

Investigating the hydrological behavior and possible flow trends of the Kangir Basin under the influence of land use change using the SWAT model

Masoumeh Zamani ^a , Mohammad Mahdi Hosseinzadeh ^b * , Noredin Rostami ^c 

^a Ph. D student in Geomorphology, Department of Physical Geography, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran

^b Associated Professor, Department of Physical Geography, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran

^c Associated Professor, Department of Rang and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam

Research Full Paper

Article History (Received: 2024/12/19

Accepted: 2025/03/13)

Extended abstract

1- Introduction

The swift growth of the population, coupled with the pressing need for economic advancement, has led to an increased demand for various uses within watersheds. Land use plays a crucial role in the study of natural resources and the management of environmental systems. It is vital to comprehend the interplay between runoff and alterations in land use, particularly in the context of water resource management and land use planning. A thorough understanding of historical, current, and anticipated changes in land use and land cover is imperative for effective watershed management. This study aims to explore the effects of land use changes on the potential for surface runoff generation in the Kangir watershed, employing remote sensing, geographic information systems, and the SWAT model. The Kangir watershed spans an area of 122.71 square kilometers and is situated in the southeastern part of Avan Gharb, adjacent to the northern region of Ilam province. The Kangir River, which is the sole permanent river in this basin, originates from Sarab Avan, located 9 kilometers southeast of Avan city, and flows in a south-to-northwest direction.

2-Methodology

The Soil and Water Analysis Tool (SWAT) was employed to conduct a hydrological simulation of the Kangir Basin. Essential data for the model included soil characteristics, climatic conditions, a topographic map, and a land use map, all of which are crucial for simulating the physical processes associated with flow quantity and velocity. To estimate surface runoff, hydrological response units (HRUs) were utilized. The calibration of the SWAT model results was performed using SWAT CUP software in conjunction with the SUFI2 algorithm, which facilitated the identification of key parameters influencing flow dynamics. Additionally, land use classifications for the years 1990, 2000, 2010, and 2020 were executed on the Google Earth Engine platform, resulting in the identification of nine distinct land use categories, including irrigated agricultural land, dense forest, semi-dense forest, orchard, pasture, urban areas, shrubland, rocky terrain, and grassland.

3- Results

The integration of land use, soil, and slope class maps into the Arc SWAT software facilitated the development of hydrological response units for the basin through the overlay of these maps. Calibration of the model was performed using observed flow discharge data from the Kangir and Ivan hydrometric stations spanning from 1994 to 2013, employing the SWAT-CUP software alongside the SUFI2 algorithm. The subsequent period from 2014 to 2018 served as the validation phase for the model. The outcomes of the calibration and validation processes for both the Ivan and Kangir stations demonstrate the model's robust performance within the SWAT-CUP framework. Initially, the land use map for the relevant time periods was derived from satellite imagery accessed through the Google Earth Engine

* Corresponding Author: m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

system. An analysis of the various land uses in the Kangir Basin over the years reveals significant alterations compared to 1990, with notable changes observed in human and natural land use when assessed in 10-year intervals. Consequently, modeling efforts were directed towards examining flow behavior and the influence of vegetation on runoff, utilizing the SWAT model based on the land use map from the year 2000.

4- Discussion & Conclusions

The examination of land use alterations within the Kangir Basin reveals a notable correlation between these modifications and shifts in runoff behavior. Over the last three decades, the basin has undergone considerable changes in land use, marked by a reduction in both dense and semi-dense forests, as well as pastures and wastelands, while urban development, agricultural areas, and pastures have seen significant growth. This transformation is particularly striking when contrasting data from 1990 with that from 2020, underscoring a pattern in which natural vegetation is increasingly supplanted by anthropogenic land uses. The consequences of these land use transformations on hydrological processes are substantial, as this research indicates a clear decline in vegetation density correlating with heightened runoff intensity, particularly evident in the years 2010 and 2020.

The findings from the modeling suggest that the most significant rate of land use transformation is associated with a reduction in dense forests, semi-dense forests, orchards, and grasslands, alongside an increase in agricultural land and urban areas. In the simulations performed at the Kangir station, the SWAT model predicted peak runoff levels that exceeded the recorded observations, a discrepancy that can be linked to the ongoing changes in land use. If these trends in land use persist, there will be a notable rise in peak discharge levels, leading to severe flooding events that pose substantial threats to both the economic stability and the livelihoods of the residents within the basin.

Key Words: Flow simulation, Kangir, SWAT, Land use change, Google Earth Engine

Cite this article: Zamani, Masoumeh., Hosseinzadeh, Mohammad Mahdi., & Rostami, Nureddin. (2025). Investigating the hydrological behavior and possible flow trends of the Kangir Basin under the influence of land use change using the SWAT model. *Journal of Environmental Erosion Research*. 2025; 15 (2):20-39. <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.20>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.20>

Published by Hormozgan University Press.

URL: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>

بررسی رفتار هیدرولوژیکی و روندهای احتمالی جریان حوضه کنگیر تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی با استفاده از SWAT

معصومه زمانی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

محمد مهدی حسین زاده^{*}، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

نورالدین رستمی، دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳)

DOI: <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.20>

چکیده

حوضه آبخیز کنگیر یکی از مهم ترین حوضه های آبخیز ایران از نظر مدیریت منابع آب می باشد. تغییرات کاربری و پوشش زمین (LULC) در این حوضه از اهمیت استراتژیک زیادی برخوردار است چرا که به عنوان یکی از مهم ترین منبع تامین آب استان ایلام بوده است. در تحقیق حاضر، با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست و روش طبقه بندی در پلتفرم گوگل ارث انجین تغییرات کاربری اراضی حوضه در سال های ۲۰۲۰، ۲۰۱۰، ۲۰۰۰، ۱۹۹۰ استخراج و تاثیر آن بر تغییرات هیدرولوژی محلی بررسی شد. مطالعه حاضر بر روی حوضه آبخیز کنگیر با هدف انجام تشخیص موثر جریان و ارزیابی اثرات تغییرات LULC در ۳۰ سال گذشته بر روی آب انجام گرفت. مدل ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) نشان داد که نتایج شبیه سازی شده با داده های اندازه گیری شده در باز تولید دینامیکی فصلی جریان مطابقت دارد. همچنین مشاهده شد که زیرحوضه هایی که در آنها مرتع غالب است، بیشتر مستعد افزایش رواناب هستند. در زیرحوضه هایی که پوشش اراضی آنها عمدتاً جنگلی است، سری زمانی همگن و بدون روند است. مطالعه حاضر تأثیرات ۳۰ سال تغییرات LULC در حوضه کنگیر را بر رواناب نشان داد که به نوبه خود می تواند نقش مهمی در تغییر چرخه هیدرولوژیکی داشته و در نتیجه این تغییرات می تواند بر فعالیت های انسانی متنوع در منطقه مانند کشاورزی، دامداری، تولید انرژی، امنیت غذایی و تامین آب تأثیر بگذارد. بنابراین، مدل SWAT تخمین گر خوبی برای فرآیندهای شبیه سازی جریان در حوضه های کنگیر است و می تواند توسط تصمیم گیرندگان در مدیریت منابع آب و زیست محیطی استفاده شود.

واژگان کلیدی: شبیه سازی جریان، کنگیر، SWAT، تغییر کاربری اراضی، گوگل ارث انجین

۱- مقدمه

با گسترش سریع جمعیت و نیاز به توسعه اقتصادی، تقاضا برای کاربری‌های مختلف در داخل حوضه آبخیز افزایش یافته است (Aghsaei et al., 2020 & Arnold & Fohrer, 2005). این روندها باعث ایجاد تغییراتی در کاربری و پوشش زمین (LULC) با تأثیرات عمده بر فرآیندهای هیدرولوژیکی می‌شود (de Oliveira Serrao et al., 2020). در نتیجه تلاش برای انجام برنامه ریزی بهینه یکپارچه برای دستیابی به استفاده پایدار از منابع حوضه آبخیز در بررسی بسیار مهم بوده است. در همین راستا نقش کاربری اراضی یکی از فاکتورهای اساسی در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت محیط زیست است. اطلاع از تغییرات کاربری اراضی و بررسی علل و عوامل آن‌ها در یک دوره زمانی می‌تواند مورد توجه برنامه ریزان و مدیران باشد (Soltani & Mohammadnejad, 2021) در راستای مدیریت منابع آب و برنامه ریزی کاربری اراضی، آگاهی از رابطه بین رواناب و تغییر کاربری اراضی ضروری است یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر خصوصیات رواناب هر حوضه تغییر پوشش گیاهی است. تغییرات کاربری اراضی در حوضه، چه برای دوره‌های کوتاه و چه طولانی، به دلیل تأثیر آنها بر ویژگی‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی منطقه بسیار مهم است (Abbas et al, 2015 & Dwarakish et al, 2015). تغییر کاربری اراضی ممکن است اثرات قابل توجهی بر سیستم‌های زیست محیطی، اکولوژیکی و هیدرولوژیکی و فرآیندهای آن داشته باشد.

درک تغییرات گذشته، حال و آینده در کاربری اراضی پوشش اراضی ضروری است و ایده‌ای برای مدیریت صحیح حوضه آبخیز می‌دهد (Ndulue et al, 2015). تغییرات در کاربری اراضی عمدتاً ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی مانند شهرنشینی، صنعتی‌سازی، کشاورزی و شیوه‌های مدیریتی و غیره است که می‌توانند رژیم‌های جریان را تغییر دهند (Yin et al. 2014 & Wang et al. 2017). پژوهش‌ها نشان داده است که متغیرهای مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی بسته به موقعیت جغرافیایی متفاوت است و این علل اغلب تحت تأثیر محیط زیست محیطی، اجتماعی-اقتصادی و تاریخی-سیاسی قرار دارند (Prusty et al, 2021). با این حال، از آنجایی که رویکردهای تجربی برای مطالعه پاسخ‌های هیدرولوژیکی به تغییر کاربری زمین زمان می‌برد، مدل‌های هیدرولوژیکی به طور فزاینده‌ای برای تخمین تأثیر تغییرات کاربری زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند (Fohrer et al, 2001). یکی از ابزارهای پرکاربرد برای ارزیابی تأثیر سناریوهای مختلف استفاده و اشغال سطح زمین در منابع آب در حوضه‌های هیدروگرافی و شبیه‌سازی هیدرولوژی حوضه که قابلیت در نظر گرفتن پوشش گیاهی و کاربری اراضی را دارد (Fontes Júnior & Montenegro, 2019)، ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) است که قادر به پیش‌بینی رواناب و تأثیر تغییرات کاربری بر رواناب را دارا می‌باشد (Prusty et al, 2021). این مدل (SWAT) در مطالعات مختلف در مقیاس حوضه رودخانه برای شبیه‌سازی کیفیت و کمیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین برای پیش‌بینی اثرات زیست‌محیطی کاربری زمین، شیوه‌های مدیریت زمین و اقلیم بر چرخه هیدرولوژیکی استفاده شده است (Asres et al, 2010 & Abbaspour & Fiseha et al, 2012 & Mengistu & Sorteberg, 2012 & Silva et al., 2018 & Wang et al., 2019 & de Oliveira Serrao et al, 2020 & Chilagane et al, 2021 & Mohseni et al, 2023 & Ansarifard et al, 2024). مطالعات نشان می‌دهد که مدل SWAT قابلیت بکارگیری نقشه کاربری اراضی، مدل رقوم ارتفاعی (DEM)، نقشه خاکشناسی به همراه اطلاعات توصیفی لایه خاک و همچنین کلاس بندی شیب را جهت برآورد رواناب بکار می‌گیرد. بنابراین صحت داده‌ها به ویژه نقشه کاربری اراضی می‌تواند

میزان کیفیت و دقت مدل را دقیق تر کند (Mohseni et al, 2023). مطالعات نشان داده است که در میان مدل‌های موجود، ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای تعیین پاسخ جریان به تغییرات شرایط پوشش زمین، عملیات کشاورزی و روند بارش طبیعی است (da Silva et al. 2018). مدل SWAT در زمینه‌های زیست محیطی، پس از کالبراسیون و اعتبار سنجی، عملکرد رضایت بخشی را در شبیه سازی جریان سالانه و ماهانه ارائه می دهد (Hernandes et al, 2018). Ghazavi & Fazeli در سال ۲۰۱۹ در پژوهش خود جهت بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب نشان داده اند که نتایج شبیه سازی به دلیل این که رواناب مشاهداتی خارج از محدوده باند عدم قطعیت قرار گرفته است و نقشه کاربری سال ۱۹۸۷ نسبت به نقشه ۲۰۱۳ دارای دقت مکانی و هندسی کم تری می باشد.

استفاده از نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۷ برای دوره جدید از دقت قابل قبولی برخوردار نمی باشد و رواناب مشاهداتی خارج از محدوده باند قطعیت با سطح اطمینان ۹۵٪ قرار گرفته است. Munoth & Goyal (۲۰۲۰) از مدل SWAT برای ارزیابی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب و عملکرد رسوب زیرحوضه رودخانه تاپی در هند استفاده کرده اند. این مطالعه بر روی چهار نقشه کاربری اراضی ۱۹۷۵، ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرات کاربری منجر به افزایش متناظر در رواناب سطحی، عملکرد آب و رسوب شده است. این مطالعات نشان می دهد که تأثیر تغییرات کاربری زمین بر ویژگی های رواناب از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. بنابراین، ارزیابی اثر تغییر کاربری بر ویژگی های رواناب در ناحیه مورد نظر ضروری است. در پژوهشی دیگر بال و همکاران (Bal et al, 2021) رواناب ایستگاه گوویندپور تحت تأثیر تغییر کاربری اراضی را با استفاده از SWAT ارزیابی نموده اند و نتایج نشان داد که رواناب شهری به دلیل افزایش سطح غیرقابل نفوذ و کاهش مساحت جنگل به طور قابل توجهی افزایش می یابد و نوع کاربری اراضی ساخته شده نقش حیاتی به عنوان ورودی برای ارزیابی رواناب ایفا می کند (Bal et al, 2021). مانویل و همکاران (Manuel et al, 2020) حجم رواناب سالانه در حوضه کوچکی از جنگل های استوایی (برزیل) را با استفاده از مدل ارزیابی خاک و آب ارزیابی کرده اند. کاربرد ابزار SWAT نشان داده است که اگر جنگل با محصولات زراعی یا مرتع جایگزین شود، پاسخ هیدرولوژیکی حوضه به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار نمی گیرد. برعکس، جنگل زدایی کامل ظرفیت تولید رواناب آن را اندکی افزایش می دهد. از طرفی دیگر مرتع و خاک لخت به ترتیب کمترین و بیشترین ضریب رواناب را خواهند داشت (Manuel et al, 2020). ادی والدو و همکاران (Edivaldo et al, 2021) در پژوهش خود رژیم های هیدرولوژیکی حوضه رودخانه گنگ با تغییر کاربری اراضی را مورد ارزیابی قرار داده اند. نتایج نشان داد که شهرنشینی بیشترین سهم را در افزایش رواناب سطحی و تولید آب داشته است. در حالی که افزایش تقاضای آبیاری سهم غالب در مصرف آب بوده و همچنین بر افزایش تبخیر و تعرق افزوده است (Edivaldo et al, 2021).

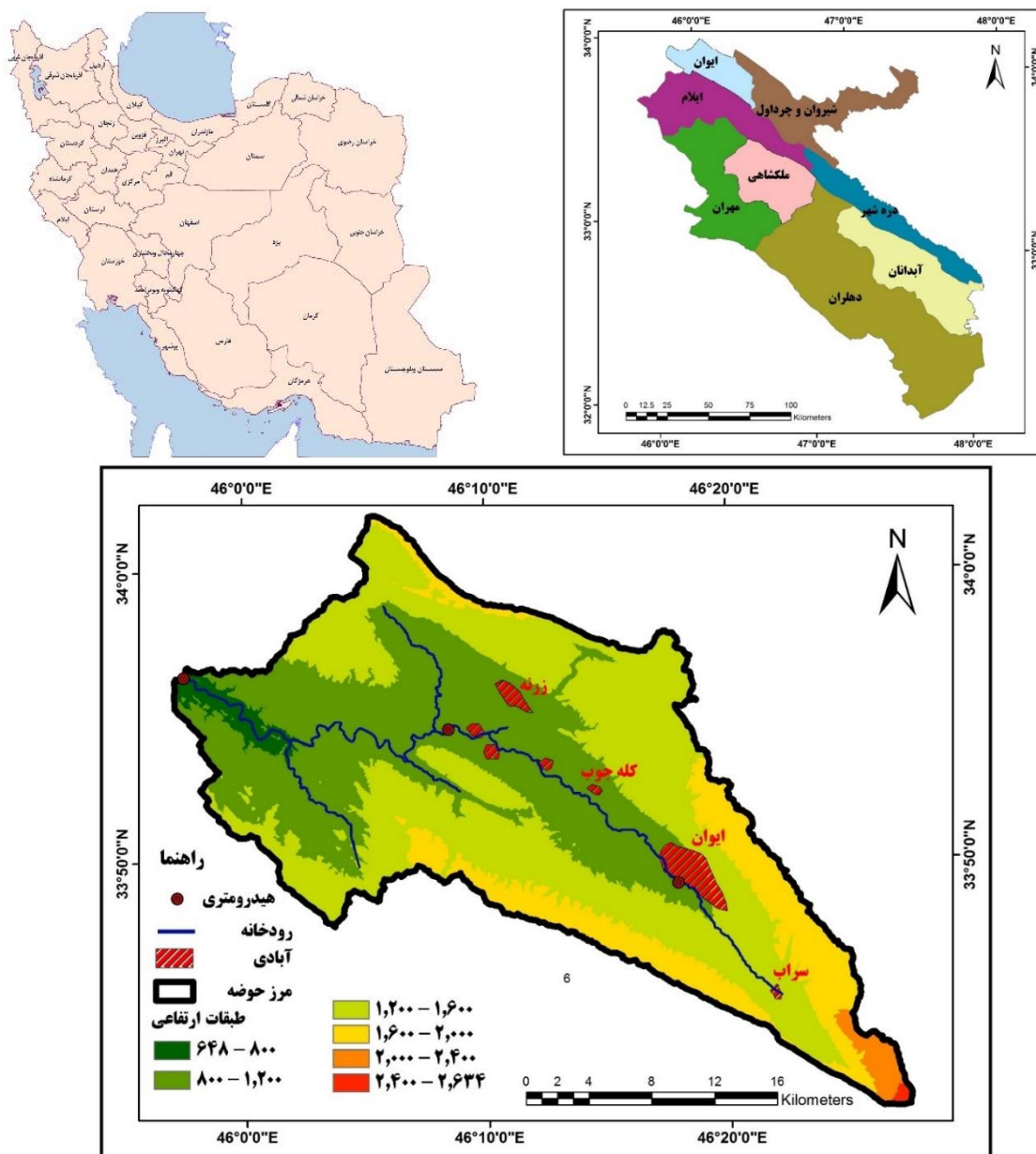
بشا و همکاران (Besha et al, 2024) اثرات تغییر کاربری/پوشش زمین بر پاسخ های هیدرولوژیکی حوضه آبخیز در دره ریفت مرکزی اتیوپی را با استفاده از ابزار SWAT مطالعه کرده اند. نتایج مدل سازی نشان داد که رواناب سطحی، بازده آب و تبخیر و تعرق کاهش یافتند. در مقابل، جریان پایه، ذخیره آب خاک و جریان جانبی حوضه به دلیل تغییرات LULC افزایش یافته است. ابول نور و همکاران (Aboelnor et al, 2025) تأثیر تغییر کاربری زمین را بر هیدرولوژی، مواد مغذی و بارهای رسوب در حوضه آبخیز دریاچه میشیگان با استفاده از ابزار SWAT به تصویر می کشد. نتایج نشان داد زیرحوضه هایی با شهرنشینی سنگین یا زیرساخت های زهکشی کشاورزی، افزایش قابل توجهی در بارهای رسوب

و مواد مغذی و همچنین کاهش تغذیه آب زیرزمینی داشته است. در پژوهشی Asghari Sersekanroud & Saeedi (۲۰۲۳) رواناب حوضه رودخانه قره چای تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی را با ابزار SWAT مورد بررسی قرار داده اند. مدل سازی بر اساس تغییرات کاربری سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ نشان داد که نوع کاربری تاثیر بسزایی در رواناب دارد. انصاری فرد و همکاران (Ansarifard et al, 2024) در پژوهش خود کمبود شدید آب در دریاچه پریشان و تأثیر تغییرات پوشش گیاهی، بارش، دما و تبخیر بر رواناب و سطح دریاچه را با استفاده از مدل SWAT بررسی کردند. نتایج نشان داد که تغییرات کاربری اراضی باعث افزایش تبخیر و نوسانات دما شده و رواناب را کاهش داده است. از دیگر مطالعات مرتبط که از مدل SWAT استفاده کرده اند می توان به شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه فیروزآباد با استفاده از مدل SWAT (Abroshan & Zomorodian, 2014)، واسنجی و ارزیابی عملکرد مدل های هیدرولوژی IHACRES و SWAT در شبیه سازی روان آب (Nazariipooya et al, 2015)، اولویت بندی حوزه آبخیز سردآبرود از نظر سیل خیزی با استفاده از مدل SWAT (Saraie et al, 2020)، ارزیابی عملکرد مدل SWAT در شبیه سازی جریان ورودی به مخزن سد جهت مقابله با تغییرات اقلیمی (مطالعه موردی: حوضه آبریز بالادست سد زاینده رود (saboktakin et al, 2022) و تعریف واحدهای واکنش هیدرولوژیک پیوسته مکانی برای مدل سازی هیدرولوژیک در حوزه آبخیز کوهستانی با SWAT مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان (Haji Mohammadi et al, 2022) اشاره کرد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر پتانسیل تولید رواناب سطحی در حوضه آبخیز کنگیر با استفاده از سیستم سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل SWAT است.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز کنگیر با مساحت ۱۲۲,۷۱ کیلومتر مربع در جنوب شرقی ایوان غرب و شمال استان ایلام قرار دارد. این حوضه در طول جغرافیایی $46^{\circ}17'11''$ تا $46^{\circ}27'35''$ شرقی و عرض جغرافیایی $33^{\circ}41'14''$ تا $33^{\circ}57'50''$ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). رودخانه کنگیر تنها رودخانه دائمی این حوضه می باشد که از سراب ایوان واقع در ۹ کیلومتری جنوب شرقی شهر ایوان سرچشمه می گیرد. این رودخانه از جنوب به شمال غربی جریان می یابد و شبکه های جریان موقت را از جهات شمال شرق و جنوب غرب دریافت می کند. مهم ترین ارتفاعات حوضه، کوه مانشت (۲۶۵۰) در جنوب شرق حوضه و رشته کوه های بانکول (۲۳۵۱) در شمال شرق و شره زول (۲۰۴۵) در جنوب غرب حوضه است. از نظر شیب، مرکز دشت هموار و داری شیب زیر پنج درصد است از مرکز به طرف شمال شرق (بانکول) و جنوب غرب (شیره زول) شیب افزایش می یابد. حوضه کنگیر بخشی از واحد زمین ساختی زاگرس چین خورده است و تحولات ساختمانی این واحد را متحمل شده است. در این واحد کوه ها منطبق بر طاق دیس ها و دشت ها منطبق بر ناودیس ها هستند و شیب توپوگرافی در جهت شیب ساختمان لایه هاست. براساس لایه نقشه زمین شناسی منطقه، تمامی ارتفاعات حوضه از آهک آسماری (as) تشکیل شده است. دیگر سازندهای تشکیل دهنده حوضه پادگانه ها و مخروطه افکنه های قدیمی (Qt1) پادگانه ها و مخروطه افکنه های جوان (Qt2) و رسوبات سیلابی (Qa1) است. مهم ترین گسل های منطقه مورد مطالعه گسل بانکول با جهت شمال غرب- جنوب شرق در رشته کوه بانکول در شمال و شرق ایوان غرب می باشد. اقلیم منطقه براساس روش دمارتن مدیترانه ای می باشد و شکل حوضه بصورت کشیده و باریک است و همچنین با وجود

بارندگی های قابل توجه در حوضه، احتمال وقوع سیلاب های فصلی بخصوص فصل بهار همزمان با ذوب شدن برف در ارتفاعات وجود دارد.

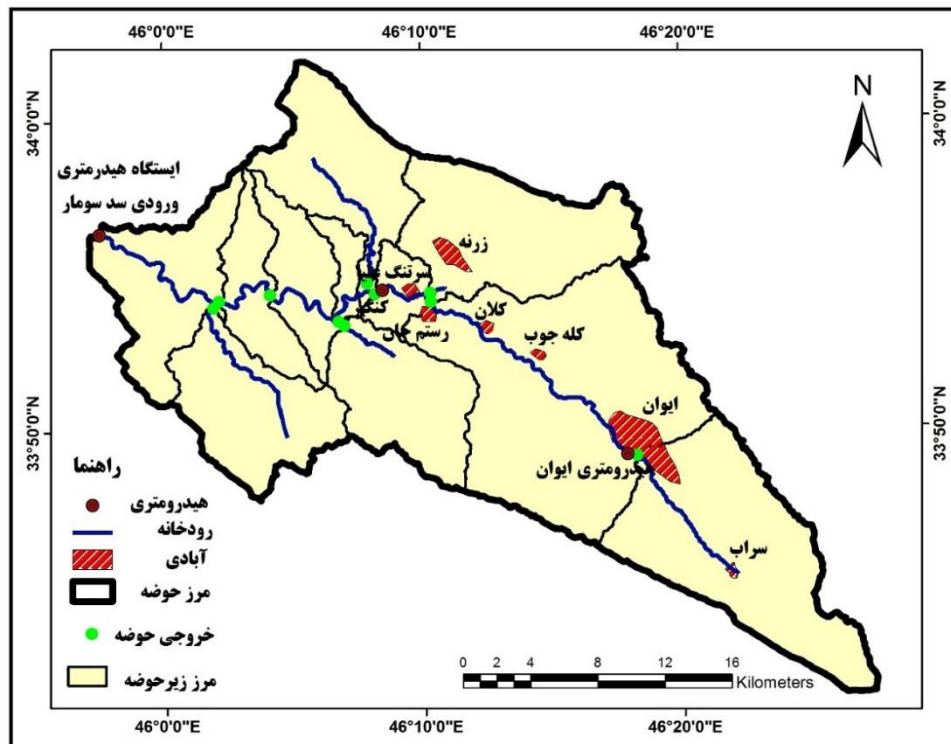


شکل ۱: نقشه های محدوده مورد مطالعاتی (استان، شهرستان ها و حوضه کنگیر)

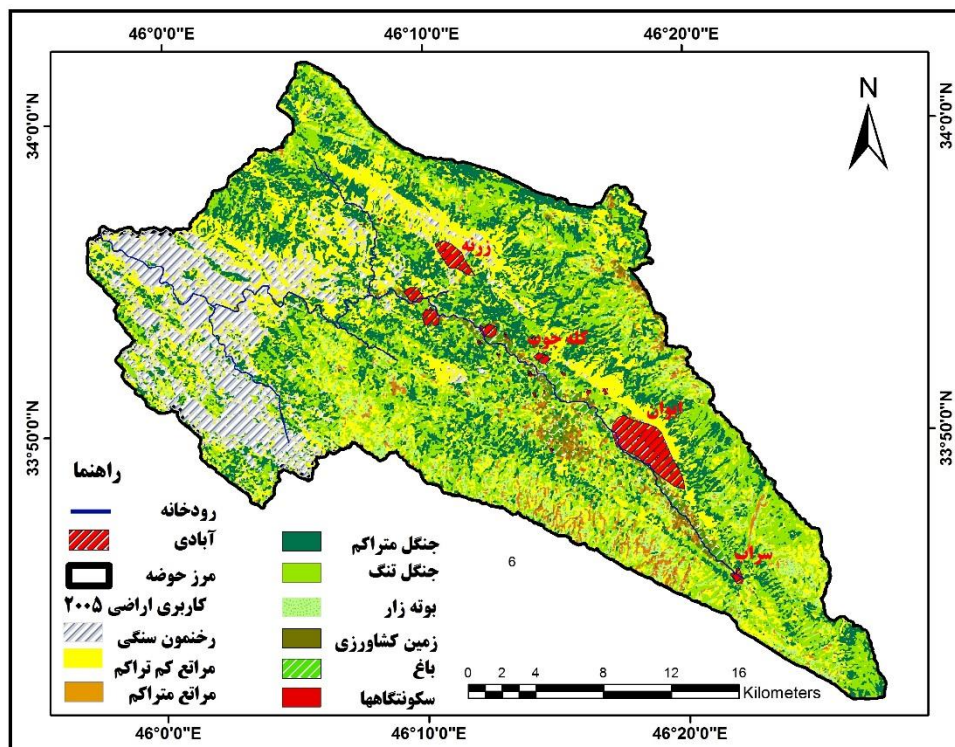
۳- مواد و روش

ابزار SWAT یک مدل فیزیکی که رواناب، فرسایش را در سطح حوضه و کانال ها در مقیاس های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه شبیه سازی و چرخه آب را در واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی محاسبه می کند (Bressiani et al., 2015). داده های ورودی مورد نیاز برای مدل SWAT عمدتاً به دو دسته شامل داده های مکانی شامل مدل رقومی ارتفاع (DEM)، کاربری زمین و نوع خاک و داده های ویژگی محیطی شامل داده های هیدرولوژیکی، داده های هواشناسی (داده های روزانه بارندگی، دمای حداقل و حداکثر روزانه تقسیم می شوند. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (با اندازه سلولی ۳۰ متر استر)، داده های شبکه رودخانه، تعیین خروجی حوضه، تقسیم زیر حوضه (شکل ۲) و نقشه شیب تهیه گردید. واحد گروه هیدرولوژیکی

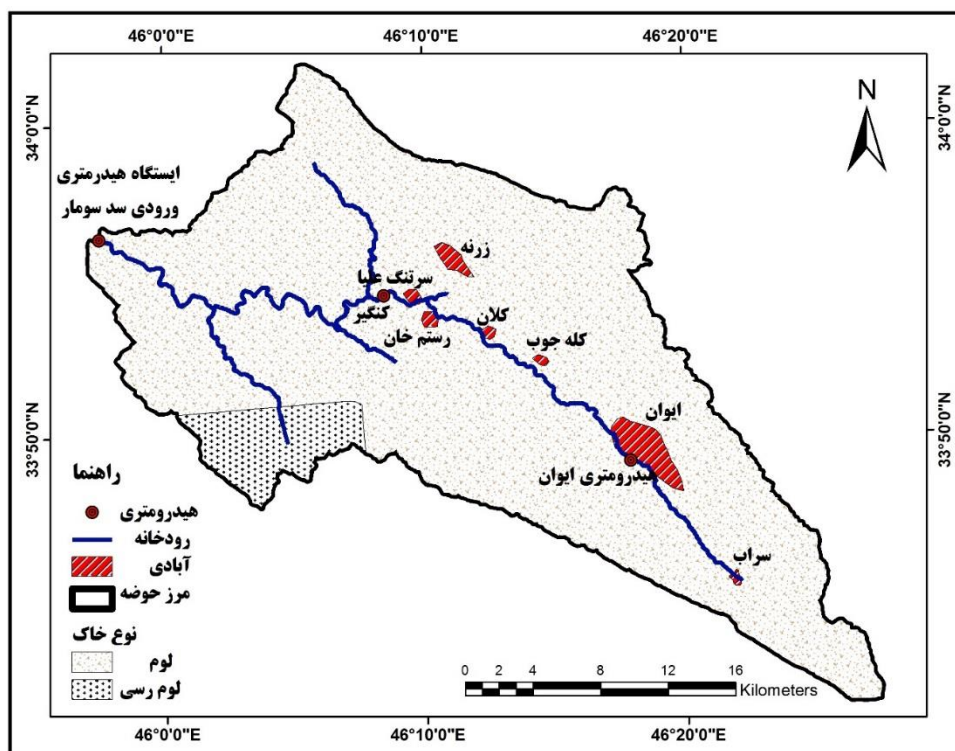
(HRU) با استفاده از تلفیق نقشه نوع کاربری زمین سال ۲۰۰۵ (شکل ۳)، نقشه توزیع نوع خاک (نقشه خاک مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری) (شکل ۴) و طبقات شیب توسط ابزار ArcSWAT ایجاد گردید. برای بهبود کارایی مدل و در عین حال حفظ بیشتر جزئیات حوضه، آستانه ۵ درصد را برای هر کاربری زمین، خاک، و شیب اختصاص داده شد.



شکل ۲: موقعیت زیرحوضه‌های استخراج شده در مدل به همراه نقاط خروجی زیرحوضه‌ها



شکل ۳: نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه



شکل ۴: نقشه توزیع نوع خاک (نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری)

هریک از کاربری های موجود در منطقه مورد مطالعاتی براساس کد شناسی نرم افزار SWAT مطابق جدول ۱ به مدل معرفی گردید (جدول ۱).

جدول ۱: کاربری های موجود در منطقه و کدهای اختصاصی در SWAT

ردیف	نوع کاربری	کداختصاصی	مساحت (هکتار)
۱	زمین کشاورزی	AGRL	۱۳۹۶۸/۴۲
۲	جنگل متراکم	FRSD	۱۵۲۱۵/۷۵
۳	مراعات کم تراکم	PAST	۱۰۱۳۷/۵۲
۴	مراعات متراکم	RNGE	۲۱۶۲/۸۳
۵	جنگل تنگ	FRST	۱۴۵۰۸/۶۵
۶	سکونتگاهها	URBN	۵۴۲۹/۸
۷	باغ	ORCD	۶۷۸/۸۸
۸	رخنمون سنگی	ROCK	۱۰۴۳/۹۲
۹	بوته زار	SHRB	۷۸۰۱/۱۲

پس از معرفی و ساخت لایه و جدول اطلاعات مربوط به نوع کاربری اراضی، واحدهای خاکشناسی منطقه مورد مطالعاتی (نقشه تهیه شده از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) اضافه گردید. خصوصیات خاکشناسی منطقه مورد مطالعه از اساسی ترین پارامترهای تاثیرگذار در خروجی مدل می باشد که شامل اطلاعاتی از قبیل نوع بافت خاک، درصد رس، سیلت، شن و ماسه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مانند، ظرفیت آب قابل دسترس، هدایت هیدرولیکی، وزن مخصوص ظاهری، محتوای کربن آلی برای هرلایه خاک می باشد (جدول ۲).

جدول ۲: پارامترهای مربوط به بافت خاک در مدل SWAT

ردیف	نوع بافت خاک	توضیحات
۱	NLAYERS	تعداد لایه خاک
۲	HYDGRP	گروه هیدرولوژی بافت خاک
۳	SOL-ZMX	ماکزیمم عمق ریشه دوانی در خاک
۴	ANION-EXCEL	درصد تخلخل خاک فاقد آنیون
۵	SOL-CRK	حداکثر گنجایش شکاف پروفیل خاک
۶	TEXTURE	بافت خاک
۷	SOL-Z	عمق هر لایه خاک
۸	SOL-BD	چگالی حجمی مرطوب
۹	SOL-AWC	مقدار آب در دسترس
۱۰	SOL-K	هدایت هیدرولیکی اشباع
۱۱	SOL-CN	مقدار کربن الی
۱۲	CLAY	مقدار رس
۱۳	SILT	مقدار سیلت
۱۴	SAND	مقدار ماسه
۱۵	ROCK	مقدار سنگریزه
۱۶	SOL-ALB	البیدو خاک
۱۷	USLE-K	فاکتور K در معادله USLE
۱۸	SOL-EC	هدایت الکتریکی

۱-۳- داده‌های هواشناسی

پس از ساخت واحدهای عکس العمل هیدرولوژیکی، داده‌های هواشناسی به مدل اضافه گردید. متغیرهای هواشناسی مورد نیاز مدل SWAT شامل داده‌های روزانه بارندگی، دمای حداقل و حداکثر روزانه است. داده‌های هواشناسی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ (دوره آماری ۳۰ ساله) از ۲ ایستگاه سینوپتیک ایوان و اسلام آباد (سازمان هواشناسی) و یک ایستگاه باران سنج سد سرتنگ علیا (سازمان آب منطقه ای استان ایلام) تهیه گردید (جدول ۳). پس از معرفی و وارد کردن اطلاعات مذکور به مدل، مدل سازی انجام گرفته و داده‌های خروجی مدل به تفکیک موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و زیرحوضه‌های مربوط به هر یک از ایستگاه‌ها در واحدهای عکس العمل هیدرولوژیکی استخراج گردید.

جدول ۳: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی حوضه

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه
۱	سد سرتنگ علیا	باران سنج
۲	ایوان	سینوپتیک
۳	اسلام آباد	سینوپتیک

۲-۳- شبیه سازی هیدرولوژیکی

داده های هیدرولوژیکی که بخشی دیگری از اطلاعات مورد نیاز در جهت کالیبراسیون و صحت سنجی مدل SWAT است از داده های ایستگاه های ایوان (کنگیر) و سرتنگ علیا (کنگیر) با دوره آماری ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۸ تهیه گردید. شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه کنگیر بر اساس داده های تهیه شده به منظور شبیه سازی فرآیندهای فیزیکی مربوط به کمیت و سرعت جریان انجام گرفت. ابزار SWAT چرخه هیدرولوژیکی را بر اساس معادله تعادل آب شبیه سازی می کند (رابطه ۱):

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{sweep} - W_{gw}) \quad \text{رابطه ۱}$$

SW_t میزان نهایی آب در خاک (میلی متر آب) در روز t ، SW_0 مقدار اولیه آب در خاک (میلی متر آب)، t بر حسب روز و R_{day} میزان بارندگی در روز (میلی متر آب)، Q_{surf} مقدار رواناب در روز i (میلی متر آب)، E_a مقدار تبخیر و تعرق در روز i (میلی متر)، W_{sweep} مقدار آبی که در روز i از منطقه ریشه خارج می شود (میلی متر آب)، Q_{gw} مقدار جریان برگشتی در روز i (میلی متر آب)

به منظور تخمین رواناب سطحی، از واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRUs) استفاده شده است که در آن از روش عدد منحنی خدمات حفاظت خاک (SCS) برای تخمین رواناب سطحی حاصل از بارندگی روزانه استفاده شد. در این مطالعه حجم رواناب سطحی و میزان پیک رواناب برای هر واحد پاسخ هیدرولوژیکی با استفاده از مدل SWAT شبیه سازی شده است.

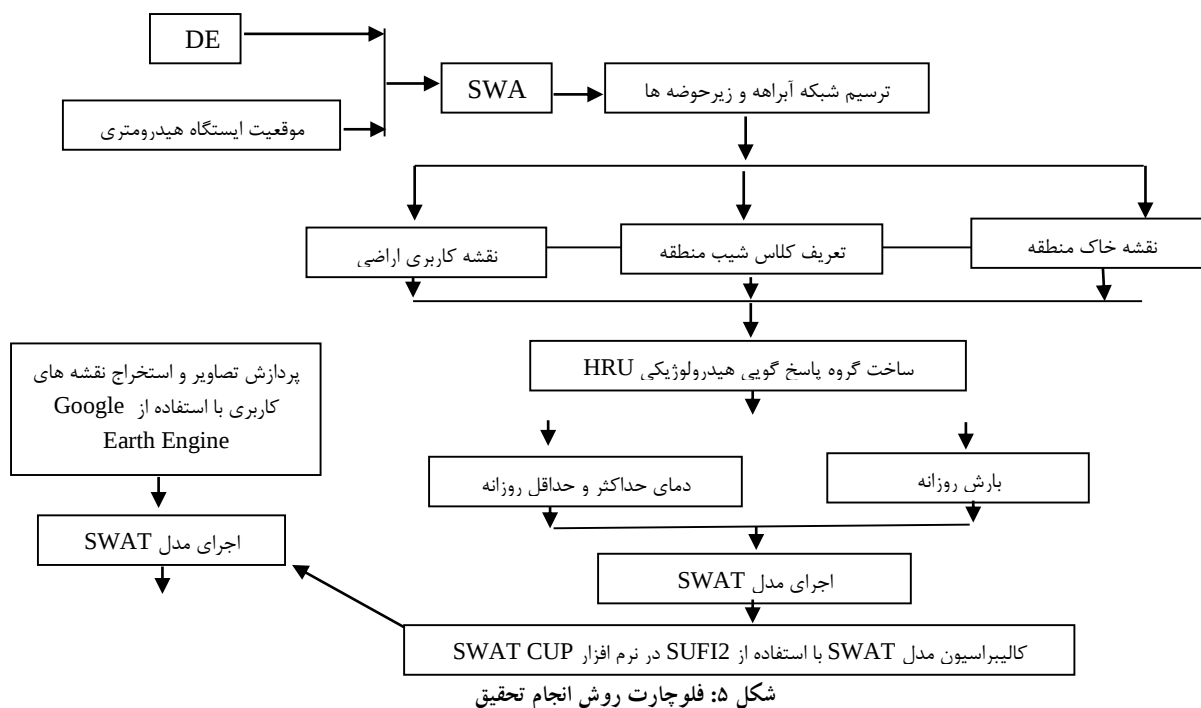
۳-۳- کالیبراسیون مدل

در جهت کالیبراسیون نتایج مدل SWAT از الگوریتم برنامه برازش عدم قطعیت متوالی نسخه ۲ (SUFI-2) در نرم افزار SWAT CUP برای کمک به توسعه مدل و استخراج پارامترهای موثر بر جریان استفاده گردید. در الگوریتم SUFI-2 منابع عدم قطعیت ها با استفاده از عدم قطعیت پیش بینی ۹۵ درصدی ارزیابی و کمی گردید (PPU 95). در این روش ابتدا برای پارامترهای مدل حدود بزرگی را در نظر می گیرد تا تمام مقادیر مشاهده شده درون باند عدم قطعیت ۹۵ درصد قرار گیرند، سپس محدوده مربوط به پارامترها را به نحوی تغییر می دهد که اولاً بیشترین مقادیر مشاهده شده بین باندهای عدم قطعیت قرار گیرند و ثانیاً متوسط فاصله بین باندهای بالا و پایین مقدار کوچکی باشد (Abbaspour, 2009). پارامترهای گنجانده شده در مدل شامل مولفه ها و متغیرهای هیدرولوژیکی موثر بر جریان حوضه آبخیز است (جدول ۴) (Ren et al, 2022).

۳-۴- استخراج نقشه کاربری اراضی

در این مطالعه، نقشه های کاربری اراضی سال های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و کدهای اسکریپتی تهیه شدند. بدین منظور، هم از کتابخانه اسکریپتی این سامانه و هم از سایر کتابخانه ها بهره گرفته شد. روش طبقه بندی نظارت شده (Supervised Classification) برای استخراج اطلاعات کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه، برای اجرای طبقه بندی نظارت شده، تعداد ۱۰۰ نمونه تعلیمی (Training Samples) برای هر کلاس کاربری اراضی تهیه شد. همچنین، به منظور ارزیابی دقت نقشه ها، تعداد ۵۰ نمونه آزمون (Test Samples) برای هر کلاس انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. این نمونه ها به صورت تصادفی و با توزیع مناسب در سراسر منطقه مطالعه تخصیص داده شدند. پس از توسعه کد مربوط به طبقه بندی تصاویر با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان، اقدام به طبقه بندی تصاویر سال های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ شد. نه کلاس کاربری شامل جنگل متراکم، جنگل

تنگ، مراتع کم تراکم، مراتع متراکم، بوته زار، رخنمون سنگی، زمین های کشاورزی، باغ، سکونتگاهها مشخص گردید. لازم به ذکر است برای تفکیک بوته زار از مراتع در طبقه بندی نظارت شده، از ترکیبی از ویژگی های طیفی، مکانی و ترکیب باندی مناسب در تصاویر ماهواره ای استفاده شد. بوته زارها معمولاً پوشش گیاهی پراکنده تر و با تراکم کمتر نسبت به مراتع دارند، در حالی که مراتع پوششی یکنواخت تر و تراکم گیاهی بیشتری نشان می دهند. دقت نقشه های تولید شده با استفاده از ضریب کاپا (Kappa Coefficient) ارزیابی شد که ضریب کاپا برابر با 0.87 به دست آمد. پس از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای، نتایج کار در گوگل ارث در جهت خروجی برای نرم افزار آرک جی آی اس آماده گردید و براساس فرمت ورودی مدل SWAT تنظیم گردید. روش انجام فرآیند پژوهش با استفاده از ابزار SWAT در شکل ۶ نشان داده شده است (شکل ۵).



۴- یافته ها

در این پژوهش تاثیر تغییرات کاربری زمین بر چرخه هیدرولوژیک حوضه کنگیر مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور مدل سازی چرخه هیدرولوژی متاثر از کاربری های مختلف در ابزار SWAT، ضرورت دارد واسنجی و صحت سنجی مولفه ها و متغیرهای هیدرولوژیکی موثر بر جریان انجام پذیرد.

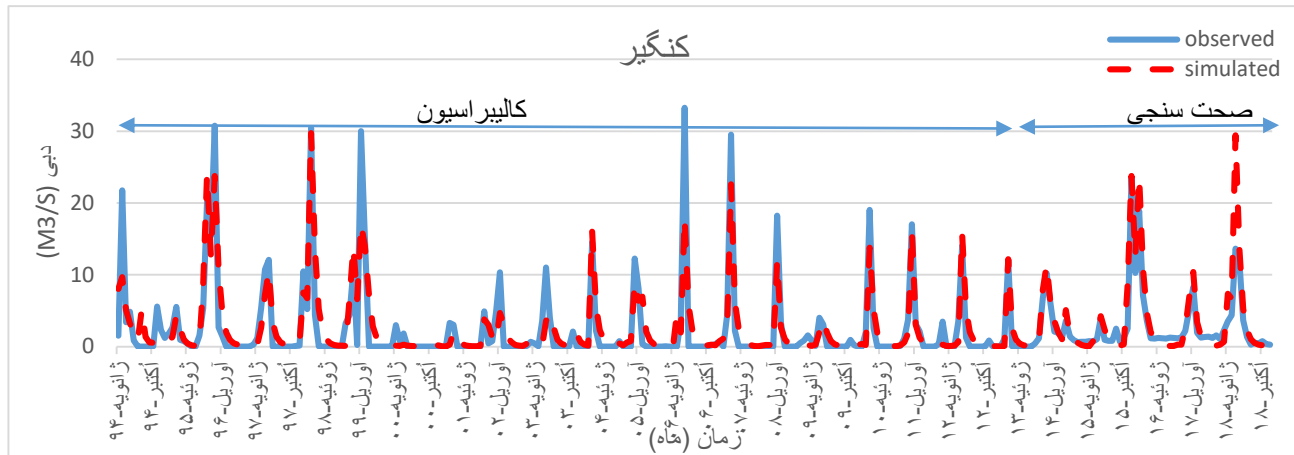
۴-۱- کالیبراسیون و صحت سنجی نتایج مدل SWAT

واسنجی مدل با مقادیر مشاهده شده دبی جریان ایستگاه هیدرومتری کنگیر و ایوان بین سال های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۳ با استفاده از نرم افزار SWAT-CUP و بهره گیری از الگوریتم SUFI2 صورت گرفته است همچنین بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ به عنوان بازه زمانی صحت سنجی مدل در نظر گرفته شده است. داده های دبی مشاهده ای ایستگاه های هیدرومتری ایوان و کنگیر بین سال های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۳ با اجرای برنامه SUFI2 برای پارامترهای موثر بر جریان حساسیت سنجی شد. در هر مرحله، پارامترهای غیر موثر بر رواناب شناخته شده و از لیست پارامترهای موثر حذف گردید. در این مطالعه، تعداد ۲۴ پارامتر جهت شبیه سازی رواناب حوضه کنگیر انتخاب گردید (جدول ۴).

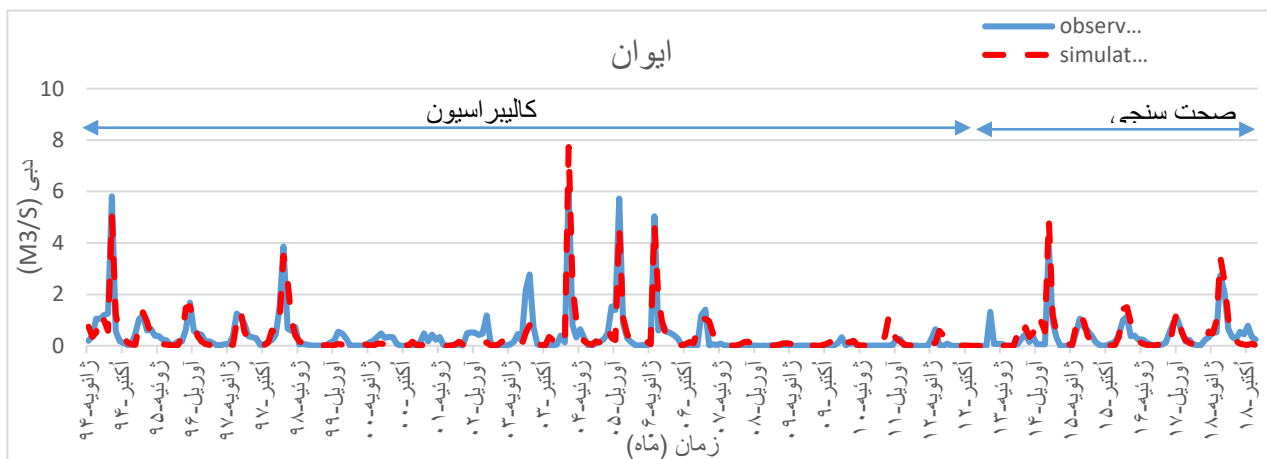
جدول ۴: پارامترهای موثر بر جریان حوضه کنگیر در نرم افزار swat cup

ردیف	پارامتر	معرفی پارامتر	حداقل	حداکثر
۱	Alpha_Bf	ضریب α آب زیرزمینی	۰	۱
۲	Plaps	نرخ افت بارندگی	-۱۰	۱۰
۳	Ch_K2	هدایت هیدرولیکی موثر بستر رودخانه اصلی (mm/hr)	۰	۱۵۰
۴	Ch_N2	ضریب مانینگ برای رودخانه اصلی	۰	۱
۵	Cn2	شماره منحنی	-۰/۶	۰/۶
۶	Esco	ضریب تبخیر خاک	۰	۱
۷	Epc0	فاکتور جبران نگهداشت گیاهی	۰	۱
۸	Gw_REVAP	ضریب تعیین نفوذ به آب زیرزمینی عمیق یا صعود موئینگی از سفره آب کم عمق	۰	۱/۵
۹	Gwqmn	حداقل عمق مورد نیاز سطح ایستایی در سفره های کم عمق برای وقوع جریان	۰	۵۰۰۰
۱۰	GwSlop	ضریب تولید ویژه سفره کم عمق	۰	۱
۱۱	Ov_N	ضریب مانینگ برای جریان سطحی	۰/۰۱	۳۰
۱۲	Rchrg_Dp	درصد تغذیه سفره عمیق از سفره کم عمق یا غیر محصور	۰	۱
۱۳	Revapmn	حداقل مقدار ذخیره آب در سفره که برای شروع تبخیر آب زیرزمینی از طریق (mm H2O) موئینگی لازم است	۰	۵۰۰
۱۴	Sftmp	(C °) متوسط دمای هوا برای تبدیل باران به برف	-۵	۵
۱۵	Slsubsn	HRU (M) متوسط طول شیب در هر	۱۰	۱۵۰
۱۶	Smfmn	(mmH2O/°C-day) نرخ ذوب برف در ۲۱ دسامبر	۰	۱۰
۱۷	Smfmx	(mmH2O/°C-day) نرخ ذوب برف در ۲۱ ژوئن	-۱۰	۱۰
۱۸	Smtmp	(C °) دمای ذوب توده برف	۰	۲/۵
۱۹	Sol_Awc	ظرفیت آب قابل دسترس خاک	-۰/۸	۰/۸
۲۰	Sol_Bd	چگالی خاک در حالت مرطوب	-۰/۸	۰/۸
۲۱	Sol_K	هدایت هیدرولیکی اشباع لایه های خاک (mm/hr)	-۰/۸	۰/۸
۲۲	LAT-TTIME	زمان تأخیر رسیدن جریانهای زیر سطحی به رودخانه در هر HRU	۰	۱۸۰
۲۳	Deepst	عمق اولیه آب در آبخوان عمیق	۰	۱
۲۴	Gwhd	ارتفاع اولیه آب زیرزمینی	۰	۱

نتایج شبیه سازی کالیبراسیون بازه زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۳ و صحت سنجی بازه ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ جریان ایستگاه های هیدرومتری ایوان و کنگیر در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده است. باتوجه به این که رواناب مشاهداتی در محدوده باند عدم قطعیت قرار گرفته است، بنابراین کالیبراسیون و صحت سنجی در این دوره با کاربری اراضی ۲۰۰۰ به کار برده شده قابل قبول است (جدول ۵).



شکل ۶: هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی ایستگاه کنگیر



شکل ۷: هیدروگراف شبیه سازی و مشاهداتی ایستگاه ایوان

جدول ۵: نتایج کالیبراسیون و صحت سنجی حوضه کنگیر در swat cup

صحت سنجی				کالیبراسیون				اسم ایستگاه
P-Factor	R-Factor	NSE	R ²	P-Factor	R-Factor	NSE	R ²	
۰/۰۱	۰	۰/۷۲	۰/۸۷	۰/۱	۰/۰۳	۰/۷۷	۰/۷۹	ایوان
۰/۰۸	۰	۰/۶۷	۰/۸۸	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۷۸	۰/۷۹	کنگیر

مقدار بیشتر از ۰/۵ ضریب ناش - ساتکلیف (NS) نشان دهنده شبیه سازی خوب انجام شده توسط مدل می باشد. تفاوت اساسی بین ضریب نش و R² در این است که ضریب ناش قادر است که با تکرار داده های مشاهداتی عملکرد مدل را تفسیر نماید. در صورتی که ضریب R² این توانایی را ندارد.

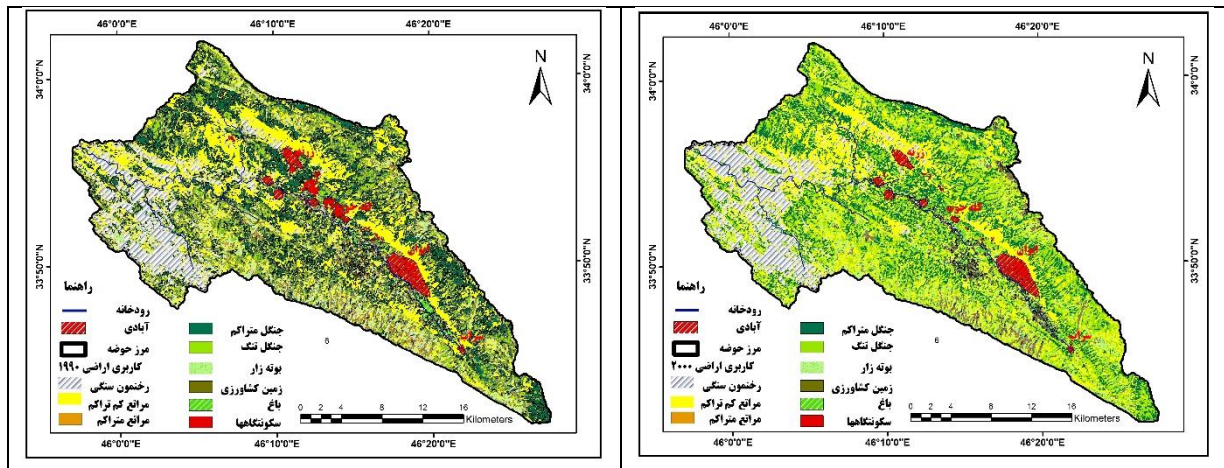
نتایج کالیبراسیون و اعتبارسنجی برای ایستگاه های ایوان و کنگیر نشان دهنده عملکرد قوی مدل در چارچوب-SWAT CUP است. برای هر دو ایستگاه، مقادیر R² (۰/۷۹) و مقادیر NSE برای ایوان (۰/۷۷) و کنگیر (۰/۷۸) تناسب

خوبی بین داده های مشاهده شده و شبیه سازی شده را نشان می دهد. با این حال، مقادیر پایین R-Factor و P-Factor به ویژه در اعتبارسنجی، نشان دهنده عملکرد ضعیف بالقوه در گرفتن تنوع در طول دوره های اعتبارسنجی است. به طور کلی، این معیارها منعکس کننده یک کالیبراسیون قابل اعتماد هستند اما مناطقی را که نیاز به بهبود برای افزایش دقت پیش بینی در مدل سازی هیدرولوژیکی دارند را برجسته می کنند.

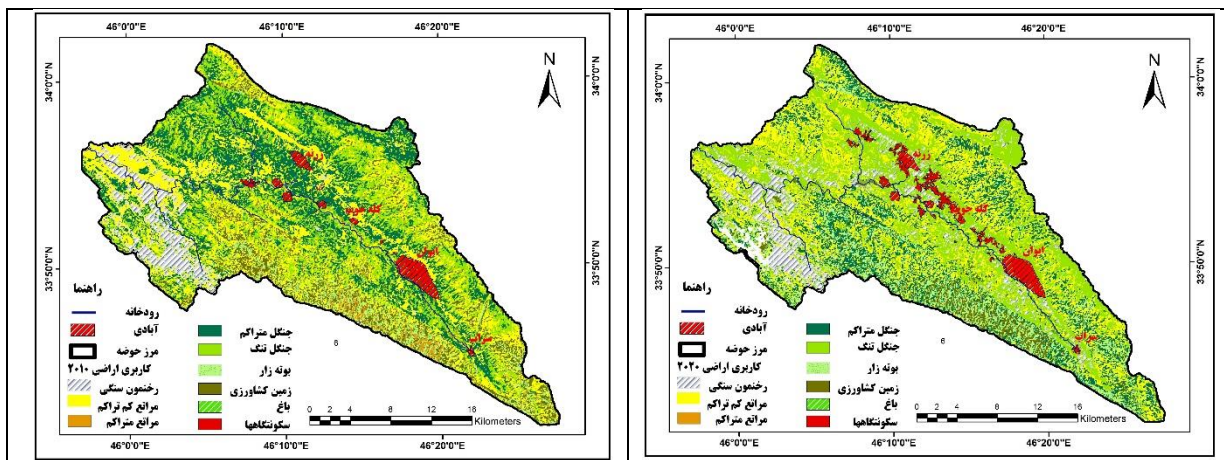
۲-۴- ارزیابی تاثیر تغییر کاربری بر رواناب

در ابتدا بر اساس تصاویر ماهواره ایی محدوده مورد مطالعاتی و در نظر گرفتن نقاط شاهد و مبناء در سامانه گوگل ارث انجین نقشه کاربری اراضی بازه های زمانی مورد مطالعه استخراج گردید (شکل ۸ و ۹). مقایسه کاربری های مختلف در حوضه کنگیر در سال های مختلف نشان می دهد مساحت کاربری های مختلف حوضه نسبت به سال ۱۹۹۰ تغییرات زیادی را نشان داده و مقایسه آن در بازه های زمانی ۱۰ سال نسبت به هم تغییرات زیادی در کاربری های انسانی و طبیعی رخ داده است (جدول ۶). مقایسه کاربری ها نشان می دهد در بازه زمانی ۳۰ ساله کاربری های جنگل متراکم، جنگل تنگ، مراتع متراکم، رخنمون های سنگی، بوته زار روند کاهشی و کاربری های مراتع کم تراکم، سکونتگاهها و زمین کشاورزی روند افزایشی داشته است. شرایط و تغییرات ایجاد شده در کاربری های منطقه، رواناب و دبی پیک سیلاب های حوضه را به دنبال خواهد داشت.

از این رو مدل سازی صورت گرفته بر اساس بررسی رفتار جریان و تاثیر پوشش گیاهی بر رواناب با استفاده از مدل SWAT که براساس نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۵ اجرا گردید و پارامترهای موثر بر جریان در نرم افزار SWAT CUP به کمک الگوریتم SUFI2 بهینه شد، امکان توسعه آن در جهت ارزیابی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب با استفاده از کاربری های انتخابی (گزینه Landuse Update) وجود دارد. بدین منظور با استفاده از مدل SWAT و مقادیر مشخص شده پارامترها در نرم افزار SWAT، در جهت بررسی رفتار جریان تحت کاربری های ۲۰۲۰، ۲۰۱۰، ۲۰۰۰، ۱۹۹۰ به صورت مجزا به کمک Landuse Update اجرا گردید. رواناب مشاهداتی در اکثر سال ها نشان می دهد که اختلاف بین شبیه سازی و مشاهداتی وجود دارد که دلایل ایجاد این عدم قطعیت در رواناب شبیه سازی شده، بخصوص افزایش شدت رواناب تحت تاثیر کاربری های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به دلیل از بین رفتن تراکم پوشش گیاهی، کاهش مساحت پهنه های جنگلی، افزایش سطح زمین شهری و کشاورزی بوده است (شکل ۱۰ و ۱۱). این در حالی است که مقادیر رواناب حوضه تحت تاثیر پوشش گیاهی و کاربری اراضی سال ۱۹۹۰ از شرایط مناسبی برخوردار بوده، حتی میزان دبی پیک جریان برآورد شده از مقدار واقعی مشاهداتی کمتر است که بیانگر تاثیر پوشش گیاهی بر کاهش شدت سیلاب، افزایش نفوذ و ذخیره توسط پوشش گیاهی در منطقه را دارد (شکل ۱۲).



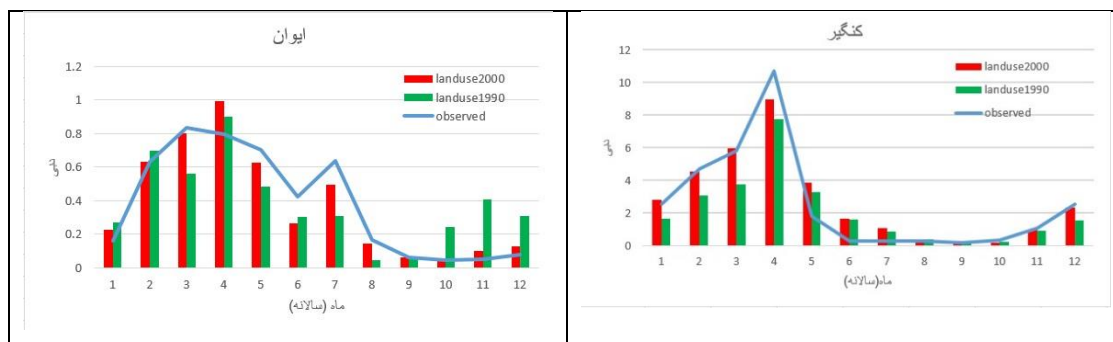
شکل ۸: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰



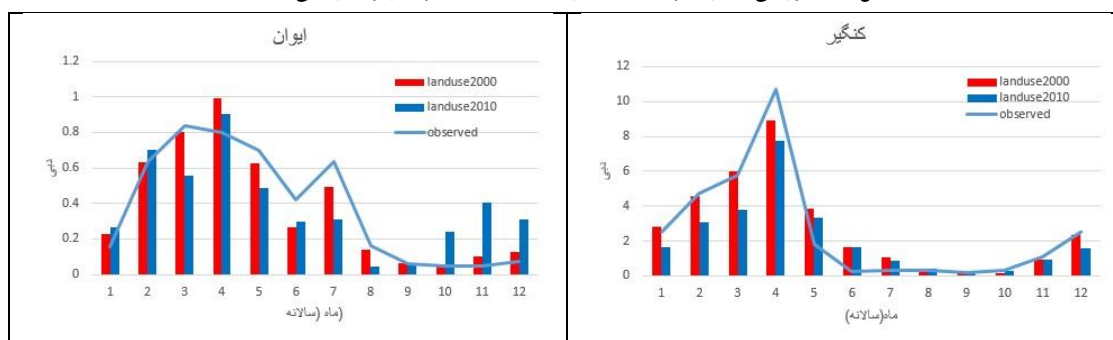
شکل ۹: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰

جدول ۶: تغییرات سطح پوشش گیاهی و کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

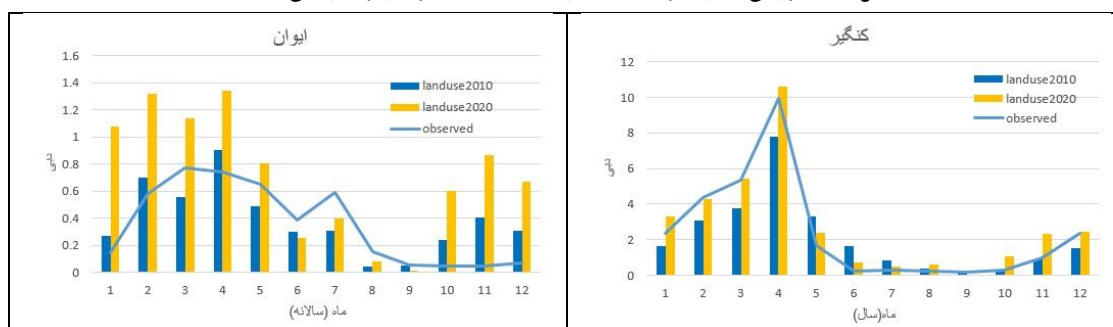
نام کاربری	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰	تغییرات
جنگل متراکم	۱۷۵/۳۵	۱۵۲/۱۰	۱۵۵/۶۹	۱۲۷/۲۹	کاهشی
جنگل تنگ	۱۶۴/۲۹	۱۴۵/۱۰	۱۲۲/۶	۷۲/۶۱	کاهشی
مراتع کم تراکم	۱۴۱/۷۶	۱۰۱/۱۷	۱۰۷	۱۸۷/۵۵	افزایشی
مراتع متراکم	۴۰/۷۹	۲۱/۷	۱/۵۹	۰/۲	کاهشی
رخنمون سنگی	۱۸/۰۲	۱۰/۴۹	۹/۷	۵/۳۳	کاهشی
باغ	۹/۹۵	۶/۷۸	۲۹/۲	۱/۱۳	متغیر
زمین کشاورزی	۷۱/۴۴	۱۳۹/۵۶	۱۷۶/۵۹	۲۱۰/۳۶	افزایشی
بوته زار	۸۱/۰۱	۷۸	۴۱/۷۹	۲۴/۱۵	کاهشی
سکونتگاهها	۶/۸۴	۵۴/۳۸	۶۵/۲۵	۷۴/۳	افزایشی



شکل ۱۰: بررسی هیدروگراف شبیه سازی شده تحت تاثیر کاربری اراضی ۱۹۹۰



شکل ۱۱: بررسی هیدروگراف شبیه سازی شده تحت تاثیر کاربری اراضی ۲۰۱۰



شکل ۱۲: بررسی هیدروگراف شبیه سازی شده تحت تاثیر کاربری اراضی ۲۰۲۰

۵- بحث و نتیجه گیری

تحلیل تغییرات کاربری اراضی در حوضه کنگیر نشان می دهد که ارتباط معنی داری بین تغییرات کاربری اراضی و تغییرات در الگوی رواناب وجود دارد. در طول ۳۰ سال گذشته، سطح حوضه تغییرات قابل توجهی را در کاربری زمین تجربه کرده است که با کاهش جنگل متراکم، جنگل تنگ، مراتع متراکم، و بوته زار مشخص می شود، در حالی که مناطق شهری، زمین های کشاورزی و مراتع کم تراکم گسترش یافته اند. این تغییر به ویژه هنگام مقایسه داده های سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ قابل توجه است و روندی را برجسته می کند که در آن پوشش گیاهی طبیعی با کاربری های انسان ساخت جایگزین می شود. پیامدهای این تغییرات کاربری زمین بر دینامیک هیدرولوژیکی عمیق است. ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) مورد استفاده در این مطالعه نشان می دهد که کاهش تراکم پوشش گیاهی با افزایش شدت رواناب، به ویژه در سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ مشهود است. از بین رفتن پوشش جنگلی توانایی حوضه را برای جذب بارندگی کاهش می دهد و منجر به کاهش نفوذ و افزایش میزان دبی در هنگام وقوع سیل می شود (Fontes Júnior & Montenegro, 2019). در مقابل، شرایط مشاهده شده در سال ۱۹۹۰ نرخ اوج جریان کمتری را نشان داد که به پوشش گیاهی قابل توجهی نسبت

داده می شود که نفوذ بیشتر و حفظ آب را تسهیل می کرد. علاوه بر این، نتایج مدل سازی نشان می دهد که شهرنشینی به افزایش سطوح غیرقابل نفوذ کمک می کند، که با کاهش نرخ نفوذ خاک، رواناب را تشدید می کند. با گسترش مناطق شهری، واکنش هیدرولوژیکی حوضه به سمت حجم رواناب بیشتر و جریان های اوج به دلیل حرکت سریع آب در سطوح سخت شده تغییر می کند. یافته ها بر نقش حیاتی پوشش گیاهی در کاهش خطرات سیل و افزایش قابلیت های ذخیره سازی آب در حوضه تاکید می کنند (Wang et al. 2014). به طور خلاصه، رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و دینامیک رواناب در حوضه کنگیر یک روند واضح را نشان می دهد؛ با تبدیل مناظر طبیعی به فضاهای شهری و کشاورزی، واکنش هیدرولوژیکی به طور فزاینده ای با افزایش رواناب و شدت سیل مشخص می شود. بنابراین شناسایی زیرحوضه هایی که در آن تغییرات کاربری مهم تر است، به ویژه جایی که شهرنشینی و کاربری های کشاورزی بارزتر است، می تواند رویکردی هدفمند را برای مدیریت مؤثر سیلاب در مقیاس حوضه آبخیز تسهیل کند (Aboelnor et al, 2025). این تحلیل ضرورت شیوه های مدیریت پایدار زمین برای حفظ پوشش رویشی و کاهش اثرات نامطلوب هیدرولوژیکی را برجسته می کند.

مطالعه همه عوامل تاثیر گذار بر میزان رواناب کاری مشکل و بسیار پیچیده است و نیازمند بکار گیری از تکنیک های جدید و مدل های تاثیر گذار بر عوامل مختلف بر حوضه می باشد. در این پژوهش تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و تاثیر آن روی رواناب و پاسخ گویی هیدرولوژیکی حوضه کنگیر مورد بررسی قرار گرفت. یافته های این پژوهش نشان داد که که بیشترین میزان تغییر کاربری اراضی مربوط به سناریو کاهشی در کاربری های جنگل متراکم، جنگل تنگ، باغات و بوته زار و سناریو افزایشی در مساحت کاربری های زمین کشاورزی، مراتع کم تراکم و سکونتگاهها رخ داده است. بر اساس این پژوهش کاربری های جنگلی و مرتع اثر مثبتی بر کاهش ضریب رواناب داشته است زیرا پوشش جنگلی به دلیل ظرفیت بالای آب خاک خود تمایل بیشتری به حفظ آب دارد و می تواند در کاهش رواناب تاثیر گذار باشد. در مبحث شبیه سازی صورت گرفته در ایستگاه ایوان، رواناب های حداکثری شبیه سازی شده توسط مدل SWAT بزرگتر از مقادیر مشاهده ای بود که علت آن را می توان تغییر کاربری اراضی صورت گرفته دانست. در واقع تفاوت دبی مشاهده ای و دبی های شبیه سازی در ایستگاه ایوان خیلی بیشتر از ایستگاه کنگیر بوده است. با ادامه این تغییر کاربری ها دبی های ماکزیمم افزایش قابل توجهی خواهند داشت که باعث ایجاد سیلاب های مخرب می گردد که اقتصاد و معیشت ساکنین حوضه رابه چالش می کشد.

۵- منابع

1. Abbas, T., Nabi, G., Boota, M. W., Hussain, F., Faisal, M. & Ahsan, H. (2015). Impacts of landuse changes on runoff generation in Simly watershed. *Sci Int*, 27(4), 4083-4089.
2. Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., Yang, H. & Klove, B. (2015). A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model. *Journal of Hydrology*, 524, 733e752,
3. Aboelnour, M. A., Tank, J. L., Hamlet, A. F., Bertassello, L. E., Ren, D. & Bolster, D. (2025). A SWAT model depicts the impact of land use change on hydrology, nutrient, and sediment loads in a Lake Michigan watershed. *Modeling Earth Systems and Environment*, 11(1), 22

4. Abroshan, M., & Zomorodian, M. (2014). Hydrological Simulation of Firoozabad Basin By SWAT. *Irrigation and Water Engineering*, 4(2), 38-48. (In persion)
5. Aghsaei, H., Dinan, N. M., Moridi, A., Asadolahi, Z., Delavar, M., Fohrer, N. & Wagner, P. N. (2020). Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. *The Science of the Total Environment*, 712, 136449, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136449>
6. Ansarifard, M., Ghorbanifard, F. & Abdolazimi, H. (2024). Hydrological Simulation and Drought Analysis in an Ungauged Watershed (Parishan Lake, Iran) using SWAT Model, *Journal of Water and Climate Change*, <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.268>
7. Arnold, J. G. & Fohrer, N. (2005). SWAT2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modelling. *Hydrological Processes: An International Journal*, 19(3), 563-572.
8. Asghari Sersekanroud, S. & Saeedi Seta, A. (2023). Investigating the Effects of Land Use Changes on the Runoff of Qara Chai River Basin Using the SWAT Model. *Geography and Environmental Planning*, 34(3), 95-118. doi: 10.22108/gep.2023.134432.1535. (In persion)
9. Asres, M. T. & Awulachew, S. B. (2010). SWAT based runoff and sediment yield modelling: a case study of the Gumera watershed in the Blue Nile basin. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 10(2-4), 191-199.
10. Bal, M., Dandpat, A. K. & Naik, B. (2021). Hydrological modeling with respect to impact of land-use and land-cover change on the runoff dynamics in Budhabalanga river basing using ArcGIS and SWAT model. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100527.
11. Besha, K. Z., Demissie, T. A. & Feyessa, F. F. (2024). Effects of land use/land cover change on hydrological responses of a watershed in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Hydrology Research*, 55(2), 83-111
12. Bressiani DA, Srinivasan R, Jones CA, & Mediondo, E. M. (2015). Effects of spatial and temporal weather data resolutions on streamflow modeling of a semi-arid basin, Northeast Brazil. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering*, 8(3), 125-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.3965/j.ijabe.20150803.970>
13. Chilagane, N. A., Kashaigili, J. J., Mutayoba, E., Lyimo, P., Munishi, P., Tam, C. & Burgess, N. (2021). Impact of land use and land cover changes on surface runoff and sediment yield in the Little Ruaha River Catchment. *Open Journal of Modern Hydrology*, 11(3), 54-74.
14. Da Silva, V. D. P. R., Silva, M. T., Singh, V. P., de Souza, E. P., Braga, C. C., de Holanda, R. M., ... & Braga, A. C. R. (2018). Simulation of stream flow and hydrological response to land-cover changes in a tropical river basin. *Catena*, 162, 166-176.
15. De Oliveira Serrão, E. A., Silva, M. T., Ferreira, T. R., da Silva, V. D. P. R., de Sousa, F. D. S., de Lima, A. M. M., ... & Wanzeler, R. T. S. (2020). Land use change scenarios and their effects on hydropower energy in the Amazon. *Science of The Total Environment*, 744, 140981.
16. De Oliveira Serrão, E. A., Silva, M. T., Ferreira, T. R., de Ataide, L. C. P., dos Santos, C. A., de Lima, A. M. M., ... & Gomes, D. J. 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.
17. Dwarakish, G. S. & Ganasri, B. P. (2015). Impact of land use change on hydrological systems: A review of current modeling approaches. *Cogent Geoscience*, 1(1), 1115691.
18. Fiseha, B. M., Setegn, S. G., Melesse, A. M., Volpi, E. & Fiori, A. (2013). Hydrological analysis of the Upper Tiber River Basin, Central Italy: a watershed modelling approach. *Hydrological processes*, 27(16), 2339-2351.

19. Fohrer, N., Haverkamp, S., Eckhardt, K. & Frede, H. G. (2001). Hydrologic response to land use changes on the catchment scale. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26(7-8), 577-582.
20. Fontes, R. & Montenegro, A. (2019). Impact of land use change on the water balance in a representative watershed in the semiarid of the state of Pernambuco using the SWAT model. *Engenharia Agrícola*, 39, 110-117.
21. Ghazavi, R. & Fazeli, A. (2019). Investigation the effects of land use change on surface runoff using Remote sensing and SWAT model. *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(6), 191-206. doi: 10.22069/jwsc.2019.12697.2739. (In persion)
22. Goldblatt, R., You, W., Hanson, G. & Khandelwal, A. K. (2016). Detecting the boundaries of urban areas in india: A dataset for pixel-based image classification in google earth engine. *Remote Sensing*, 8(8), 634.
23. Haji Mohammadi, M., Nazari Samani, A., Zare Garizi, A., Keshtkar, H., Arabkhedri, M. & Sadoddin, A. (2022). Defining spatially continuous Hydrological Response Units for hydrological modelling in a mountainous watershed with SWAT (case study: Taleghan watershed). *Journal of Range and Watershed Managment*, 75(2), 213-226. doi: 10.22059/jrwm.2022.346096.1672. (In persion)
24. Hernandez, T. A. D., Scarpore, F. V. & Seabra, J. E. A. (2018). Assessment of impacts on basin stream flow derived from medium-term sugarcane expansion scenarios in Brazil. *Agriculture, ecosystems & environment*, 259, 11-18.
25. Lucas-Borja, M. E., Carrà, B. G., Nunes, J. P., Bernard-Jannin, L., Zema, D. A. & Zimbone, S. M. (2020). Impacts of land-use and climate changes on surface runoff in a tropical forest watershed (Brazil). *Hydrological Sciences Journal*, 65(11), 1956-1973.
26. Mohseni, B., Mahdavi, M. J. & Ghorbani fard, M. (2023). Assessing the Evaluation of Global and Regional Soil Maps in Flow Forecasting using SWAT Model, Talar Watershed, Mazandaran Province. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 13(2), 2023. <http://doi.org/10.30488/GPS.2023.379075.3608>
27. Mengistu, D. T. & Sorteberg, A. (2012). Sensitivity of SWAT simulated streamflow to climatic changes within the Eastern Nile River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(2), 391-407.
28. Munoth, P. & Goyal, R. (2020). Impacts of land use land cover change on runoff and sediment yield of Upper Tapi River Sub- Basin, India. *International Journal of River Basin Management*, 18(2), 177-189.
29. Nazaripooya H, Kardavani, P. & Farajirad A. (2015). Calibration and Evaluation of Hydrological Models, IHACRES and SWAT Models in Runoff Simulation. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 2 (2), 99-112. (In persion)
30. Ndulue, E. L., Mbajiorgu, C. C., Ugwu, S. N., Ogwo, V. & Ogbu, K. N. (2015). Assessment of land use/cover impacts on runoff and sediment yield using hydrologic models: A review. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 7(2):46-55.
31. Patel, N. N., Angiuli, E., Gamba, P., Gaughan, A., Lisini, G., Stevens, F. R., ... & Trianni, G. (2015). Multitemporal settlement and population mapping from Landsat using Google Earth Engine. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 199- 208.
32. Prusty, R.M., Das, A. & Patra, K.C. (2021). Impact of Land Use and Land Cover Change on Streamflow of Upper Baitarani River Basin Using SWAT. In: Pandey, A., Mishra, S., Kansal, M., Singh, R., Singh, V. (eds) Water Management and Water Governance. *Water Science and Technology Library*, 96, https://doi.org/10.1007/978-3-030-58051-3_16
33. Ren D., Engel, B. & Mercado, J.A.V. (2022). Modeling and assessing water and nutrient balances in a tile-drained agricultural watershed in the US Corn Belt. *Water Res*, 210:117976. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117976>

34. Saboktakin, M., Montaseri, H., Eslamian, S. & khalili, R. (2022). Evaluation of the performance of SWAT model in simulating the inflow to the dam reservoir to deal with climate change (Case study: the catchment area upstream of the ZayandehRoud Dam). *Climate Change Research*, 3(10), 83-104. doi: 10.30488/ccr.2022.354749.1085. (In persion)
35. Saraie, B., Talebi, A., Mazidi, A. & Parvizi, S. (2020). Prioritization of Sardab-Rood watershed from flooding viewpoint using the SWAT model. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9(23), 85-98. doi: 10.22111/jneh.2019.29033.1500. (In persion)
36. Soltani, N. & Mohammadnejad, V. (2021). Efficiency of Google Earth Engine (GEE) system in land use change assessment and predicting it using CA-Markov model (Case study of Urmia plain). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 12 (3), 101-114. (In persion)
37. Wang, R., Kalin, L., Kuang, W. & Tian, H. (2014). Individual and combined effects of land use/cover and climate change on Wolf Bay watershed streamflow in southern Alabama. *Hydrological Processes*, 28(22), 5530-5546.
38. Wang RuoYu, W. R., Yuan YongPing, Y. Y., Yen, H., Grieneisen, M., Arnold, J., Wang Dan, W. D., ... & Zhang MingHua, Z. M. (2019). A review of pesticide fate and transport simulation at watershed level using SWAT: current status and research concerns. *Science of The Total Environment*, 669, 512-526. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.141>
39. Yin, J., He, F., Xiong, Y. J. & Qiu, G. Y. (2017). Effects of land use/land cover and climate changes on surface runoff in a semi-humid and semi-arid transition zone in northwest China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(1), 183- 196.