضریب نش–ساتکلیف NSE، ضریب همبستگی $R^2$، P-FACTOR و R-FACTOR در نظر گرفته شده است. بنا به مقادیر استخراج شده عملکرد مدل از نظر شبیه‌سازی مقیاس ماهانه برای هر بازه واسنجی و صحت‌سنجی بنابه به مقدار بازه شاخص ($R^2$=0.71-0.85 و NSE =0.7-0.8) خیلی خوب، بنابه مقدار بازه ($R^2$= 0.5-0.6 و NSE =0.5-0.6) خوب رتبه‌بندی می‌شود. دلیل اینکه در تعدادی ایستگاه مقدار رنج شاخص ارزیابی کم گشته است به‌علت طول آماری کم تعدادی ایستگاه و همچنین نواقص آماری در بازای از ماه سال بوده است. همان‌طور که در شکل (۲)، (۳) و (۴) مشاهده می‌شود تعدادی ایستگاه طول دوره آماری و همچنین بازه‌ای از زمان فاقد آمار بوده است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی جریان

Table 3. Flow evaluation results

| ردیف Row | نام ایستگاه Station N. | واسنجی Calibration | | | | صحت سنجی Validation | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | NSE | $R^2$ | P-FACTOR | R-FACTOR | NSE | $R^2$ | P-FACTOR | R-FACTOR |
| 1 | کردخیل (Kordkheil) | 0.6 | 0.63 | 0.43 | 0.21 | 0.58 | 0.6 | 0.3 | 0.1 |
| 2 | علی آباد (Aliabad) | 0.55 | 0.61 | 0.33 | 0.3 | 0.5 | 0.56 | 0.3 | 0.21 |
| 3 | کرچای (Kerchai) | 0.52 | 0.6 | 0.35 | 0.33 | 0.64 | 0.7 | 0.28 | 0.22 |
| 4 | پرویج (Parvarij) | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.35 | 0.7 | 0.75 | 0.4 | 0.36 |
| 5 | واستان (Vastan) | 0.7 | 0.71 | 0.38 | 0.33 | 0.68 | 0.7 | 0.36 | 0.32 |
| 6 | ورند (Varand) | 0.67 | 0.7 | 0.41 | 0.25 | 0.6 | 0.65 | 0.38 | 0.32 |
| 7 | ریگ چشمه (Rigcheshmeh) | 0.8 | 0.85 | 0.45 | 0.35 | 0.75 | 0.77 | 0.38 | 0.36 |
| 8 | گرم رود (Garmroud) | 0.5 | 0.52 | 0.3 | 0.2 | 0.48 | 0.5 | 0.26 | 0.23 |

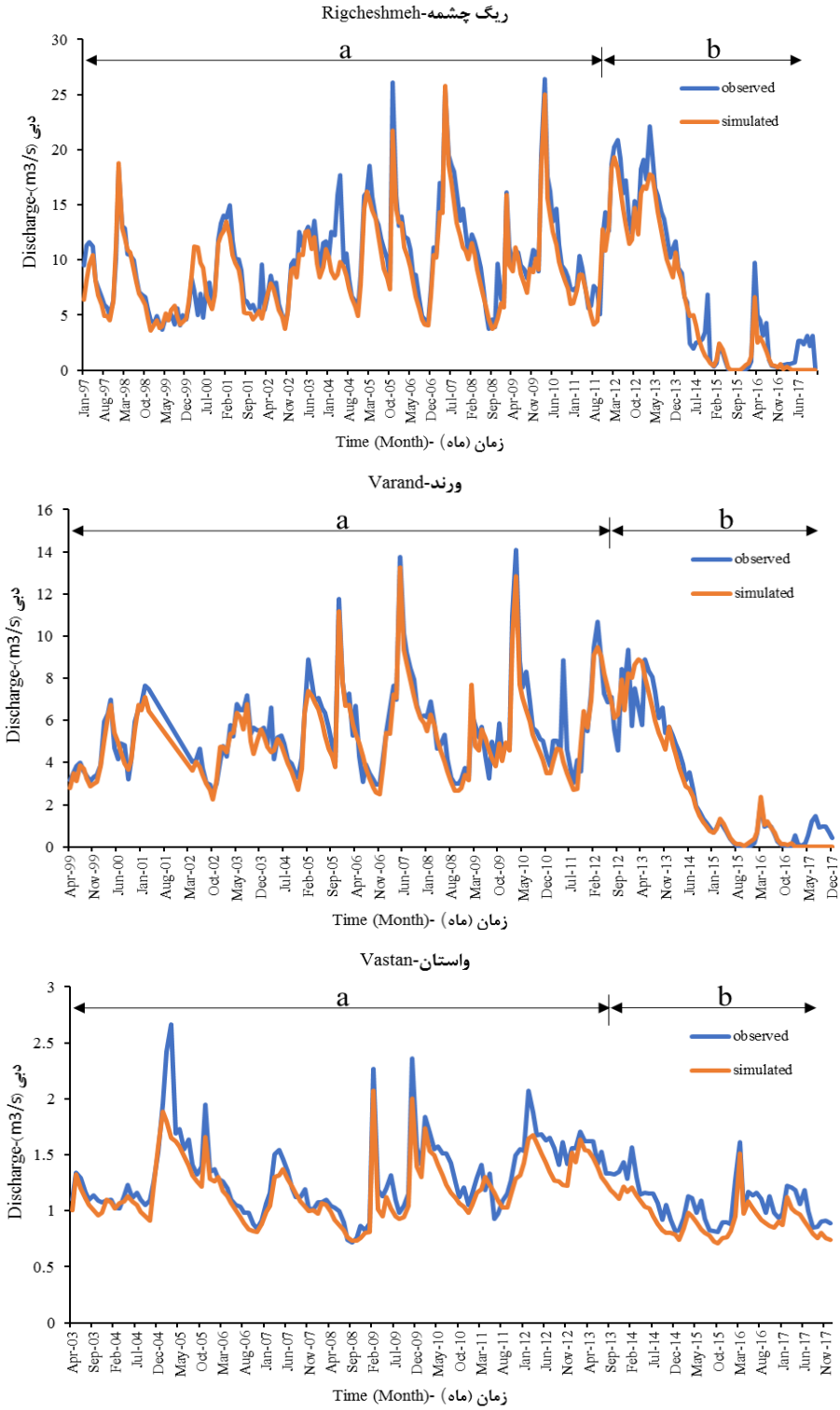



شکل ۲- هیدروگراف جریان بازه واسنجی (a) و صحت‌سنجی (b) ایستگاه‌های کردخیل و گرمرود

Figure 2. Flow hydrograph of the calibration interval of Kordakheil and Garmroud stations

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]

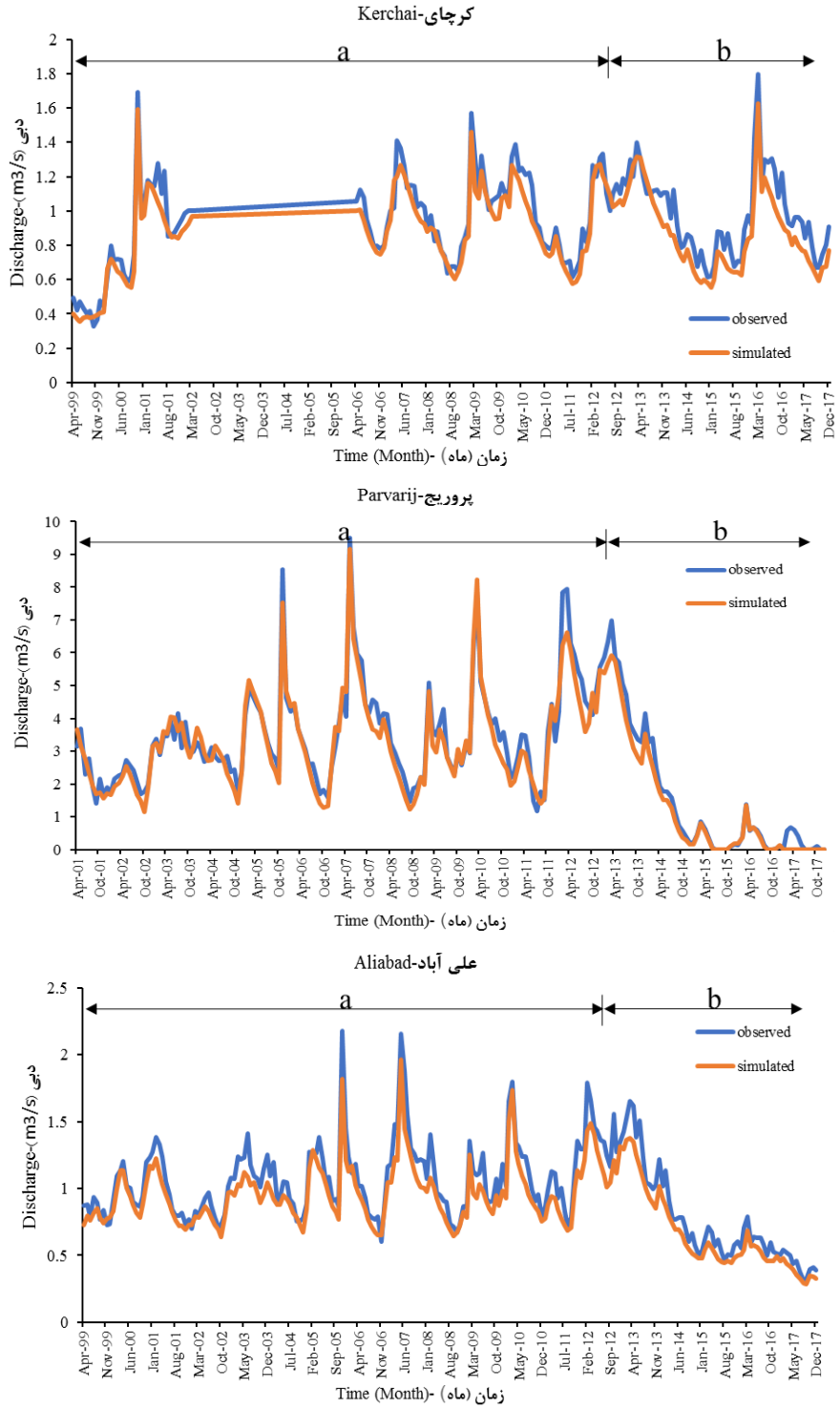
[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]




شکل ۳- هیدروگراف جریان بازه واسنجی (a) و صحت‌سنجی (b) ایستگاه‌های ریگ‌چشمه، ورند، واستان
Figure 3. Flow hydrograph of the calibration interval of Rigcheshmeh, Varand, Vastan stations

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]

[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]




شکل ۴- هیدروگراف جریان بازه واسنجی (a) و صحت‌سنجی (b) ایستگاه‌های علی‌آباد، پرویج، کرچای
Figure 4. Flow hydrograph of the calibration interval of Kerchai, Parvarij, Aliabad stations

## اثر سناریوهای تغییر کاربری بر رواناب

به‌منظور ارزیابی سناریوهای تغییر کاربری بر رواناب از نقشه‌های کاربری اراضی بدست آمده برای بازه‌های زمانی ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ استفاده شد. برای ارزیابی اثر تغییر کاربری بر روی رواناب، نقشه‌های کاربری اراضی به‌دست آمده با استفاده از تحلیل سنجش از راه دور و پردازش تصاویر، به Arc SWAT معرفی گردید و بعد از انجام واسنجی مدل براساس نقشه ۲۰۱۰ و استخراج پارامترهای موثر حوضه برروناب، مدل با اعمال تغییراتی در سطح زیرکشت و درصد هریک از کاربری‌ها مجدد برای

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]
[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

تصاویر ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ اجرا گردید. پس از مشخص کردن سطح تغییرات کاربری در نرم‌افزار ArcSWAT، نیاز به بررسی رواناب حاصل از این تغییرات مدل‌سازی شده با اطلاعات آماری موجود ثبت شده ایستگاه هیدرومتری منطقه مورد مطالعاتی در بازه زمانی حال می‌باشد. این نتایج نشان داد که تغییرات کاربری در این سناریو سبب تغییر در رواناب شده است. نتایج ارائه شده در جدول (۴) قابل‌مشاهده است.

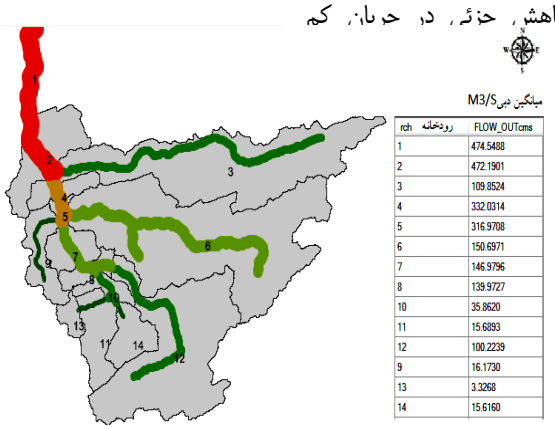
جدول ۴- بررسی درصد تغییرات تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی

Table 4. Examining the percentage of changes under the influence of land use change

| ردیف Row | ایستگاه Station | جریان Flow | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1990 | 2000 | 2016 | 2020 |
| 1 | کردخیل Kordkheil | +25% | +18% | -5% | -7% |
| 2 | علی آباد Aliabad | +15% | +10% | -3% | -5% |
| 3 | کرچای Kerchai | +17% | +9% | -4% | -6% |
| 4 | پرویج Parvarij | +7% | +3.5% | -1.5% | -2.3% |
| 5 | واستان Vastan | +11% | +7.5% | -4% | -6% |
| 6 | ورند Varand | +20% | +16% | -7% | -9% |
| 7 | ریگ چشمه Rigcheshmeh | +28% | +20% | -10% | -13% |
| 8 | گرم رود Garmroud | +23% | +21% | -12% | -14% |

## تغییرات جریان محیطی

شاخص‌های EFC که به جریان‌های کم ماهانه، جریان‌های بسیار کم، پالس‌های جریان بالا، سیل‌های کوچک و سیل‌های بزرگ تقسیم می‌شوند نیز در این مطالعه در نظر گرفته شدند زیرا این اطلاعات برای حفظ یکپارچگی اکولوژیکی رودخانه بسیار مهم است. اولین گروه EFC جریان کم ماهانه جریان سطحی را نشان می‌دهد، بنابراین هرگونه تغییر در این پارامترها می‌تواند با در دسترس بودن جریان سطحی مرتبط باشد. اساساً، کاهش جزئی در جریان کم ماهانه را می‌توان در ماه‌های آوریل، می و اکتبر تا دسامبر ۰.۲٪ تا ۱.۱٪ بر اساس پیش‌بینی میانگین مجموعه همان‌طور که در شکل جریان (۲) تا (۴) نشان داده شده است. در مقابل، جریان‌های کم ماهانه از جولای تا سپتامبر. پیش‌بینی می‌شود در سطح اطمینان ۹۵ درصد به‌میزان قابل‌توجهی بین ۴.۳ تا ۹.۴ درصد افزایش یابد. در حالت کلی فرایند جریان با استفاده از SWAT OUTPUT WIEVER در شکل (۵) نشان داده شده است.




شکل ۵- تغییرات میزان جریان در حالت کلی

Figure 5. changes in the flow rate in the general state

تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که مدل SWAT برای شبیه‌سازی جریان ماهانه نتایج قابل‌قبول است (Kiyani Majd *et al, 2023*). دلیل پایین بودن نتایج در یکسری ایستگاه‌ها به‌خاطر کم بود تعداد ایستگاه باران‌سنج و سینوپتیک در مناطق برای ثبت بارش شدید در مقیاس روزانه با پوشش فضایی بهتر باشد (Mehdi *et al, 2015*).

## نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، مدل‌سازی SWAT و آنالیز تغییرات سرزمین به‌عنوان ابزارهای برنامه‌ریزی نو جهت بررسی پویایی سرزمین در حوزه آبخیز تجن از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ بررسی گردید. نتایج آنالیز تغییرات طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰، کاهش جنگل را به‌میزان ۱۲۱۱ هکتار نشان داد. بیشترین جنگل‌زدایی در حاشیه اراضی کشاورزی قبلی به‌علت دسترسی بهتر مشاهده گردید. به‌علاوه افزایش رشد جمعیت، استفاده

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]
[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

چوب جنگل به‌عنوان سوخت، ساخت و ساز و تعمیر خانه‌های روستائیان دلایل دیگر جنگل‌زدایی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. از دیگر دلایل تخریب اراضی جنگلی را می‌توان به چرای دام مرتبط دانست، که سبب تغییر ترکیب پوشش گیاهی می‌گردد و دامداران با چرای دام‌هایشان از نهال‌های جوان، سرشاخه درختان و احداث آغل‌های دامداری سبب تخریب و تغییر پوشش جنگلی می‌شوند (Jafari Gorzin *et al, 2023*). دلایل جنگل‌زدایی را در کشورهای در حال توسعه در دوره زمانی کوتاه رشد جمعیت و توسعه اراضی کشاورزی بیان کردند (Wilby, 2005؛ Wang, 2023؛ Chiang *et al.*, 2023). در مطالعه حاضر، کاهش مراتع (۱۶۴۳۶ هکتار) و اراضی کشاورزی (۱۰۰۰۰ هکتار) طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰ مشاهده گردید.

مشابه سایر مطالعات مدل‌سازی، نتایج ارائه شده در این تحقیق شامل محدودیت‌های ذاتی مختلف می‌باشند و عدم قطعیت مدل‌سازی به‌علت کاربرد شبیه‌سازی جریان پوشش سرزمین در مدل هیدرولوژی چندبرابر شد. با وجود تلاش‌های زیاد، چهار منبع اصلی عدم قطعیت در مدل‌سازی هیدرولوژی حوزه آبخیز تجن مشاهده گردید: (۱) عدم قطعیت در پارامترهای مدل و فرضیات مفهوم مدل، زیرا نتایج آب معادل ذوب برف و تبخیر و تعرق مبنی بر نتایج مدل SWAT می‌باشند که شبیه‌سازی این پارامترها را با قابلیت اطمینان کمتری مدل کرد؛ (۲) عدم قطعیت در مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین (سناریوی تاریخی مبنی بر روند تغییرات طی دو دوره زمانی گذشته است، اما ممکن است به‌علت تغییر در سیاست، قیمت محصول و رشد جمعیت که بر الگوی پوشش سرزمین در آینده تاثیر می‌گذارند، تغییر کند (Wang *et al*, 2023؛ Wilby, *2005*). صرف‌نظر از عدم قطعیت‌های ذکر شده، این پژوهش درک عمیقی جهت برنامه‌ریزان و تصمیم‌سازان مسئول جهت مدیریت تحت شرایط آینده تغییر در دسترس بودن آب فراهم کرد. این مطالعه به‌وضوح اثرات شرایط تغییر پوشش گیاهی در حوزه آبخیز تجن در چند بازه پیش‌بینی کرد. اگرچه، کاهش دردسترس بودن آب را در اواخر بهار و تابستان می‌تواند میزان آب جهت آبیاری در پایین دست حوزه را به‌خطر اندازد، مگر اینکه مدیریت مناسب آب و ذخیره آن همراه با استفاده و مدیریت بهتر رواناب اجرا شود.

نتایج این مطالعه به ویژه اهمیت پوشش سرزمین که می‌تواند اثر اندک، کاهش و یا افزایش بر کمیت آب داشته باشد را تأیید کرد. همچنین این مطالعه اطلاعات ارزشمند و مهمی را برای تصمیم‌سازان به‌منظور طراحی سناریوهای سازگار منطبق با اصول توسعه پایدار دارد، فراهم می‌کند.

## References

Aalipour Ardi, M., & Jabbarian Amiri, B. (2021). Investigating the Effects of Land Use/Land Cover Composition on River Water Quality. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, *51*(103), 83-93 (In Persian).

Abbaspour, K. C., Vaghefi, S. A., & Srinivasan, R. (2017). A guideline for successful calibration and uncertainty analysis for soil and water assessment: a review of papers from the 2016 international SWAT conference. *Water*, *10*(1), 6.

Aghabeigi Amin, S., Ildromi, A. R., Noori, H. R., & Haghighi Kermanshahi, A. (2016). Impressionability of Suspended Sediment from Land use changes in Dinevar Watershed of Kermanshah Province. *Iranian journal of Ecohydrology*, *3*(4), 611-621 (In Persian).

Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., & Williams, J. R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, *34*(1), 73-89.

Chiang, L. C., Chuang, Y. T., & Han, C. C. (2019). Integrating landscape metrics and hydrologic modeling to assess the impact of natural disturbances on ecohydrological processes in the Chenyulan watershed, Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(2), 266.

Gabiri, G., Leemhuis, C., Diekkrüger, B., Näschen, K., Steinbach, S., & Thonfeld, F. (2019). Modelling the impact of land use management on water resources in a tropical inland valley catchment of central Uganda, East Africa. *Science of the total environment*, *653*, 1052-1066.

Jafari Gorzin, B., Kavian, A., & Solaimani, K. Land use changes and its role in the hydrology of the upstream areas of Siahroud watershed. *Journal of Watershed Management Research*, 14(27), 26-37 (In Persian).

Kiyani Majd, M., Nohtani, M., Dehmardeh Ghaleh No, M. R., & Shikh, Z. (2023). Simulating the Runoff of Watersheds in Dry Areas on A Monthly Scale using the SWAT Model (Case Study: Lar Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, *14*(27), 135-145 (In Persian).

Li, K. Y., Coe, M. T., Ramankutty, N., & De Jong, R. (2007). Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. *Journal of hydrology*, *337*(3-4), 258-268.

Mahiny, A. S., & Turner, B. J. (2003, September). Modeling past vegetation change through remote sensing and GIS: a comparison of neural networks and logistic regression methods. In *Proceedings of the 7th international conference on geocomputation. University of Southampton, UK* (pp. 1-24).

Mehdi, B., Ludwig, R., & Lehner, B. (2015). Evaluating the impacts of climate change and crop land use change on streamflow, nitrates and phosphorus: a modeling study in Bavaria. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *4*, 60-90.

Mekonnen, Y. A., & Manderso, T. M. (2023). Land use/land cover change impact on streamflow using Arc-SWAT model, in case of Fetam watershed, Abbay Basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, *13*(5), 111.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]

[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]

Mekonnen, Y.A., Mengistu T.D., Asitatikie, A.N., & Kumilachew, Y.W. (2022). Evaluation of reservoir sedimentation using bathymetry survey: a case study on Adebra night storage reservoir. *Ethiopia Appl Water Sci*, 12(12), 269

Moges, M. A., Schmitter, P., Tilahun, S. A., Ayana, E. K., Ketema, A. A., Nigussie, T. E., & Steenhuis, T. S. (2017). Water quality assessment by measuring and using landsat 7 ETM+ images for the current and previous trend perspective: lake tana Ethiopia. *Journal of Water Resource and Protection*, *9*(12), 1564.

Mohammadi, J., Shataee, S., Namiranian, M., & Næsset, E. (2017). Modeling biophysical properties of broad-leaved stands in the hyrcanian forests of Iran using fused airborne laser scanner data and ultraCam-D images. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, *61*, 32-45.

Nguyen, H. H., Recknagel, F., Meyer, W., Frizenschaf, J., Ying, H., & Gibbs, M. S. (2019). Comparison of the alternative models SOURCE and SWAT for predicting catchment streamflow, sediment and nutrient loads under the effect of land use changes. *Science of the Total Environment*, *662*, 254-265.

Salmani, H., Mohseni, S. M., Rouhani, H., & Salajegheh, A. (2012). Evaluation of land use change and its impact on the hydrological process in the Ghazaghli Watershed, Golestan province. *Journal of Watershed Management Research*, 3(6), 43 -60 (In Persian).

Salmani, H., Sheikh, V. B., Salman Mahiny, A., Ownegh, M., & Fathabadi, A. (2018). Evaluation of Hydrological Response in Tilabad Watershed of Golestan for Future Periods as Affected by the Predicted Land use Change. *Iranian journal of Ecohydrology*, 5(2), 399-418 (In Persian).

Tewabe, D., & Fentahun, T. (2020). Assessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia. *Cogent Environ Sci*, 6(1), 1778998

Wang, R., Ma, Y., Zhao, G., Zhou, Y., Shehab, I., & Burton, A. (2023). Investigating water quality sensitivity to climate variability and its influencing factors in four Lake Erie watersheds. *Journal of Environmental Management*, *325*, 116449.

Wilby, R. L. (2005). Uncertainty in water resource model parameters used for climate change impact assessment. *Hydrological Processes: An International Journal*, *19*(16), 3201-3219.

Zhang, H., Wang, B., Li Liu, D., Zhang, M., Leslie, L. M., & Yu, Q. (2020). Using an improved SWAT model to simulate hydrological responses to land use change: A case study of a catchment in tropical Australia. *Journal of Hydrology*, 585, 124822.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12 ]

[ DOI: 10.61186/jwmr.15.2.77 ]