

Investigation of the Effect of Land Use Change on Runoff of Qarachai River Basin Using HEC-HMS Models

Asghari Saraskanroud, Sayyad (Corresponding Author)

Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

E-Mail: S.asghari@uma.ac.ir

Saeidi, Alireza

Msc., Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

Abstract

In recent decades, land use change under the influence of environmental and human factors has caused serious effects on the environment, economy and society. Hydrological models are a simplified representation of the actual hydrological system that studies the operation of the basin, so model selection requires recognizing the capabilities and limitations of hydrological models in the basin. In the present study, the analysis of land use changes and its effect on runoff in Qara-Chay basin was performed using HEC-HMS models. In order to investigate land use changes on the impact on basin runoff changes, the 2020 annual rainfall of the basin with 2001 land use characteristics was introduced to the model. The results related to land use changes show that the most changes in land use include changes related to land without vegetation in a decreasing manner and a mixture of irrigated and rainfed agriculture in an increasing manner. In the simulation of Gharachai catchment basin in HEC-HMS model, calibration of the basin in six sub-basins based on runoff peak, runoff height and runoff volume was examined. 94% and in the runoff peak element with 95.12% and in the runoff volume element with 97.5% show the correct implementation of the model on the basin. Therefore, it can be said that land use change in Qarachai catchment has increased the peak and volume of runoff and ultimately has led to an increase in runoff in this basin.

Keywords: Land use, Runoff, HEC-HMS Model.

Citation: Asghari Saraskanroud, S.; Saeidi, A. (2023), Investigation of the Effect of Land Use Change on Runoff of Qarachai River Basin Using HEC-HMS Models, Journal of Geography and Environmental Studies, 12 (45), 134-148. Dor: 20.1001.1.20087845.1402.12.45.8.0

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



20.1001.1.20087845.1402.12.45.8.0

مقاله پژوهشی

بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب حوضه رودخانهی قره چای با استفاده از مدل‌های HEC - HMS

صیاد اصغری سراسکانرود*

استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

علیرضا سعیدی

کارشناس ارشد، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

در طی چند دهه اخیر تغییر کاربری اراضی تحت تأثیر عوامل محیطی و انسانی سبب بروز اثرات جدی بر محیط زیست، اقتصاد و اجتماع شده است. مدل‌های هیدرولوژیکی نمایش ساده شده‌ای از سیستم هیدرولوژی واقعی هستند که به مطالعه درباره کارکرد حوضه می‌پردازد بنابراین انتخاب مدل، نیاز به تشخیص قابلیت و محدودیت مدل‌های هیدرولوژی حوضه دارد. در تحقیق حاضر تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر روی رواناب حوضه قره-چای با استفاده از مدل‌های HEC-HMS انجام شد. به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی بر تأثیر در تغییرات رواناب حوضه، بارش سالانه ۲۰۲۰ حوضه با ویژگی‌های کاربری اراضی ۲۰۰۱ به مدل معرفی گردید. نتایج مربوط به تغییرات کاربری اراضی نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات در کاربری اراضی شامل تغییرات مربوط به اراضی فاقد پوشش گیاهی به صورت کاهشی و مخلوط زراعت آبی و دیم به صورت افزایشی می‌باشد. در شبیه‌سازی حوضه آبریز قره‌چای در مدل HEC-HMS واسنجی حوضه در شش زیرحوضه براساس اوج رواناب، ارتفاع رواناب و حجم رواناب مورد بررسی قرار گرفت که نتایج محاسبه شده با نتایج مشاهده شده به طور میانگین در عنصر ارتفاع رواناب ۹۴/۴۰ درصد و در عنصر اوج رواناب با ۹۵/۱۲ درصد و در عنصر حجم رواناب با ۹۷/۵ درصد مطابقت اجرای صحیح مدل بر روی حوضه را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت که تغییر کاربری اراضی در حوضه آبریز قره چای باعث افزایش اوج و حجم رواناب شده و در نهایت به افزایش رواناب در این حوضه منجر شده است.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، رواناب، مدل HEC-HMS.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۳/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۶

نویسنده مسئول: صیاد اصغری سراسکانرود، استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. S.asghari@uma.ac.ir

مقدمه

حوضه آبریز یک سیستم باز با ورودی‌های انرژی خورشیدی و نزولات جوی است و با اعمال فرایندهایی روی ورودی‌ها و خروجی‌هایی مانند دبی، رسوب و پوشش گیاهی تولید می‌کند. بنابراین، خروجی‌های حوضه آبریز تحت تأثیر ویژگی‌های داخلی حوضه از جمله زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی است. اثر تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در نفوذ و رواناب اهمیت زیادی دارد (بلواسی، ۱۳۹۹). تغییرات کاربری اراضی باعث ایجاد تغییرات بسیار وسیعی در سیستم‌های سطح زمین می‌گردد. تغییر کاربری زمین شامل تغییر نوع کاربری‌ها و تغییر در نحوه پراکنش و الگوهای فضایی فعالیت‌ها و کاربری‌ها است. آشکارسازی تغییرات فرآیندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (اصغری سراسکانرود و همکاران، ۱۳۹۶). تغییر کاربری اراضی بر هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز تأثیرهایی مانند تغییر خصوصیات دبی اوج، تغییر حجم کل آب رواناب، تغییر کیفیت آب و تغییر تعادل هیدرولوژیکی دارد. رواناب ناشی از بارندگی در حوضه‌های آبخیز علاوه بر خسارتهای جانی و مالی ناشی از سیل، باعث فرسایش و از بین رفتن خاک حاصلخیز سطحی شده و در نهایت، رسوب‌گذاری در مسیل‌ها، رودخانه‌ها و مخازن سدها را به دنبال دارد.

درک رابطه‌ی بین تغییرات کاربری اراضی و عوامل به وجود آورنده آن و اثرات ثانوی آن بر رژیم هیدرولوژیکی، اطلاعات ضروری برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین و مدیریت پایدار منابع طبیعی را فراهم می‌کند. هرچند تغییرات کاربری اراضی یک حوضه، آشکار است اما تعیین دقیق مقدار کمیت این پیامدها بسیار دشوار می‌باشد. تغییرات شدید کاربری اراضی در کوتاه مدت باعث اختلال در سیستم هیدرولوژیکی هم به صورت افزایش مقدار آب از طریق سیلاب و هم به صورت کاهش آب از طریق کاهش، یا حذف جریان کمینه می‌شوند، در این مورد تغییرات کاربری اراضی علاوه بر تغییر جریان سطحی بر جریان زیر سطحی و آب زیر زمینی نیز تأثیرگذارند از این رو شناخت آثار تغییر کاربری اراضی بر پاسخ‌های هیدرولوژی حوضه آبخیز مورد مطالعه راهگشای تعیین استراتژی مناسب در توسعه پایدار منابع آب حوضه آبخیز می‌باشد.

برای شبیه‌سازی رابطه بارش - رواناب مدل‌های هیدرولوژی متفاوتی طراحی شده است. مدل‌های هیدرولوژی به سه دسته تجربی، مفهومی و مدل‌های با مبنای فیزیکی توزیعی، تقسیم‌بندی می‌شوند. دسته اول این مدل‌ها آشکارا قوانین فیزیکی است که فرآیندها را در نظر نمی‌گیرد و فقط با تابع تبدیلی ورودی را به خروجی ارتباط می‌دهد. دسته دوم، مدل‌های مفهومی هستند که براساس مطالعات محدود فرآیندهای موجود در سامانه هیدرولوژی حوضه آبریز است. دسته سوم مدل‌هایی با مبنای فیزیکی توزیعی هستند که در سالهای اخیر مدل‌هایی با ماهیت نیمه توزیعی تهیه شده‌اند و اغلب در شبیه‌سازی حوضه‌های وسیع موفق عمل کرده‌اند، سیستم مدل‌سازی هیدرولوژیکی HEC^2 -HMS¹ از مدل‌هایی است که برای شبیه‌سازی فرایندهای بارش - رواناب در سیستم حوضه آبخیز طراحی شده است. مدل یاد شده نوعی مدل ریاضی شبه توزیعی است که روابط بین متغیرها و پارامترها را به صورت توابع همبستگی نشان می‌دهد در این مدل حوضه آبریز به واحدهای هیدروژیکی کوچک‌تری تقسیم شده و مدل‌های یکپارچه برای هر یک از این قسمت‌ها در نظر گرفته می‌شود. سیستم مدل هیدروژیک HEC-HMS با ۳ بخش مدل حوضه، مدل اقلیم و شاخص‌های کنترل برای شبیه‌سازی فرایند بارش - رواناب در سیستم حوضه آبریز طراحی شده است (بلواسی و همکاران، ۱۳۹۹). محققان فراوانی در داخل و خارج از کشور به ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر میزان رواناب پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره شده است. ثقفیان و همکاران (۱۳۷۹) به ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی و تشخیص مناطق منشاء سیلاب برای کنترل سیلاب در آینده در حوضه آبخیز گلستان با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. نتایج نشان داد که تغییر

1- Hydrological Engineering Center

2- Hydrological Modeling System

کاربری اراضی بر روی شدت سیلاب تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته است. همچنین برای تعیین نقش کاربری اراضی در میزان سیلاب حوضه از یک روش به نام پاسخ سیلاب واحد استفاده کردند که به ازای هر واحد منطقه‌ای پیک خروجی سیلاب تعیین گردید. در واقع زیرحوضه‌ها را بر اساس پتانسیل سیل خیزی‌شان طبقه‌بندی کردند. نشاط و همکاران (۱۳۸۵) برآورد میزان رواناب را با استفاده از روش SCS و مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز باغ ملک استان خوزستان ارائه نمودند. در این مطالعه نتایج حاصل از برآورد مشخصه تبدیل بارندگی به بارندگی مازاد تحت عنوان (CN) با دو روش مختلف، همچنین تشکیل رواناب با استفاده از روش SCS و محاسبه بارندگی مازاد با استفاده از تجزیه هیدروگراف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شماره منحنی محاسباتی توسط مدل HEC-HMS با شماره منحنی مشاهده شده سازگاری دارد.

حجازی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیرات شهرگرایی و تنوع اقلیمی بر روی سیلاب‌ها در شمال شرقی الینویز با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS به این نتیجه رسیدند که افزایش شهرگرایی بالاتر از میانگین ۰/۳۴ درصد پیک سیلاب را بیشتر از تنوع اقلیمی افزایش می‌دهد. به علاوه دبی‌های بالاتر از میانگین، حداقل ۰/۱۹ بیشتر از دبی‌های منظم است. در کل نتیجه بدست آمده این است که پتانسیل سیلاب تحت تأثیر تغییر کاربری‌های آینده و بارش‌های پیک سیلاب است. بلوآسی و همکاران (۱۳۹۹) با هدف ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیل خیزی حوضه آبریز دوآب با استفاده از مدل HEC-HMS به انجام رسانده‌اند. نتایج به دست آمده از این مقایسه نشان داد اوج رواناب به طور میانگین ۱۵/۴۶ درصد و حجم رواناب در حدود ۱۹/۷۴ درصد افزایش یافته است. این مطلب بیانگر کاهش مقدار تلفات اولیه بارش و افزایش رواناب است. بنابراین می‌توان گفت که تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز دوآب موجب افزایش اوج و حجم رواناب شده و در نهایت به افزایش سیل خیزی در این حوضه منجر شده است.

فوکس^۱ و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر تغییر کاربری اراضی را بر مقدار کل رواناب در بین سالهای ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۳ در حوضه‌ی آبخیز مدیترانه‌ای در نزدیکی سنت روپه در فرانسه بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که تغییر کاربری اراضی بیشتر در مناطق دشتی اتفاق افتاده و کاربری اراضی شهری از ۳۰/۱ هکتار به ۳۹۳/۸ در بین سالهای فوق افزایش یافته است که این افزایش در اثر تغییر کاربری اراضی روستایی به شهری اتفاق افتاده است. اما تأثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب کم ارزیابی شده است. یانر^۲ و همکاران (۲۰۰۶) ارزیابی مدل HEC-HMS را برای بررسی رواناب در حوضه آبخیز یواسیک ترکیه ارائه نمودند. آنها در این تحقیق پس از واسنجی نمودن مدل HEC-HMS به بررسی دو سوال پرداختند، سوال اصلی زمان شبیه‌سازی و دیگری نمایش رواناب با توجه به منحنی شدت - مدت - فراوانی بود. نتیجه این تحقیق حاکی از توانایی پیش‌گویی میزان رواناب در بارندگی‌های شدید به وسیله مدل HEC-HMS در حوضه آبریز یوراسیک بود.

للیو^۳ و همکاران (۲۰۰۷) ارزیابی مدل HEC-HMS را در حوضه آبریز رود مستر بلغارستان ارائه نمودند. در این مطالعه به شبیه‌سازی بارش - رواناب در ۱۱ زیرحوضه رود مستر پرداخته شد. نتایج بدست آمده نشان داد که مدل HEC-HMS توانایی بالایی در شبیه‌سازی بارش - رواناب حوضه‌های برف‌گیر دارد. چن^۴ و همکاران (۲۰۰۹) به ارزیابی تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب پایه با استفاده از مدل HEC-HMS در حوضه آبریز ایکس تیموکسی در چین پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که نزدیکی زیادی بین هیدروگراف شبیه‌سازی شده و هیدروگراف محاسبه شده در مدل وجود دارد، سناریوهای پیش‌بینی شده برای

1- Fox
2- Yener
3- Lliev
4- Chen

این مطالعه افزایش مناطق شهری به نسبت‌های مختلف است. نتایج نشان داد که در کل سناریوها افزایش رواناب و دبی اوج مشاهده شده است.

چن و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای برای بررسی تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب، دو سناریوی تغییر کاربری اراضی ارائه دادند. در مطالعه یادشده کاربری اراضی منطقه در سال ۲۰۰۲ پایه قرار گرفت و سناریوهای کاربری اراضی برای سال ۲۰۵۰ ارائه شد. سناریوی A مشتمل بر افزایش مساحت شهری از ۲/۹ به ۱۷ درصد، سناریوی B افزایش آن از ۲ به ۱۴ درصد بود. سپس، با استفاده از مدل HEC-HMS و ۷ واقعه منتخب، سناریوها امتحان شدند. نتایج مطالعه یادشده نشان داد سناریوهای کاربری اراضی آینده موجب افزایش کل رواناب سطح و از جمله دبی اوج می‌شود اما شدت افزایش در ارتباط با درصد افزایش مناطق شهری است. محمد و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر تغییر همکاری بر رواناب سطحی در حوضه آبخیز لایی نئولاه در اسلام آباد پاکستان با استفاده از HEC-HMS بعد از واسنجی و ارزیابی بررسی کردند و دریافتند که کاربری اراضی آینده سبب افزایش ۵۱/۶ تا ۱۰۰ درصدی مقدار کل رواناب خواهد شد.

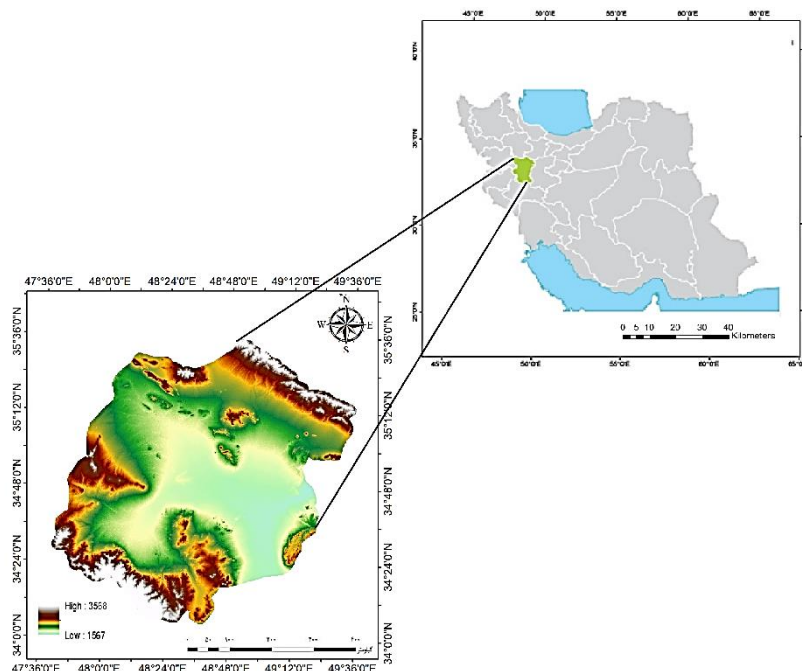
کونیتی^۱ و همکاران (۲۰۰۹) مطالعه ارائه شده در اینجا تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی و کیفی در میزان بارش رواناب ناشی از تغییرات پوشش سطح زمین بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ در حوضه رودخانه گدواری با استفاده از مهندسی هیدرولوژیک-سیستم مدل‌سازی هیدرولوژیکی (HEC-HMS) و تکنیک‌های سنجش از راه دور GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی) است. یافته‌ها حاکی از افزایش ۰/۶۴ از اراضی ساخته شده، کاهش ۰/۹۲ در بوته‌ها و افزایش ۰/۵۶ درصدی در مزارع زراعی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۱۹۸۵ است. نتایج تشخیص تغییر LULC بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ نشان داد که تغییر چشمگیر در اراضی زراعی، جنگل، زمین ایجاد شده است. تجزیه و تحلیل‌های انجام شده به طور عمده در مورد تأثیر تغییرات LULC در الگوی جریان مورد توجه قرار گرفت. رواناب سطح برای سال ۲۰۱۴ شبیه‌سازی شد تا تغییراتی را که به دلیل تغییر در LULC اتفاق افتاده است، تعیین کند. مشخص شد که مدل HEC-HMS سازگار است و برای مدل‌سازی باران-رواناب بهتر عمل می‌کند، زیرا پارامترهای مختلفی را که بر روند کار تأثیر می‌گذارد، در نظر می‌گیرد. این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش میزان رواناب، جنگل زدایی به قیمت شهرنشینی و بسط سطح زراعی منجر به کاهش در تبخیر و تعرق کلی (ET) و نفوذ می‌شود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که ادغام سنجش از دور، GIS و مدل هیدرولوژیکی (HEC-HMS) می‌تواند مشکلات هیدرولوژیکی را در یک حوضه رودخانه حل کند.

محدوده مورد مطالعه:

حوضه قره‌چای با مساحت حدود ۱۱۰۰۰ کیلومتر مربع (بر اساس مرز سیاسی)، وسیع‌ترین حوضه آبخیز استان همدان بوده و دارای مختصات جغرافیایی ۱۳° ۴۸' تا ۲۹° ۴۹' طول شرقی و ۱۲' ۳۴° تا ۴۴' ۳۵° عرض شمالی می‌باشد و توسط رودخانه قره‌چای و شعبات فرعی آن زهکشی می‌شود (شایان و همکاران، ۱۳۹۵). این حوضه از نظر وضعیت سیل، سیل خیزترین بخش استان همدان است که براساس آمار، وضعیت سه دشت همدان، کبودرآهنگ و رزن حادث‌تر از سایر مناطق است. طول رودخانه اصلی تا خروجی ایستگاه عمرآباد حدود ۲۷۰ کیلومتر و ارتفاع و شیب متوسط حوضه به ترتیب ۱۹۲۷ متر و ۰/۶ درصد می‌باشد.

این حوضه از قسمت جنوب غربی به دامنه‌های شمالی و شرقی رشته کوه زاگرس با حداکثر ارتفاع ۳۵۸۰ متر (قله الوند) از قسمت شمال غربی مشترک با مرز حوضه سفید رود و از قسمت شمال و شمال شرقی به دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های آوج محدود می‌باشد و شامل شهرهای همدان، رزن، بهار، کبودرآهنگ، فامنین، قهاوند و اسدآباد می‌باشد. از نظر وضعیت شبکه آبراه‌های این

حوضه دارای سه شاخه مهم منشعب از دامنه‌های شمالی رشته کوه الوند، دامنه‌های رشته کوه‌های آوج و آبراهه ورودی از سمت شرقی استان می‌باشد که همگی از خروجی ایستگاه آبسنجی عمر آباد خارج می‌شود. از لحاظ خصوصیات اقلیمی معدل وزنی دمای سالانه هوا بر پایه نقشه هم‌دمای استان که مربوط به یک دوره ۲۰ ساله از سال ۱۳۶۱ تا ۱۳۸۰ می‌باشد برابر با ۱۰/۳ درجه سانتیگراد بوده و میانگین بارش سالیانه ۳۶۷/۳ میلیمتر است. میانگین سالانه دبی اندازه‌گیری شده برابر ۹/۷۷ متر مکعب در ثانیه مربوط به ایستگاه عمرآباد و نیز متوسط ارتفاع جریان ۲۱/۳ میلیمتر و ۵/۸ درصد است. دشت کبودرآهنگ واقع در قسمت‌های مرکزی و غربی به علت شرایط فیزیوگرافی و خاکشناسی از مناطق مستعد جاری شدن سیل بوده که سالیانه خسارات مالی و جانی فراوانی به روستاها و شهرهای آن وارد می‌شود. سه رودخانه اصلی لاله‌دان، شیرین سو و ایده‌لو به یکدیگر ملحق شده و در نهایت از شهرستان کبودرآهنگ عبور می‌کنند. دشت‌های قهاوند و رزن نیز از دیگر نقاط سیل‌گیر این حوضه می‌باشند.



شکل (۱): موقعیت حوضه قره‌چای در استان همدان

روش کار:

در این پژوهش ابتدا حوضه قره‌چای با استفاده از شاخص‌های آب در منطقه مورد مطالعه استخراج شده است. مرحله‌ی بعدی تحقیق، استخراج کاربری‌های حاشیه رودخانه و کشف تغییراتی است که در بازه‌ی زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹ رخ داده است. بر این اساس مراحل زیر گام به گام انجام می‌شود. به منظور تولید نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌های لندست، به علت زمین مرجع بودن تصاویر مورد نیاز، تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر به روش FLAASH انجام شد. فرآیند متناهی تصحیح اتمسفری FLAASH با حضور پیکسل تیره این قابلیت را دارد تا در نقش پیکسل مرجع با بازتاب سطحی مشخص در نظر گرفته شود و مقدار غبار و مه و آئروسول بازیابی شود (پردل و همکاران، ۱۳۹۴). برای اینکه در بحث محاسبات عددی دقت کافی حاصل شود عملیات (RESCAAL) بر روی تصاویر تصحیح شده انجام یافت تا ارزش عددی پیکسل‌ها، بین صفر و یک قرار بگیرد. در

تصویر لندست ۸، برای افزایش دقت طبقه‌بندی روش تلفیق تصاویر مالتی اسپیکچرال با تصویر پنکروماتیک انجام یافته و قدرت تفکیک مکانی به ۱۵ متر ارتقاء یافت.

با توجه به تنوع داده ماهواره‌ای و تفکیک‌پذیری طیفی آن در این پژوهش، طبقه‌بندی کاربری زمین به صورت شیء‌گرا در محیط نرم افزاری eCognition انجام شد. آماره‌های مهم در قطعه‌بندی تصویر عبارتند از انتخاب مقیاس معقول، ضریب رنگ یا شکل و ضریب فشردگی یا نرمی (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۳). در تحقیق حاضر از روش قطعه‌بندی مالتی رزولوشن^۱ استفاده شد که با استفاده از روش آزمون و خطا سعی شد تا بهترین ترکیب ضریب شکل و فشردگی و مقیاس اشیاء انتخاب شود. محقق برای انجام طبقه‌بندی شیء‌گرا لازم است که نمونه‌های تعلیمی را در اختیار داشته باشد. شیء‌های تصویری نمونه تعیین‌کننده محدوده نمونه‌های آموزشی خواهند بود. در ارزیابی متقابل با فرآیندهای متناهی طبقه‌بندی روش پیکسل پایه، طبقه‌بندی با فرآیند متناهی نزدیک‌ترین همسایه در روش شیء‌گرا، به نمونه‌های تعلیمی کمتری نیاز دارد. تصاویر اشیاء تصویر به عنوان مرجع نمونه‌های آموزشی برای هر رده در آنالیز شیء‌گرا خواهد بود (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه مربوطه پس از دریافت نمونه‌های تعلیمی، در مرحله بعد در محیط نرم افزار eCognition بر سطح تصویر اعمال گردید. در نرم‌افزار eCognition این امکان برای کاربر فراهم می‌شود تا پارامترهایی که بیشترین درجه عضویت را در هر کلاس دارند، در طبقه‌بندی تأثیر دهد. با تکنیک آستانه-گذاری از شاخص‌های (NDVI, EVI, CIG, GVMI) و ویژگی‌های میانگین باندهای آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز و ویژگی درخشندگی تصویر، اشیاء تعلیمی برای طبقه‌بندی روش نزدیکترین همسایه به عنوان راحت‌ترین روش طبقه‌بندی (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۱) لحاظ گردید به حدی که کلاسها در تمامی شاخصها و ویژگی‌ها به حد اشباع برسند.

در این پژوهش ابتدا به منظور شناخت حوضه آبریز، نقشه‌ها و اطلاعات مربوط به توپوگرافی، واحدهای ارضی و تصاویر سنجنده های OLI و TM ماهواره‌ی لندست مربوط به بازه‌ی زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹ جمع‌آوری، مورد بررسی و پردازش قرار گرفت و مراحل زیر به شرح ذیل طی شد:

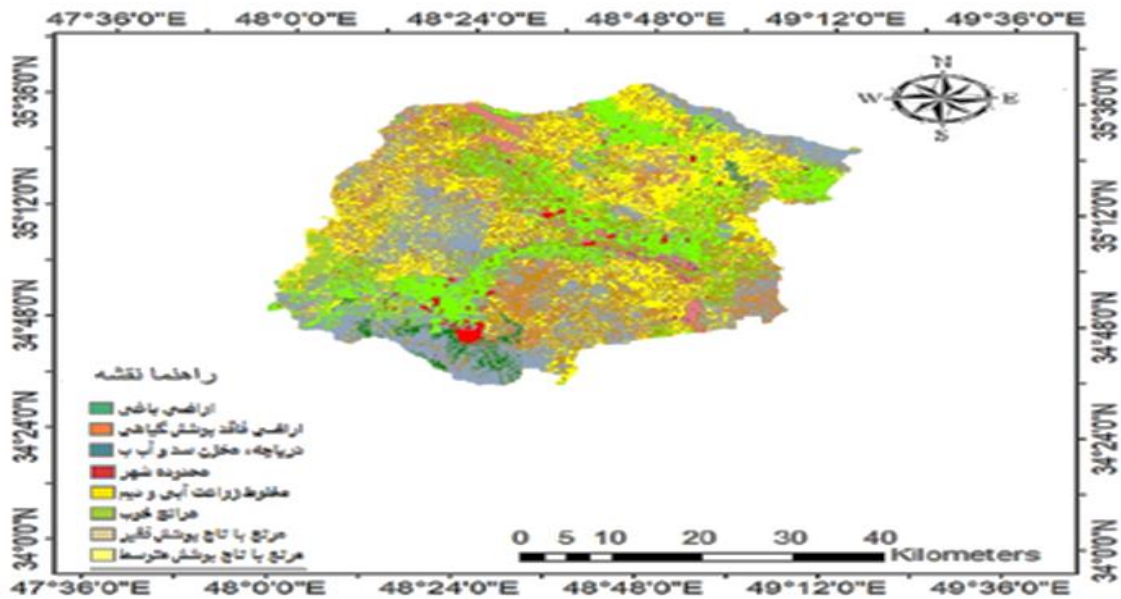
- استخراج نقشه حوضه آبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات موجود.
- تقسیم حوضه به زیر حوضه‌های کوچک‌تر و تعیین خصوصیات فیزیوگرافی موردنیاز
- تعیین شماره‌ی منحنی (CN) در هر زیر حوضه که با توجه به نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیک و تلفیق آن‌ها در محیط GIS صورت می‌گیرد.
- بررسی و تعیین پارامترهای مربوط به بارندگی حوضه و تعیین حداکثر بارش
- جمع‌آوری داده‌های بارش و هیدروگراف سیلاب مشاهده شده و متناظر آن‌ها در ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه
- استخراج اطلاعات مورد نیاز برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC-HMS برای داده‌های مشاهده شده
- اجرای مدل با استفاده از اطلاعات فوق

جدول (۱): مشخصات تصاویر اخذ شده

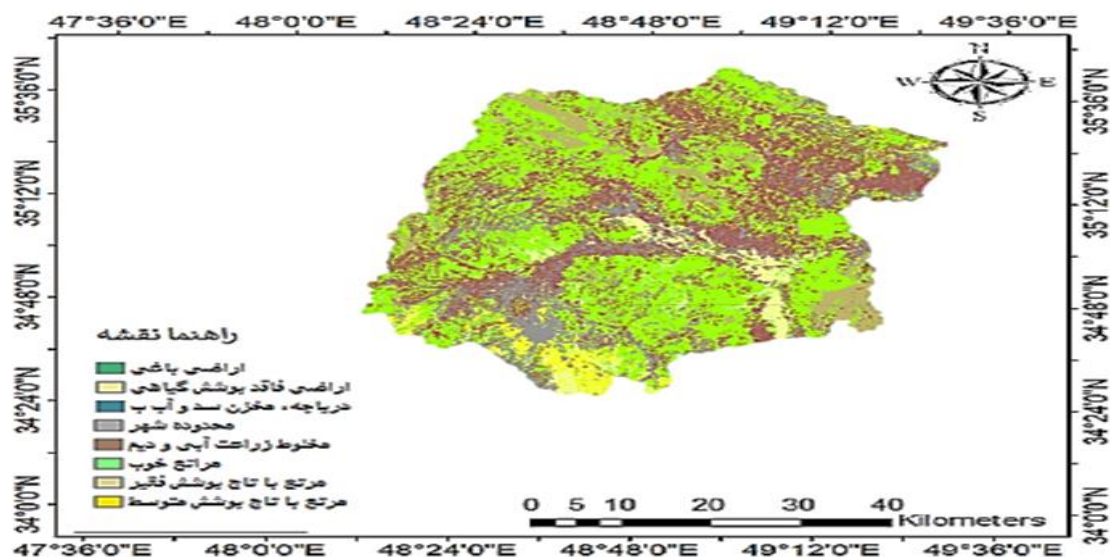
ردیف	ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویر	تعداد باندها	قدرت تفکیک
Row	Satellite	Sensor	Image date	Number of bands	Resolution
۱	لندست ۵ Landsat5	TM	2001/06/01	۵	۳۰
۲	لندست ۸ Landsat8	OLI	2020/07/12	۶	۳۰

یافته‌ها

نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM ماهواره‌های لندست ۵ و ۸، تهیه شد. پس از اصلاح آن، نقشه‌ی نهایی کاربری اراضی آماده شد و کاربری اراضی حوضه در دو بازه‌ی زمانی ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ استخراج گردید. در این نقشه‌ها که کاربری اراضی حوضه‌ی آبخیز شامل ۸ نوع کاربری (اراضی باغی، اراضی فاقد پوشش گیاهی، دریاچه، محدوده شهر، مخلوط زراعت آبی و دیم، مراتع خوب، مراتع با تاج پوشش فقیر، مراتع با تاج پوشش متوسط) است، مرز زیرحوضه‌ها در محیط GIS مشخص و رقومی گردید.



شکل (۲): مساحت، درصد مساحت و تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز قره‌چای در سال ۱۳۸۰



شکل (۳): مساحت، درصد مساحت و تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز قره‌چای در سال ۱۳۹۹

در شکل (۲) و شکل (۳) تفاضل بین هر کلاس به صورت مجزا مورد توجه قرار گرفت و در جدول (۱) ارائه گردید. در مقایسه نقشه‌های سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ تغییرات کاربری اراضی در برخی کلاس‌ها مشهود است. براساس این جدول در محدوده مورد

مطالعه اراضی باغی و اراضی فاقد پوشش گیاهی به ترتیب با ۲۰۷/۹۹ و ۲۵۵۰ کیلومتر مربع کاهش مواجه بوده است. این در حالی است که دریاچه، مخزن، سد آب، محدوده شهر و مخلوط زراعت آبی و دیم به ترتیب با ۵۰/۷۵، ۹۵۰ و ۱۲۹۸/۵ کیلومتر مربع افزایش را نشان می‌دهد. همچنین در جدول (۱) تغییر مساحت کاربری‌های مختلف طی سال‌های مورد بررسی از طریق تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد. در اینجا روند افزایشی مساحت مراتع خوب با ۶۰۶/۶۵ همچنین روند نزولی، کاهش مرتع با تاج پوشش فقیر و مرتع با تاج پوشش متوسط با ۱۶/۶ و ۱۳۱/۳ را طی دوره‌های مختلف می‌توان مشاهده نمود.

جدول (۲): تفاضل مساحت کلاسها در کاربری اراضی ۲۰ ساله حوضه

نام کلاس	مساحت ۱۳۸۰ (کیلومتر مربع)	درصد	مساحت ۱۳۹۹ (کیلومتر مربع)	درصد	تفاضل مساحت	روند تغییرات
اراضی باغی	۴۵۳/۱۱	۴/۱۱	۲۴۵/۱۲	۲/۲۲	-۲۰۷/۹۹	کاهشی
اراضی فاقد پوشش گیاهی	۴۹۹۷/۶	۴۵/۴۳	۲۴۴۷/۶	۲۲/۲۵	-۲۵۵۰	کاهشی
دریاچه، مخزن، سد آب	۳/۷۵	۰/۰۳	۵۴/۵	۰/۴۹	۵۰/۷۵	افزایشی
محدوده شهر	۸۳۶/۲۲	۷/۶۰	۱۷۸۶/۲۲	۱۶/۲۳	۹۵۰	افزایشی
مخلوط زراعت آبی و دیم	۳۲۹۸/۵	۲۹/۹۸	۴۵۹۷	۴۱/۷۹	۱۲۹۸/۵	افزایشی
مراتع خوب	۱۲۳۷/۴۶	۱۱/۲۴	۱۸۴۴/۱۱	۱۶/۷۶	۶۰۶/۶۵	افزایشی
مرتع با تاج پوشش فقیر	۲۶/۴	۰/۲۴	۹/۸	۰/۰۸	-۱۶/۶	کاهشی
مرتع با تاج پوشش متوسط	۱۴۶/۹۵	۱/۳۳	۱۵/۶۵	۰/۱۴	-۱۳۱/۳	کاهشی
مجموع	۱۱۰۰۰	۰/۱۰۰	۱۱۰۰۰	۰/۱۰۰	-	-

در جدول (۲) مشخص گردید که بیشترین تغییرات در کاربری اراضی شامل تغییرات در اراضی فاقد پوشش گیاهی با کاهش مساحت ۲۵۵۰ کیلومتر مربعی و مخلوط زراعت آبی و دیم با افزایش مساحت ۱۲۹۸/۵ کیلومتر مربع، می‌باشد و کمترین تغییرات نیز مربوط به مرتع با تاج پوشش فقیر با کاهش مساحت ۱۶/۶ کیلومتر مربع است.

در جدول (۳) ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال آورده شده، که در آن صحت کل و ضریب کاپا مشخص گردیده است.

جدول (۳): ماتریس خطای طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال

سال	صحت کل	ضریب کاپا
۱۳۸۰	۰/۸۷	۰/۹۰
۱۳۹۹	۰/۹۰	۰/۸۵۰

برای اجرای مدل HEC-HMS ابتدا مرز حوضه آبخیز قره‌چای مشخص شد و براساس ویژگی‌های فیزیوگرافی به ۶ زیرحوضه تقسیم و زیرحوضه‌ها به مدل معرفی شد. سپس، داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل شامل خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها، زمان تأخیر، درصد اراضی نفوذ ناپذیر، شماره منحنی، بارش، دبی انتخاب شده به مدل وارد شد. با توجه به داده‌های جدول (۴) میزان نفوذپذیری و زمان تأخیر رواناب زیرحوضه‌ها استخراج شد و مشخص می‌گردد که در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹، زمان تأخیر رواناب در همه زیرحوضه‌های قره‌چای کاهش و درصد اراضی نفوذ ناپذیر و شماره منحنی افزایش یافته است. این مطالب بیانگر کاهش نفوذپذیری و تلفات اولیه بارش و افزایش رواناب در زیرحوضه‌های، حوضه آبخیز قره‌چای است.

جدول (۴): مشخصات فیزیوگرافی، زمان تأخیر، درصد اراضی نفوذناپذیر و شماره منحنی واحدهای حوضه آبریز قره‌چای

شماره منحنی (CN)	درصد اراضی نفوذناپذیر		زمان تأخیر (دقیقه)		طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	شیب (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)	زیرحوضه	
	۱۳۸۰	۱۳۹۹	۱۳۸۰	۱۳۹۹					
۱۳۹۹	۱۳۸۰	۱۳۹۹	۱۳۸۰	۱۳۹۹	۱۳۸۰				
۸۴	۷۳	۱/۲۰	۱/۰۲	۷۳/۳	۹۴/۵	۱۹/۲۹	۰/۱۳	۱۶۸	یلفان
۸۹	۷۶	۱/۳۰	۰/۹۰	۵۰/۳	۶۸/۲	۴۶/۵۶	۰/۰۳۸	۲۴۷۵	همدان- بهار
۹۰	۷۵	۱/۱۰	۰/۹۰	۳۰/۵	۳۵/۵	۴۱/۴۳	۰/۰۲۲	۳۴۴۸	کبودرآهنگ
۹۱	۷۵	۱/۴۵	۱/۰	۸۰/۱	۹۲/۱	۲۲/۸۰	۰/۲۱	۳۰۴۸	رزن- قهاوند
۷۶	۶۹	۰/۹۵	۰/۷۰	۹۰/۷	۱۲۰/۶	۲۴/۰۲	۰/۰۶۵	۲۵۷	خمیگان
۸۵	۷۷	۲/۰۱	۱/۱۰	۲۱/۲	۳۸/۱	۱۱/۵۴	۰/۰۳۸	۲۴۵۱	کوشک آباد

با توجه به هدف پژوهش، بایستی صحت پارامترهای SCS استخراجی زیرحوضه‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد و به همین منظور اقدامات واسنجی صورت پذیرفت. در این مطالعه برای واسنجی مدل از سه پارامتر شماره منحنی، زمان تأخیر و تلفات اولیه استفاده شد (جدول ۴). آنالیز حساسیت مدل نشان داد که حساسیت مدل به پارامتر تلفات اولیه بیشتر است. به این دلیل واسنجی مدل براساس مقادیر تلفات اولیه اجرا شد.

در شبیه‌سازی حوضه آبریز قره‌چای در مدل HEC-HMS واسنجی حوضه در شش زیرحوضه براساس اوج رواناب، ارتفاع رواناب و حجم رواناب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج محاسبه شده با نتایج مشاهده شده به طور میانگین در عنصر ارتفاع رواناب ۹۴/۴۰ درصد و در عنصر اوج رواناب با ۹۵/۱۲ درصد و در عنصر حجم رواناب با ۹۷/۵ درصد مطابقت اجرای صحیح مدل بر روی حوضه را نشان می‌دهد، که جدول (۵) در بردارنده نتایج است.

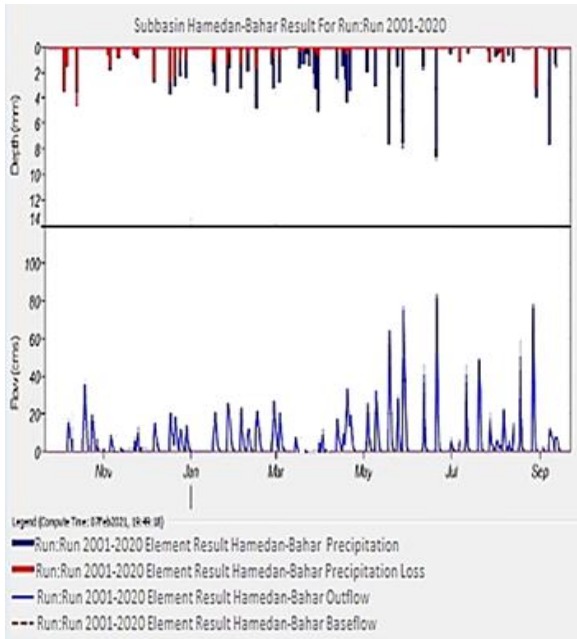
به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی بر تأثیر در تغییرات رواناب حوضه، بارش سالانه ۲۰۲۰ حوضه بار دیگر با ویژگی‌های کاربری اراضی ۲۰۰۱ به مدل معرفی گردید تا مشخص گردد آیا تغییر در روند میزان جریان رودخانه از تغییرات کاربری اراضی متأثر می‌گردد یا اینکه تغییرات به وجود آمده از عوامل دیگری متأثر می‌شود. نتایج آن در جدول (۶) ارائه گردید و مشخص شد که در آن اوج رواناب در زیرحوضه یلفان با کاهش ۹/۵ متر مکعب و کاهش ۷/۸ میلی متر حجم رواناب، در زیر حوضه همدان- بهار با کاهش ۱۷/۳ متر مکعب در اوج رواناب و ۸/۴ میلی متر کاهش در حجم رواناب، زیرحوضه کبودرآهنگ با ۸/۱ متر مکعب کاهش در اوج رواناب و ۱۴/۵ میلی متر کاهش در حجم رواناب، زیرحوضه رزن- قهاوند با ۱۲/۴ متر مکعب کاهش در اوج رواناب و ۱۲/۴ میلی متر کاهش در حجم رواناب، زیرحوضه خمیگان با ۶/۶ متر مکعب کاهش در اوج رواناب و ۵/۳ میلی متر کاهش در حجم رواناب و در نهایت زیرحوضه کوشک آباد با ۱۱/۶ متر مکعب کاهش در اوج رواناب و ۶/۸ میلی متر کاهش در حجم رواناب برآورد شده است.

جدول (۵): نتایج واسنجی مدل با توجه به مقادیر تلفات اولیه به تفکیک زیرحوضه‌ها

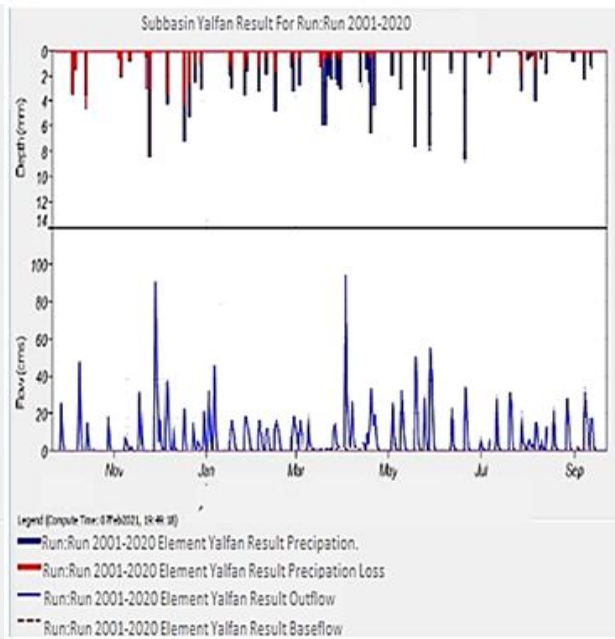
عناصر	زیر حوضه	محاسبه شده	مشاهده شده	اختلاف محاسبه و مشاهده شده	درصد اختلاف محاسبه و مشاهده شده	درصد تطابقت
ارتفاع رواناب (میلی متر)	یلفان	۱۹۱	۱۸۵/۵	۵/۵	۲/۸۷	۹۷/۱۳
	همدان-بهار	۱۶۸/۶	۱۵۲	۱۶/۶	۹/۸۴	۹۰/۱۶
	کبودرآهنگ	۱۶۲/۹	۱۵۵/۴	۷/۵	۴/۶۰	۹۵/۴
	رزن-قهاوند	۱۵۷/۵	۱۴۰/۴	۱۷/۱	۱۰/۸۵	۸۹/۱۵
	خمیگان	۱۸۳	۱۷۸/۶	۴/۴	۲/۴۰	۹۷/۶
	کوشک آباد	۱۶۸/۴	۱۶۳/۳	۵/۱	۳/۰۲	۹۶/۹۸
اوج رواناب (متر مکعب بر ثانیه)	یلفان	۲۶۶	۲۵۴/۷	۱۱/۳	۴/۲۴	۹۵/۷۶
	همدان-بهار	۳۶۱/۱	۳۴۹	۱۲/۱	۳/۳۵	۹۶/۶۵
	کبودرآهنگ	۱۴۲	۱۳۵/۲	۶/۸	۴/۷۸	۹۵/۲
	رزن-قهاوند	۲۵۳/۴	۲۴۹/۲	۴/۲	۱/۶۵	۹۸/۳۵
	خمیگان	۴۵۴/۴	۴۴۵/۵	۸/۹	۱/۹۵	۹۸/۰۵
	کوشک آباد	۲۲۰	۱۹۰/۸	۲۹/۲	۱۳/۲۷	۸۶/۷۳
حجم رواناب (متر مکعب)	یلفان	۲۸۰	۲۶۶/۶	۱۳/۴	۴/۷۸	۹۵/۳
	همدان-بهار	۴۳۷/۲	۴۲۴/۵	۱۲/۷	۲/۹۰	۹۷/۱
	کبودرآهنگ	۳۲۵/۴	۳۱۵/۱	۱۰/۳	۳/۱۶	۹۶/۹
	رزن-قهاوند	۹۷۷/۱	۹۶۴/۹	۱۲/۲	۱/۲۴	۹۸/۸
	خمیگان	۳۵۵/۴	۳۴۹/۷	۵/۷	۱/۶۰	۹۸/۴
	کوشک آباد	۴۴۵/۳	۴۳۹/۳	۶	۱/۳۴	۹۸/۷
زمان پیک	یلفان	۲/۱۹	۲/۱۹	۰/۰	۰/۰۰	۱۰۰
	همدان-بهار	۱/۱۴	۱/۱۴	۰/۰	۰/۰۰	۱۰۰
	کبودرآهنگ	۲/۱۴	۲/۱۴	۰/۰	۰/۰۰	۱۰۰
	رزن-قهاوند	۱/۱۲	۱/۱۲	۰/۰	۰/۰۰	۱۰۰
	خمیگان	۱/۱۳	۱/۱۳	۰/۰	۰/۰۰	۱۰۰
	کوشک آباد	۲/۲۲	۲/۲۲	۰/۰	۰/۰۰	۱۰۰

جدول (۶): نتایج حاصل از بارش ۲۰۲۰ در کاربری اراضی ۲۰۰۱ به تفکیک زیرحوضه‌ها

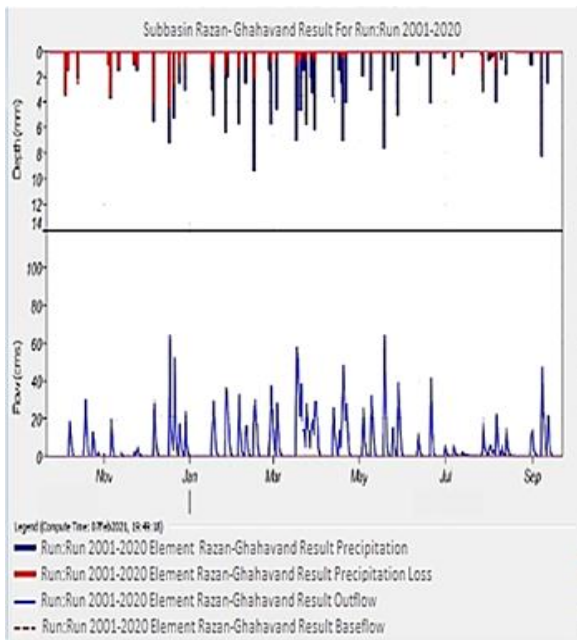
عناصر	زیرحوضه						
	اوج رواناب ۲۰۲۰ m3/s	اوج رواناب ۲۰۰۱ m3/s	حجم رواناب ۲۰۲۰ mm	حجم رواناب ۲۰۰۱ mm	میزان تغییرات اوج رواناب m3/s	درصد تغییرات اوج رواناب	میزان تغییرات حجم رواناب mm
یلفان	۲۶۶	۲۷۵/۵	۲۸۰	۲۸۷/۸	۹/۵	۳/۵۷	۷/۸
همدان-بهار	۳۶۱/۱	۳۶۸/۴	۴۳۷/۲	۴۴۵/۶	۱۷/۳	۴/۷۹	۸/۴
کبودرآهنگ	۱۴۲	۱۵۰/۱	۳۲۵/۴	۳۳۹/۹	۸/۱	۵/۷۰	۱۴/۵
رزن-قهاوند	۲۵۳/۴	۲۶۵/۸	۹۷۷/۱	۹۸۹/۵	۱۲/۴	۴/۸۹	۱۲/۴
خمیگان	۴۵۴/۴	۴۶۱	۳۵۵/۴	۳۶۰/۷	۶/۶	۱/۴۵	۵/۳
کوشک آباد	۲۲۰	۲۳۱/۶	۴۴۵/۳	۴۵۲/۱	۱۱/۶	۵/۲۷	۶/۸



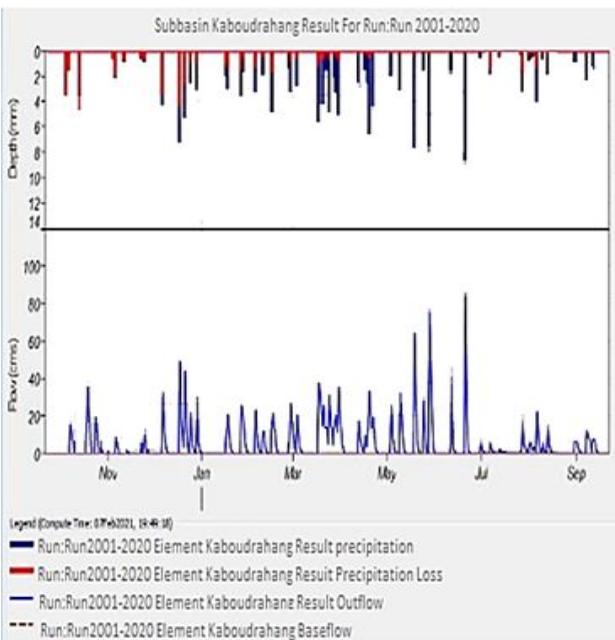
شکل (۵): نتیجه مدل برای زیرحوضه یلفان



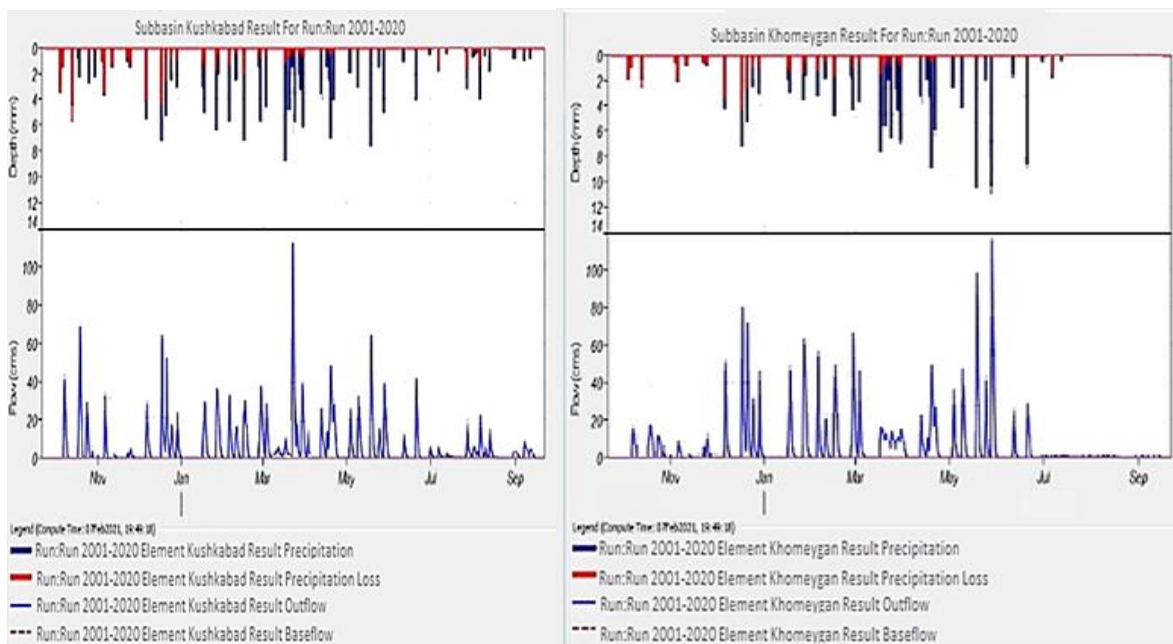
شکل (۴): نتیجه مدل برای زیرحوضه همدان- بهار



شکل (۷): نتیجه مدل برای زیرحوضه کبودراهنگ



شکل (۶): نتیجه مدل برای زیرحوضه رزن- قهاوند



شکل (۸): نتیجه مدل برای زیرحوضه کوشک آباد

شکل (۹): نتیجه مدل برای زیرحوضه خمیگان

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مربوط به تغییرات کاربری اراضی از سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹ نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات در کاربری اراضی شامل تغییرات مربوط به اراضی فاقد پوشش گیاهی با ۲۵۵۰ کیلومتر مربع و مخلوط زراعت آبی و دیم با ۱۲۹۸/۵ کیلومتر مربع می‌باشد، که این تغییرات در اراضی فاقد پوشش گیاهی، کاهش یافته و در اراضی مربوط به مخلوط زراعت آبی و دیم افزایش یافته است. همچنین کمترین تغییرات مربوط به مرتع با تاج پوشش فقیر می‌باشد که حداقل تغییرات را با ۱۶/۶ کیلومتر مربع داشته است.

در شبیه‌سازی حوضه آبریز قره‌چای در مدل HEC-HMS واسنجی حوضه در شش زیرحوضه براساس اوج رواناب، ارتفاع رواناب و حجم رواناب مورد بررسی قرار گرفت که نتایج محاسبه شده با نتایج مشاهده شده به طور میانگین در عنصر ارتفاع رواناب ۹۴/۴۰ درصد و در عنصر اوج رواناب با ۹۵/۱۲ درصد و در عنصر حجم رواناب با ۹۷/۵ درصد مطابقت اجرای صحیح مدل بر روی حوضه را نشان می‌دهد که در بردارنده این نتایج است.

شماره منحنی (CN) در بازه ۲۰ ساله در زیرحوضه یلفان از ۷۳ به ۸۴ در زیرحوضه همدان - بهار ۷۶ به ۸۹ در زیرحوضه کبودرآهنگ از ۷۸ به ۹۰ در زیرحوضه رزن - قهاوند از ۷۵ به ۹۱ در زیرحوضه خمیگان از ۶۹ به ۷۶ و در زیرحوضه کوشک آباد از ۷۷ به ۸۵ افزایش یافته که نشان دهنده تغییرات کاربری اراضی در جهت کاهش نفوذپذیری خاک بوده است. بنابراین با استفاده از بارش سالانه ۲۰۲۰ در کاربری اراضی ۲۰۰۱ با شماره منحنی و زمان تأخیر در رواناب ۲۰۰۱ در مدل مشخص گردید که اوج رواناب در زیرحوضه یلفان از ۲۶۶ به ۲۷۵/۵ متر مکعب در ثانیه، در زیرحوضه همدان - بهار ۳۶۱/۱ به ۳۶۸/۴ متر مکعب بر ثانیه، در زیرحوضه کبودرآهنگ از ۱۴۲ به ۱۵۱/۱ متر مکعب بر ثانیه، در زیرحوضه رزن - قهاوند از ۲۵۳/۴ به ۲۶۵/۸ متر مکعب بر ثانیه، در زیرحوضه خمیگان از ۴۵۴/۴ به ۴۶۱ متر مکعب بر ثانیه و در زیرحوضه کوشک آباد از ۲۲۰ به ۲۳۱۴/۶ متر مکعب بر ثانیه افزایش یافته است. میزان حجم رواناب در حوضه‌ها در سال ۲۰۰۱ در زیرحوضه یلفان از ۲۸۰ به ۲۸۷/۸ در زیرحوضه همدان - بهار از ۴۳۷/۲ به ۴۴۵/۶، در زیرحوضه کبودرآهنگ از ۳۲۵/۴ به ۳۳۹/۹، در زیرحوضه رزن - قهاوند از ۹۷۷/۱ به ۹۸۹/۵، در زیرحوضه خمیگان از ۳۵۵/۴ به ۳۶۰/۷ و در نهایت در زیرحوضه کوشک آباد حجم رواناب از ۴۴۵/۳ به ۴۵۲/۱ افزایش یافته است.

منابع:

- ابراهیمی، ح، رسولی، ع، احمدپور، ا، ۱۳۹۷، مدل‌سازی تغییرات دینامیک کاربری اراضی با استفاده از پردازش شیء گرا تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره مارکوف مطالعه موردی: شهر شیراز، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره بیست و هفتم، شماره ۱۰۸، صص ۱۳۷-۱۴۹.
- اصغری سراسکانرود، ص، آقایی، ل، پیروزی، ا، ۱۳۹۶ بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر فرسایش با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: شهرستان نیر)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شماره ۴، صص ۴۹-۶۳.
- بلواسی، ا، اصغری سراسکانرود، ص، اسفندیاری درآباد، ف، زینالی، ب، ۱۳۹۹، نقش تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های رواناب و سیل‌خیزی در حوضه آبریز دوآب، اکوهیدرولوژی، دوره ۷، شماره ۲.
- پردل، ف، ابراهیمی، ع، عزیزی، ز، ۱۳۹۴، مروری بر روشهای تصحیح در تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه، نخستین همایش بین‌المللی جامع محیط زیست، <https://civilica.com/doc/478648>.
- ثقفیان، ب. حسونند، ع، م. خسروشاهی، م.، ۱۳۷۹، روشهای تصحیح مدل ارتفاعی برای کاربرد در مدل‌های هیدرولوژی، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک، ۷۹ سازمان نقشه رقومی. برداری کشور، صفحه ۳۶۳ تا ۳۷۳.
- سلمانی، ح، محسنی ساروی، م، روحانی، ح، سلاجقه، ع، ۱۳۹۱، ارزیابی تغییر کاربری و تأثیر آن روی رژیم هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز قزاقلی استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، سال سوم، شماره ۶.
- سلیمان زاده، م، محسنی، م، بختیاری، س، ۱۳۹۹، شبیه‌سازی رواناب و تأثیر تغییر کاربری اراضی بر آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز هلیل رود)، نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری، سال ۸، شماره ۲۸.
- شایان، س، یمانی، مجتبی، یادگاری، م، ۱۳۹۵، پهنه بندی فرونشست زمین در حوضه آبخیز قره‌چای همدان، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۹، صص ۱۳۹-۱۵۸.
- صادقی، ح، ر، ۱۳۷۴، بررسی علل موثر در سیلاب و ارزیابی عوامل قابل کنترل، جنگل و مرتع، شماره ۲۶، صفحه ۱۲ تا ۱۹.
- فیضی زاده، ب، پیرنظر، م، زندکرمی، آ، عابدی قشلاقی، ح، ۱۳۹۳، ارزیابی کاربرد الگوریتم‌های فازی در افزایش دقت نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده با روش‌های پردازش شیء گرا، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره بیست و چهارم، شماره ۹۴، صص ۱۰۷-۱۱۳.
- نشاط، ع. صدقی، ه، میرابوالقاسمی، ح، ۱۳۸۵، برآورد میزان رواناب با استفاده از روش سازمان در حوضه آبریز تخت ملک - استان خوزستان، مجله علمی HEC-HMS و مدل (SCS) حفاظت خاک پژوهشی علوم کشاورزی، شماره ۴، صفحه ۷۸۷-۷۹۷.
- یمانی، م، مهرجوئزاد، ا، ۱۳۹۶، اثرات تغییر کاربری اراضی بر بیلان هیدرولوژیکی حوضه کردن با استفاده از مدل HEC-HMS، مجله جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۴، صص ۱۶-۱.
- Baillie. B.R., Davies. T. R., (2002). Effects of land use on the channel morphology of streams in the Moutere Gravels, Nelson, New Zealand, Journal of Hydrology (New Zealand), Vol. 41, No. 1, pp. 19-45.
- Coniti, M., (2009), "More than just the Kappa coefficient: A program to fully characterize inter-rater reliability between two raters", SAS Global Forum, 242 (1): 1-7.
- Chen, Y., Xu, Y. & Yi, Y., (2009) Impacts of land use scenarios on storm run off generation in Xitiaoxi basin China, Journal of Hydrology. 289(4):1-8.
- Chen, Y., Yonpeng, X. and Yixing, Y. (2009). Impacts of land using change scenarios on storm-runoff generation in Xitiaoxi basin, china. Journal Quaternary international Vol 208. 121-128 pp.
- D. Halwatura, M.M.M. Najim, (2013) Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment, Environmental Modelling & Software 46.
- Fox, D. M., E. W., Violaine, B., Cécile, S., Marc, P. N., Alain, D., (2012). A case study of land cover change (1950-2003) and runoff in a Mediterranean catchment, Applied Geography, 32, 810-821.

- Fohrer, N., N. Steiner. and D. Moller. (2002). Multidisciplinary Trade-off Function for Land Use Option in Low Mountain Ranges Area: A Modelling Approach, Third International Conference on Water Resources and Environmen Research, Dresden University of Technology, 387-391 pp.
- Hamdan. A.N., Almuktar. S., Scholz. M., (2021), Rainfall-Runoff Modeling Using the HEC-HMS Model for the Al-Adhaim River Catchment, Northern Iraq, Hidrology, V8, N58, pp1-17.
- Hejazi, M. I. and Markus, M. (2009). Impacts of urbanization and climate variability on floods in Northeastern Illinois. Journal of Hydrologic engineering, Vol.14(6): 606-616pp.
- Kotoky P., Dutta M.K., Borah G.C . (2012). Changes in landuse and landcover along the Dhansiri River channel, Assam—A remote sensing and GIS approach. Journal of the Geological Society of India. 79 (1): 61-68.
- Lliev, R., Bournaski, E., Kirilov, L. and Terziev, I. (2007). Computer Modeling of Watershed Runoff With Data for the Mester River, International Conference on Computer System and Technology-CompSysTech,07. Chater IIIB. 19 1-10pp.
- Muhammad, A., Aslam, Sh. J. Kh., Zahiruddin Khan, I., (2011). Simulation of the impacts of land- use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan, Landscape and Urban Planning, 102, 271-279.
- Santos, J. Y. G., Silva, R. M., Carvalho Neto, J. G., Montenegro, S. M. G. L., Santos, C. A. G. and. Silva, A. M. (2015). Land cover and climate change effects on streamflow and sediment yield: a case study of Tapacurá River basin, Brazil. International Association of Hydrological Sciences. 6p.
- Schumann, A. H., R. Funke and G. A. Schultz. (2000). Application of Geographic Information System for Conceptual Rainfall-Runoff Modeling, Journal of Hydrology, Vol.240, 45-61pp
- Vaze, J., D.A. Post, F.H.S. Chiew, J.M. Perraud , N.R. Viney and J. Teng. (2010).Climate non-stationarity- validity of calibrated rainfall runoff models for use in climate change studies. Hydrology, 394: 447-457
- Yener, M and Sorman, A. (2006). Modeling Studies with HEC-HMS and Runoff Scnarios in YUVACIK BASIN, TUKIYE. International Congress on River Basin Management, 621- 635pp.

نحوه ارجاع به مقاله:

اصغری سراسکانرود، صیاد؛ سعیدی، علیرضا (۱۴۰۲)، بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب حوضه رودخانهی قره چای با استفاده از مدل‌های HEC - HMS، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۲ (۴۵)، ۱۳۴-۱۴۸،
Dor: 20.1001.1.20087845.1402.12.45.8.0

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

