Research Paper

Changes in Flood Hydrograph Components Due to Long-term Land Use Changes in Ardabil Nenakaran Watershed

Fariba Esfandyari Darabad[1], Zeinab Pourganji[2*], Raoof Mostafazadeh[3] Maryam Aghaie[4],

[1] Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, , University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2] M.Sc Student of Geomorphology-Environmental Management, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[3] Associate Professor, Department of Natural Resources and Member of Water Management Research Center, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[4] M.Sc. Remote Sensing and GIS, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

10.22125/IWE.2023.173366.

Received:
December 31, 2021
Accepted:
May 2, 2022
Available online:
June 25, 2023

Keywords:
Flood modeling, Flood event, Peak flow discharge, Land use change, Hydrological simulation

Abstract

Flood as a natural hazard affects by many dynamic factors, and its occurrence is strongly controlled by land use attributes. The type of land use and its dynamic changes is considered as the most important factor in runoff generation. Therefore, the purpose of this study is to assess the impacts of land use changes on flood hydrograph components in a partially forested watershed in Ardabil province. The rate and extent of land use change has been quantified during 1993, 2000, 2010, and 2020 years. In the present study, Landsat time series satellite images, ENVI 5.3 and Google Earth software were used to classification of the land use maps. The flood hydrographs of the study area were simulated using Wildcat 5 software under the design rainfall amount in the 25-year return period. The results land use changes assessment showed that the extent of forest lands has decreased by 20% and rangelands by 4%. Also, agricultural lands increased by 20% and the increase of barren and residential lands were 3% and 1%, respectively. According to the results, the most land use changes were in the western and southern parts of the basin having lower altitude and lower steepness. In addition, according to the results of flow simulation, the maximum peak flow was 34.46 cubic meters per second in 2010 compared to the base period. Overall, the results showed an increase in flood surface runoff and a decrease in the time to peak component of the hydrograph in the study period and range.

1. Introduction

Flood as a natural hazard affects by many dynamic factors, and its occurrence is strongly controlled by land use attributes. The type of land use and its dynamic changes is considered as the most important factor in runoff generation. Because access to accurate information for flood study is limited in upland watersheds, hydrological models have been used to estimate flood characteristics and predict runoff changes. Given that the effects of forest land use change on the hydrological response of watersheds, up-to-date statistics and information and knowledge of the trend of these changes in the future are important factors in watershed management.

2. Materials and Methods

Therefore, the purpose of this study is to assess the impacts of land use changes on flood hydrograph components in a partially forested watershed in Ardabil province. The rate and extent of land use change

* **Corresponding Author:** Raoof Mostafazadeh
Address: Department of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
Tel: 09144815743

has been quantified during 1993, 2000, 2010, and 2020 years. In the present study, Landsat time series satellite images, ENVI 5.3 and Google Earth software were used to classification of the land use maps. After making the necessary corrections on satellite images, the training samples were obtained to classify land use maps in ENVI 5.3 software and visual assessment using slope auxiliary map, digital model 12.5 meters of area. After land use classification, the accuracy of the classification was evaluated. For this purpose, training samples were taken from the land uses in the study area and the overall accuracy and kappa coefficients of the land use classifications were calculated. All categorized images had a high accuracy of 98%. After achieving the required accuracy in land use classification, the detection of land use changes over a period of 27 years was investigated. The flood hydrographs of the study area were simulated using Wildcat 5 software under the design rainfall amount in the 25-year return period.

3. Results

The support vector machine method had the highest accuracy in the classification of land use maps. The results land use changes assessment showed that the extent of forest lands has decreased by 20% and rangelands by 4%. Also, agricultural lands increased by 20% and the increase of barren and residential lands were 3% and 1%, respectively. According to the results, the most land use changes were in the western and southern parts of the watershed having lower altitude and lower steepness. In addition, according to the results of flow simulation, the maximum peak flow was 34.46 cubic meters per second in 2010 compared to the base period.

4. Discussion and Conclusion

As a conclusion, the results showed an increase in surface runoff and a decrease in the time to peak component of the design hydrograph in the study period. It should be noted that the appropriate precipitation and climatic condition of the study area has facilitated the conversion of land and the agriculture expansion. Increasing trend of natural land conversion, the severe floods in the downstream areas of the study area will be expected in near future. There is a need for more appropriate management and attention to natural resources conservation and restoration. Land use change and deforestation in the study area led to human and financial losses due to flood intensification and soil loss which need to be considered in the regional planning disaster management programs.

5. Six important references

1) Eisenbies, M.A., Aust, W.M., Burger, J.A., and Adams, M.B. 2007. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians-A review. Forest Ecology and Management, 242: 77-98.
2) Hawkins, R.H.; and Barreto-Munoz, A. 2016. Wildcat5 for Windows, a rainfall-runoff hydrograph model: user manual and documentation. Gen. Tech. Rep. RMRS-334. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 68 p.
3) Shi, P.J., Yuan, Y., Zheng, J., Wang, J.A., Ge, Y., and Qiu, G.Y. 2007. The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China. Catena, 69: 31-37.
4) Mostafazadeh, R., Mirzaie, Sh., Nadiri, P. (2017). Curve Number Determination using Rainfall and Runoff Data and its Variations with Rainfall Components in a Forested Watershed. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science, 21(4):15-28. (in Persian)
5) Ott', B., and Uhlenbrook, S. 2004. Quantifying the impact of land-use changes at the event and seasonal time scale using a process-oriented catchment model; Hydrology and Earth System Sciences, 8(1): 62-78.
6) Schultz, G. 1995. Changes on flood characterises due to land use chances in a river basin; U.S. Italy Research Workshop on the Hydrometeorology, Impacts, and Management of Extreme Floods Perugia (Italy).

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest regarding the current published article.

Acknowledgments

We are grateful to the University of Mohaghegh Ardabili that financially supports conducting the research.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و دو .تابستان ۱۴۰۲

تغییر مولفه‌های هیدروگراف سیلاب در اثر تغییرات بلندمدت کاربری اراضی در حوضه آبخیز ننه‌کران اردبیل

فریبا اسفندیاری درآبادی[۱]، زینب پورگنجی[۲]، رئوف مصطفی‌زاده[۳]، مریم آقائی[۴]

تاریخ ارسال:۱۴۰۰/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۲/۱۲

مقاله پژوهشی

چکیده

سیلاب یکی از مخاطرات طبیعی است که عوامل بسیاری در وقوع آن نقش دارند. نوع کاربری اراضی و تغییرات ناهمسوی آن با محیط یکی از مهم‌ترین این عوامل به شمار می‌رود. بنابراین هدف این پژوهش مطالعه تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر هیدروگراف سیلاب در حوضه ننه‌کران از منطقه جنگلی فندقلو در استان اردبیل است. در این راستا در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ تغییرات کاربری اراضی مورد ارزیابی قرار گرفت که جهت تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی لندست و نرم‌افزارهای ENVI و Google Earth استفاده شده است. سپس مقادیر بارش طرح در دوره بازگشت ۲۵ ساله با نرم‌افزار CumFreq محاسبه و هیدروگراف سیلاب با نرم‌افزار Wildcat شبیه‌سازی شد. نتایج حاصل از ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی مورد مطالعه نشان داد که وسعت اراضی جنگلی به میزان ۲۰ درصد و مراتع ۴ درصد کاهش یافته است. هم‌چنین، اراضی‌کشاورزی، به میزان ۲۰ درصد افزایش داشته و افزایش اراضی بایر و مسکونی به‌ترتیب برابر ۳ و ۱ درصد بوده است. بر اساس نتایج تحلیل نمودارهای تغییر کاربری اراضی، بیش‌ترین تغییرات کاربری‌های اراضی در بخش‌های غربی و جنوبی حوضه و در اراضی کم ارتفاع با شیب پایین بوده است. علاوه بر این براساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی جریان، بیش‌ترین دبی اوج مربوط به سال ۲۰۱۰ به‌میزان ۳۴/۴۶ مترمکعب در ثانیه نسبت به دوره مبنا در سال ۱۹۹۳ بوده است. در مجموع، نتایج حاکی از افزایش رواناب سطحی سیلاب و کاهش مولفه زمان تا اوج هیدروگراف سیلاب در بازه زمانی و محدوده مورد مطالعه بوده است.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی سیلاب، سیلاب ساعتی، دبی اوج سیلاب، تغییر کاربری اراضی، شبیه‌سازی هیدرولوژی

[۱]- استاد گروه ژئومورفولوژی و آمایش محیط، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۰۹۱۲۰۵۰۳۲۸۱، Fariba.darabad@gmail.com
[۲] کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی و آمایش محیط، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۰۹۲۱۰۱۳۳۱۵۲، z.pourganji7618@gmail.com
[۳]- دانشیار گروه منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۰۹۱۴۴۸۱۵۷۴۳، raoofmostafazadeh@uma.ac.ir (نویسنده مسئول)
[۴] کارشناسی ارشد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۰۹۱۴۹۵۲۲۴۱۷، maryamaghaei488@gmail.com

مقدمه

تأثیرات منفی تغییرکاربری اراضی بر هیدرولوژی مانند افزایش رسوب و رواناب به‌عنوان یک موضوع مهم در مقیاس جهانی محسوب می‌شود (Santillan et al. 2011). تغییرات در کاربری اراضی و نحوه بهره‌برداری از اراضی اثرات منفی طبیعی، اقتصادی، سیاسی، و فرهنگی-اجتماعی به‌همراه دارد. بخشی از این تغییرات به کاهش پوشش جنگلی، توسعه شهری، تغییر واکنش هیدرولوژیکی یک حوضه آبخیز، افزایش رواناب سطحی و سیلاب، تولید رسوب، کاهش قابلیت نفوذ و افزایش تبخیر و تعرق مربوط می‌شود که از موضوعات مهم مورد مطالعه هیدرولوژیست‌ها است. (Kimaro et al 2003). بنابراین، کسب اطلاعات دقیق از این تغییرات و تجزیه و تحلیل آن‌ها جهت تدوین اقدامات مدیریتی امری ضروری است (Santillan et al. 2011)، در همین راستا، تأثیرکاربری اراضی بر رواناب، در کانون پژوهش‌ها و مباحث مهم علمی در سراسر جهان قرار دارد. با توجه به اینکه در حوضه‌های آبخیز دسترسی به اطلاعات دقیق جهت مطالعه سیلاب محدود است، از مدل‌های هیدوروژیکی برای برآورد خصوصیات سیلاب و پیش‌بینی تغییرات رواناب استفاده شده است، که در مواردی نتایج رضایت‌بخش حاصل نشده است. (Eisenbies et al. 2007; Obiora-Okeke, 2019). علاوه بر این، تجزیه و تحلیل مولفه‌های هیدرولوژیکی آبخیز و بررسی اثرات تغییرکاربری اراضی جهت مدیریت مناسب منابع آب ضروری است. در این راستا، پیش‌بینی این اثرات یک چالش مهم پیش روی محققان و مدیران است و مدل‌های هیدرولوژیکی ریاضی (مدل‌های توزیعی و نیمه‌توزیعی) نقش کلیدی در این بررسی‌ها دارند (Konit et al. 2018). بررسی تغییرات رواناب در حوضه‌های آبخیز در مکان و زمان دشوار بوده و معمولاً با عدم‌قطعیت همراه است. از یک سو محققان بایستی مطالعات جامع‌تر و دقیق‌تری در زمینه پیش‌بینی تغییرات کاربری و تأثیرات آن بر بیلان آب حوضه آبریز انجام دهند و از سوی دیگر مدیران محلی و منطقه‌ای باید نظارت دقیق‌تری بر جلوگیری از تبدیل کاربری اراضی جهت کاهش وقوع سیل داشته باشند (Hyandye et al. 2018). در این راستا، مهم‌ترین محدودیت مدل‌سازی ریاضی فرآیندهای هیدرولوژیکی، در نظر گرفتن تغییرات مکانی، شرایط مرزی و خصوصیات فیزیکی آبخیز و دسترسی به داده‌ها است. لذا، این مشکل با استخراج اطلاعات مورد نظر از داده‌های سنجش از دور با قدرت تفکیک بالای زمانی و مکانی تا حدی برطرف شده است (Kratzert et al. 2018). علاوه بر این، دقت پیش‌بینی رواناب براساس تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی داده‌های گذشته تا حد زیادی بستگی به کیفیت داده‌های استفاده شده دارد (Santillan et al. 2011 و Mishra et al, 2018). با توجه به‌اینکه اثرات تغییر کاربری اراضی جنگلی بر واکنش هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز برگشت‌ناپذیر است، دسترسی به آمار و اطلاعات به‌روز و آگاهی از روند این تغییرات در آینده از عوامل مهم در مدیریت حوضه‌های آبخیز است. پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است، به‌عنوان مثال، Schultz (1995) در مرکز اروپا به بررسی تغییر در ویژگی‌های سیلاب در اثر تغییرات کاربری زمین و بستر رودخانه از طریق مدل‌سازی هیدرولوژیکی و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، مدل‌های رقومی زمینی و داده‌های سنجش از دور پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه ایشان نشان داد که تغییر کاربری زمین در تغییر توابع توزیع ظرفیت ذخیره آب در خاک نقش داشته است. علاوه براین ایشان بیان نمودند که با افزایش توسعه شهری و از بین رفتن جنگل‌ها، می‌توان اثبات کرد که تغییرات کاربری اراضی باعث افزایش چشم‌گیر مقادیر اوج و حجم سیلاب و تشدید سیل شده است. Kimaro et al. (2003) به ارزیابی تاثیر زمانی-مکانی تغییرات کاربری اراضی بر دبی سیلاب با استفاده از مدل توزیعی بارش-رواناب در رودخانه Yasu، ژاپن پرداختند. ایشان در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که تغییرکاربری اراضی بر اوج‌های سیلاب تاثیرگذار بوده است. Ott and Uhlenbrook (2004) به ارزیابی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در مقیاس زمانی فصلی با استفاده

از مدل مبتنی بر فرایندگرا TACD[1] در حوضه آبریز Dreisam در کشور آلمان پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش ایشان نشان داد تاثیر تغییرکاربری اراضی بر دبی کل حوضه به‌ویژه در اثر توسعه شهری در مقیاس زمانی فصلی و رویداد جزئی نیست و افزایش شدید در رواناب شهری را به دنبال خواهد داشت و به‌طور کلی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رژیم‌های هیدرولوژیکی قابل تعمیم نیست.

Shi et al. (2007) به شبیه‌سازی تأثیر تغییرکاربری و پوشش سطح زمین بر رواناب سطحی با استفاده از مدل SCS و تحلیل تصاویرلندست در منطقه Shenzhen چین پرداختند ایشان به این نتیجه رسیدند که توسعه شهری منجر به رواناب بیش‌تر، دبی سیلابی بالاتر و کاهش زمان جریان رواناب و افزایش خطر سیل‌خیزی شده است. Eisenbies et al. (2007) به ارزیابی تأثیر عملیات بهره‌برداری از جنگل، بر رخداد سیل در حوضه Appalachians با استفاده از داده‌های پوشش‌گیاهی، خاک و کاربری اراضی پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه ایشان نشان داد که حجم سیلاب در اثر بارش‌های شدید با تخلیه بسیار سریع سیلاب مواجه است.

Santillan et al. (2011) به بررسی تلفیقی استفاده از تصاویر لندست و مدل‌سازی هیدرولوژیکی برای شناسایی تاثیرات تغییر ۲۵ ساله پوشش اراضی بر رواناب سطحی در آبخیز Taguibo در شمال شرقی Mindanao کشور چین پرداختند. نتایج ایشان نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین کاهش پوشش گیاهی جنگلی و تبدیل آن‌ها به کاربری مرتع و بایر با افزایش میزان رواناب برقرار است. هم‌چنین، ایشان تاکید کردند که تصاویر چند زمانه لندست در تشخیص تغییر کاربری اراضی و شناسایی مناطق برای مدیریت حوضه‌های آبخیز از طریق مدل‌سازی هیدرولوژیکی مفید است. Sanyal et al. (2014) به تجزیه و تحلیل تأثیر تغییرات کاربری/پوشش اراضی در حوضه آبریز Konar در شرق هند روی سیل پایین‌دست حوضه با مدل NRCS-CN و محاسبه حجم سیلاب ساعتی پرداختند. بر اساس یافته‌های ایشان، متغیر زمان همگرایی جریان بین دامنه‌ها و رودخانه‌ها در حوضه‌های پایین‌دست ناشی از تغییرات کاربری/پوشش اراضی، عامل اصلی انحراف مکرر جریان از یک روند کلی است. این پژوهشگران استدلال کرده‌اند که تعامل پیچیده بین تغییرکاربری/پوشش اراضی در حوضه‌های فرعی، به ویژه در حوضه‌های بزرگ با کاربری/پوشش اراضی ناهمگن، به احتمال زیاد به عواملی هم‌چون انواع خاک و ماهیت و مدت زمان وقوع بارش بستگی دارد.

Yu et al. (2015)به شبیه‌سازی تغییرات رواناب ناشی از تبدیل اراضی به جنگل‌ها، با روش GSH[2] در منطقه رودخانه Yangtzeدر کشور چین پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه ایشان نشان داد که میزان جنگل‌زدایی و تشدید رواناب به عوامل محلی بستگی دارد. Hawkins et al. (2016) به مدل‌سازی بارش-رواناب در Arizona آمریکا با مدل Wildcat5 پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل این محققان نشان داد که مدل مذکور با توجه به شرایط خاک و پوشش زمین در حوضه‌های کوچک نتایج قابل قبول‌تری ارائه می‌دهد. تکنیک‌های برآورد دبی اوج جریان برای پروژه‌هایی از قبیل کنترل خندق، جاده‌های جنگلی، تحلیل اثرات محیط زیستی و پاسخ هیدرولوژیکی پس از آتش‌سوزی مناسب است.

مطالعه Brebante et al. (2017) در خصوص تحلیل اثرات تغییرات کاربری زمین روی ویژگی‌های سیلاب با مدل LISEM3 و داده‌های لندست تی ام (Landsat TM) در منطقه Philippine نشان داد که تغییرکاربری و پوشش اراضی و افزایش شدت بارش می‌تواند تشدید سیل را به دنبال داشته باشد.

تأثیر تغییر پوشش سطح زمین بر پویایی رواناب در فاصله سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ با استفاده از مدل HEC-HMS4 و داده‌های سنجش از دور بر حوضه رودخانه Godavari توسط Konitz et al. (2018) ارزیابی شد. ایشان افزایش در مساحت مناطق شهری، اراضی زراعی، مزارع، چمنزارها، زمین‌های بایر حوضه Godavari را گزارش نمودند. دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی در مطالعه

[1]-Tracer aided catchment model distributed
[2]-Guansihe Hydrological Model
[3]- Limburg Soil Erosion Model
[4] - Hydrologic Engineering Center

این محققان براساس صحت کلی و ضریب کلی به‌ترتیب برابر با ۹۲٪ و ۰/۹ بود. Obiora-Okeke (2019) به مطالعه تغییرکاربری اراضی و تأثیر پوشش اراضی بر خصوصیات رواناب یک رودخانه در حوضه رودخانه Ala با استفاده از مدل HEC-HMS، ArcGIS و تصاویرماهواره‌ای لندست (Landsat) پرداختند. ایشان تأثیر تغییر کاربری اراضی در سال ۲۰۴۲ را با مدل مارکوف پیش‌بینی و دبی اوج جریان و حجم رواناب آن را با مدل هیدرولوژیکی شبیه‌سازی نمودند.

Sonu T.S و همکاران (۲۰۲۲) به مطالعه تأثیر تغییرات پوشش کاربری اراضی بالادست یک منطقه بر سیل پایین دست حوزه رودخانه Meenachil, Kuttanad و Kerala درکشور [۱]هند پرداخته‌اند. مدل‌سازی هیدرولوژیکی با استفاده از SWAT و HEC-RAS **نشان** داد که افزایش زمین‌های بایر و کاهش پوشش گیاهی میزان رواناب سطحی را افزایش می‌دهد که با جنگل‌کاری در ارتفاعات و احیای دشت‌های سیلابی شدت سیل را کاهش می‌دهد.

تعیین کمیت تأثیر تغییرات کاربری اراضی جنگلی بر جریان آب مبتنی بر **مدل** SWAT در سواحل جنوب‌شرقی چین پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که جریان آب تنظیم شده توسط جنگل در دوره بارش شدید مثبت و در دوره بسیار خشک منفی بود. جریان آب تنظیم شده توسط جنگل به طور قابل توجهی با مقیاس های زمانی مختلف متفاوت بود و طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۶، مساحت جنگل در رودخانه حوضه از ۳۰۹۴.۸۴ کیلومتر مربع به ۲۸۰۵.۸۱ کیلومتر مربع کاهش یافت که منجر به کاهش ۴۴.۹۹-۸۳.۵۱ میلی‌متر در سال، ۰.۵۴-۶.۳۶ میلی‌متر در ماهانه و ۰.۳-۰.۳ میلی‌متر جریان آب روزانه تنظیم شده توسط جنگل، شد. هم‌چنین روش پیشنهادی برای تجزیه و تحلیل مقیاس چند زمانه جریان آب تنظیم‌شده انواع کاربری‌های مختلف که توزیع فضایی آن‌ها در یک حوزه آبخیز ناپیوسته، مناسب است. علمداری و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی اثرات مشترک تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر رواناب و ایجاد رسوب در یک حوزه آبخیز درحال گسترش در شمال Virginia با مدل SWMM پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که رواناب بیش‌تر تحت‌تأثیر تغییرات کاربری اراضی در آینده قرار می‌گیرد تا تغییرات پیش‌بینی‌شده در آب و هوا و تأثیر ترکیبی تغییراقلیم و کاربری اراضی احتمالاً باعث افزایش رواناب و بارگیری مواد مغذی و رسوب می‌شود. در مجموع بر اساس سوابق تحقیق، مدل‌سازی سیلاب در مقیاس ساعتی از مواردی است که نیازمند مطالعه و تحقیق بیش‌تری است. علاوه بر این، ارزیابی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر مولفه‌های هیدروگراف سیل می‌تواند اطلاعات مناسبی از واکنش هیدرولوژی در اثر تغییر کاربری اراضی ارائه نماید. اراضی و عرصه‌های جنگلی حوزه فندقلو شهرستان نمین در سال‌های اخیر، دچار تحولات زیادی از جمله گسترش فیزیکی مناطق مسکونی، تبدیل اراضی‌جنگلی به مزارع و کاربری‌های مسکونی شده است. برای انجام این تحقیق حوزه فندقلو در استان اردبیل به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شده است که با توجه به شرایط مساعد و پوشش جنگلی در معرض تخریب جدی و تغییر کاربری اراضی قرار گرفته است و پیش‌بینی‌ها حاکی از تداوم روند تغییرات کاربری اراضی است. لذا، هدف تحقیق حاضر، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در حوزه ننه‌کران در بازه زمانی ۲۷ ساله و پیش‌بینی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های هیدروگراف ساعتی سیلاب در حوزه آبخیز ننه‌کران در استان اردبیل است.

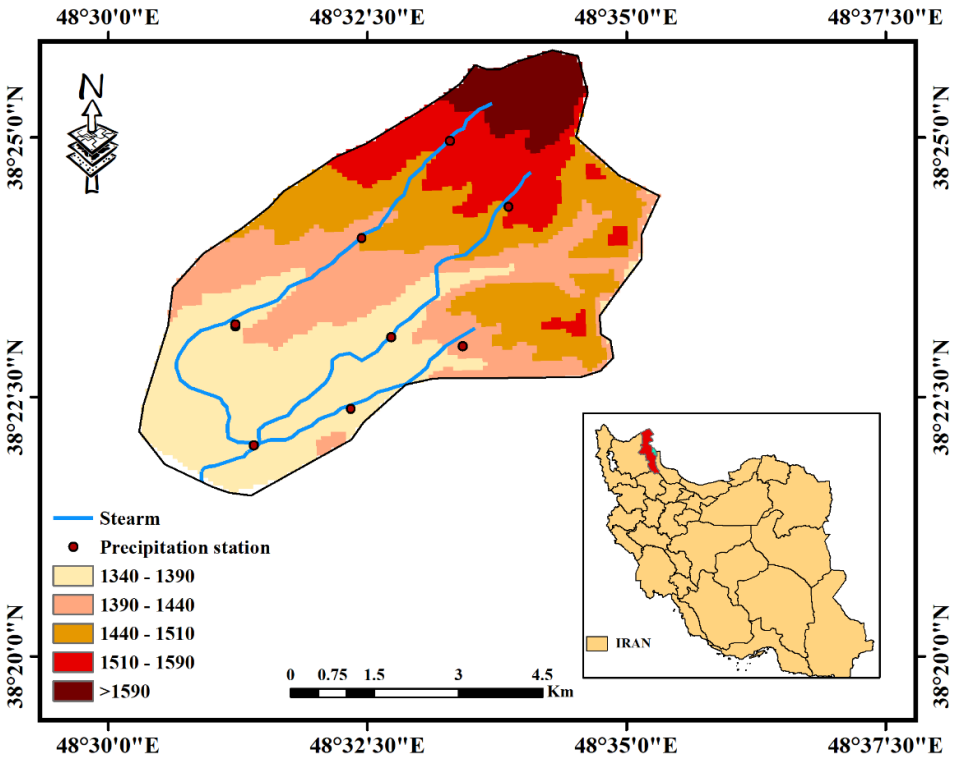
مواد و روش پژوهش

معرفی محدوده مورد مطالعه

روستای ننه‌کران در دهستان ویلکیج شمالی در بخش مرکزی شهرستان نمین، استان اردبیل واقع شده است. محدوده بالادست ننه‌کران از شمال به مراتع، جنگل فندقلو

۱

و حیران، از سمت جنوب به روستای پته‌خور منتهی می‌شود. قسمت شرقی به جنگل فندقلو و از غرب به روستای دگرماندرق مشرف است. حوضه ننه‌کران در مختصات مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). این حوزه دارای کاربری‌های مرتع، جنگل، کشاورزی، بایر و مسکونی است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۴). بارش سالانه در این حوزه بین ۳۱۲/۵ تا ۵۰۹ میلی‌متر در نوسان است. این حوزه شدیداً تحت تأثیر اقلیم خزری قراردارد و نفوذ جریانات خزری باعث مه و بارندگی می‌شود، هم‌چنین اقلیم حوزه نیمه‌مرطوب و سرد است (رستمی‌کیا و همکاران،۱۳۹۶) جنگل‌های این حوزه از نظر موقعیت مکانی، شرایط اقلیمی و رویشگاهی، یک جنگل گذر (اکوتون) از جنگل‌های هیرکانی به جنگل‌های ارسباران محسوب می‌شود، به‌همین دلیل از نظر تنوع تشکیل و ترکیب پوشش‌گیاهی بسیار غنی است. در این رویشگاه، فندق با گونه‌هایی از قبیل اوری، ازگیل، آلوچه، سیب وحشی، راش، ممرز و بلندماز رویش دارند اما مهم‌ترین گونه این جنگل را فندق تشکیل می‌دهد (رستمی‌کیا وشریفی، ۱۳۹۷). در سال‌های اخیر تبدیل کاربری جنگلی و مرتعی به زراعت، چرای دام، آتش‌سوزی عمدی و قطع درختان (برای زغال‌گیری و استفاده هیزمی) از عامل‌های تأثیرگذار در تخریب و از بین رفتن این منابع با ارزش بوده است (رستمی‌کیا وشریفی، ۱۳۹۷). نتایج پژوهش‌ها نشان‌دهنده این می‌باشد که تغییرکاربری اراضی جنگلی به مرتعی و زراعی در منطقه فندقلوی اردبیل باعث افت کیفیت فیزیکی و بیولوژیکی خاک، ایجاد سیلاب و مشکلات عدیده‌ای شده است.

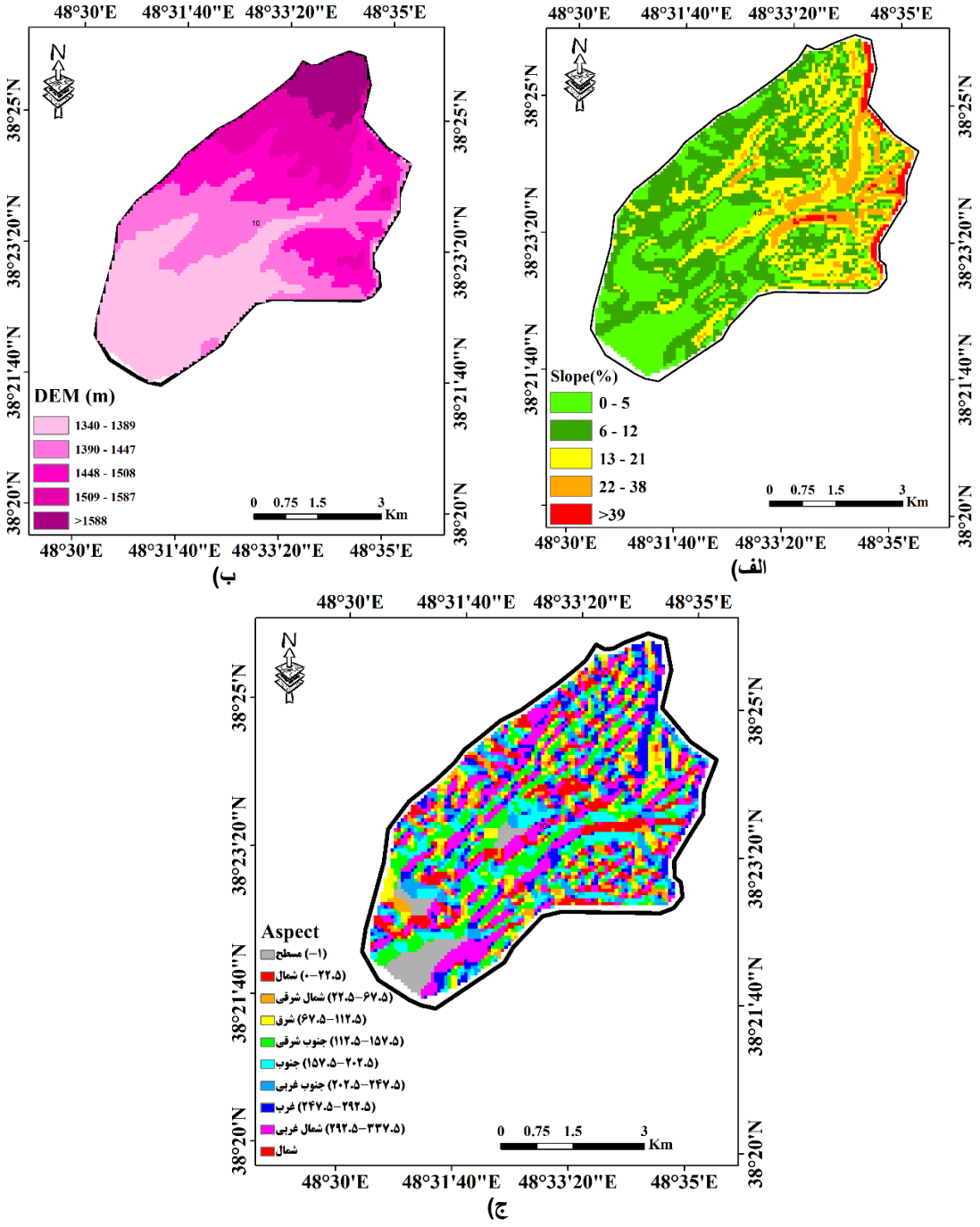


شکل(۱): موقعیت جغرافیایی حوزه ننه‌کران در ایران و استان اردبیل

مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تعیین کاربری اراضی حوزه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. در شکل ۲، نقشه شیب، جهت شیب و مدل رقومی ارتفاعی حوزه نشان داده شده است

جدول(۱): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش

Date acquired	Source	Sensor	Satellite
26 June 1993	USGS	TM	Landsat 5
05 June 2000	USGS	ETM+	Landsat 7
27 July 2010	USGS	TM	Landsat 5
06 July 2020	USGS	OLI	Landsat 8



شکل (۲):الف) نقشه شیب ب) مدل رقومی ارتفاعی و ج) جهت جغرافیایی حوزه ننه‌کران

روش تحقیق

در این مطالعه به‌منظور بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در حوضه ننه‌کران منطقه فندقلو اردبیل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و۸ سنجنده‌های +ETM، OLI و TM مربوط به سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ از سایت زمین‌شناسی آمریکا دانلود شد. برای پیش‌پردازش و طبقه‌بندی تصاویر حوزه از نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شد. هم‌چنین برای افزایش دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی و نیز تهیه نمونه‌های تعلیمی از تصاویر Google Earth استفاده شده است و در ادامه از نرم‌افزار ArcGIS برای نمایش نقشه کاربری اراضی بهره گرفته شده است.

پیش‌پردازش تصاویر

قبل از استخراج نقشه کاربری اراضی و طبقه‌بندی، تصاویر باید پیش‌پردازش شوند. با توجه به‌اینکه تصاویر ماهواره‌ای لندست به صورت تصحیح هندسی شده در اختیار کاربران قرار می‌گیرد، چند نقطه کنترل از ۴ تصویر انتخاب شد و دقت آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که دقت در حد قابل قبول بود. به این منظور، در نرم‌افزار ENVI 5.3 **باندهای** سبز، آبی و قرمز ترکیب شدند و سپس به‌دلیل وجود خطاها، اثرات پخش و جذب اتمسفر در سطح تصویر تصحیحات رادیومتریکی، هندسی و اتمسفری بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶). خروجی تصحیح رادیومتریک، تصویر رادیانس است که با دستور Radiometric Calibration صورت گرفت سپس تصحیح اتمسفری به روش FLAASH بر روی تصاویر انجام شد (رایگانی، ۱۳۹۸؛ خاوریان و همکاران، ۱۳۹۹). روش FLAASH از مهم‌ترین و اولین ابزارهای تصحیح اتمسفری تصاویر ماهواره‌ای است (آقایی و همکاران، ۱۳۹۹)، که طول موج‌هایی از محدوده مرئی تا ۳ میکرومتر را در برمی‌گیرد تا تصاویر آماده طبقه‌بندی شود. (Siregar et al. 2018، آقایی و همکاران، ۱۳۹۹) پس از انجام تصحیحات لازم، مرز حوزه را با تصاویر FLAASH برش زده و اقدام به تهیه نمونه آموزشی جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی در محیط ENVI 5.3 از کلاس‌های کاربری اراضی با کمک شناخت بصری از حوزه ، گوگل‌ارث، نقشه کمکی شیب، مدل رقومی ۱۲/۵ متر حوزه ، نقشه‌های طبقه‌بندی موجود و تصاویر ماهواره‌ای شد (Talebi khiavi and Mostafazadeh, 2021). نمونه‌های تعلیمی از کاربری‌های اراضی کاربری جنگل، کاربری زمین‌های بایر، کاربری کشاورزی (آبی)، کاربری مرتع، کاربری مسکونی صورت گرفت. سپس طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر انجام شد.

پردازش و طبقه‌بندی تصاویر

برای طبقه‌بندی کاربری اراضی از دستور حداقل فاصله از میانگین و ماشین بردار پشتیبان استفاده شده که یک طبقه‌بندی باینری است (خاوریان و همکاران، ۱۳۹۹). از بین روش‌های مورد استفاده، روش ماشین بردار پشتیبان بیش‌ترین میزان دقت را داشت و هم‌چنین برای افزایش دقت طبقه‌بندی از نقشه شیب حوزه که با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعی که توسط سامانه تصویر تهیه شده بود استفاده شد. قابل ذکر است که نقشه شیب با نوارهای چندطیفی برای طبقه‌بندی کاربری‌های زمین به‌صورت (Layer stack) انجام شد (آقایی و همکاران، ۱۳۹۹) ترکیب باندهای حرارتی و مولتی به باندهای دیگر تصاویر انجام و در ادامه از تمام این باندها یک خروجی جامع تهیه شد و با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان به‌دلیل دارا بودن دقت بالا طبقه‌بندی صروت گرفت.

پس‌پردازش و صحت‌سنجی تصاویر طبقه‌بندی شده

بعد از طبقه‌بندی کاربری اراضی، صحت طبقه‌بندی مورد ارزیابی قرار گرفت، برای این کار نمونه‌های آزمایشی از کاربری‌های اراضی موجود در محدوده مورد مطالعه برداشت شد و صحت کلی و ضرایب کاپای طبقه‌بندی‌های کاربری اراضی محاسبه شد. تمامی تصاویر طبقه‌بندی شده دارای دقت بالا یه میزان ۹۸ درصد بودند. بعد از دست‌یابی به دقت مورد نیاز در طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۷ ساله مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر و نقشه‌های تغییرات کاربری برای هر ۴ سال را به محیط ArcGIS انتقال داده و در آنجا به محاسبه میزان مساحت هر کاربری درهر سال

پرداخته شده است. با توجه به هدف تحقیق و بررسی تاثیرات تغییرات کاربری اراضی بر واکنش هیدرولوژیکی حوضه آبخیز، از مدل هیدرولوژیکی Wildcat برای پیش‌بینی تاثیرات تغییرات کاربری اراضی بر هیدروگراف واحد سیلاب استفاده شد. در این تحقیق تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر مولفه‌های هیدروگراف سیل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Hawkins et al. 2016).

مدل‌سازی هیدروگراف سیلاب

مدل Wildcat بر مبنای مدل SCS است که شبیه‌سازی بارش-رواناب را در مقیاس رگبار انجام می‌دهد. ورودی‌های مورد نیاز مدل شامل موارد زیر است:

۱- مشخصات بارش برای هر سال با دوره بازگشت‌های مختلف (متوسط میزان بارندگی و توزیع بارش)

۲- پارامترهای مربوط به خاک و پوشش سطحی انواع کاربری‌های حوضه برای محاسبه بارش مازاد (رولناب حوضه). معمولاً برای این محاسبه شماره منحنی (CN)[1] با توجه به نوع پوشش هر کاربری اراضی و نیز گروه هیدرولوژی خاک تخصیص می‌یابد.

۳- پارامترهای زمان‌بندی برای تعریف زمان عبور جریان از بالادست به محل خروجی آبخیز

۴- روش تبدیل بارش مازاد به هیدروگراف واحد و انتخاب مقیاس برای تولید هیدروگراف رواناب

۵- مقدار طول رودخانه اصلی حوضه

۶-مقادیر متوسط شیب حوضه

۷- مقادیر مساحت هر کاربری در هر سال برای محاسبه شماره منحنی وزنی

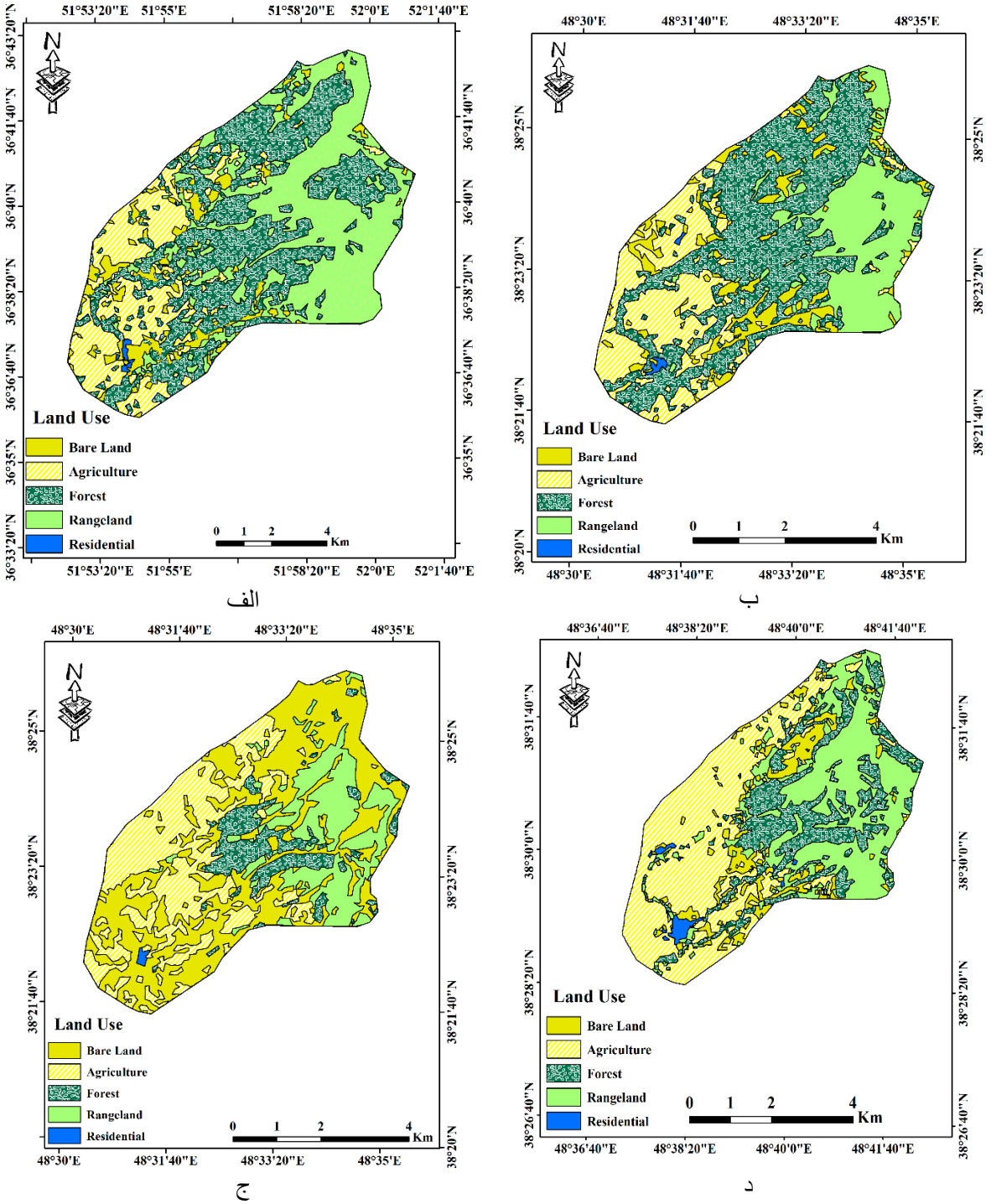
۸- مقدار زمان تمرکز هر حوضه

با توجه به ورودی‌های مورد نیاز، ابتدا مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته در طول دوره آماری موجود از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به حوزه (ایستگاه باران‌سنجی نمین) استخراج شد. به‌منظور برآورد میزان بارش در دوره بازگشت ۲۵ ساله از نرم‌افزار Cumfreq **بهره** گرفته شد. مقادیر زمان تمرکز به‌کمک محاسبه طول رودخانه اصلی حوضه و شیب متوسط حوضه به‌دست آمد. میزان مساحت هر کاربری اراضی در هر ۴ دوره مورد مطالعه به‌طور جداگانه در محیط ArcGIS محاسبه و وارد مدل شدند در بخش تعیین شماره‌منحنی، با توجه به نوع کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک مقادیر تعیین شدند. شماره منحنی‌های بیانگر پتانسیل رواناب حوزه است و مقادیر شماره منحنی از نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک استخراج شد (Wanielista, 1997. USDA, 1986، میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷). از روش شماره منحنی برای محاسبه بارش مازاد استفاده شد. برای تبدیل بارش به رواناب سطحی از روش هیدروگراف بی‌بعد SCS و در محاسبه زمان تمرکز به کمک معادله Kents **با** استفاده از مقادیر شیب متوسط حوضه و طول رودخانه اصلی، میزان زمان تمرکز حوضه محاسبه شد (خسروشاهی و ثقفیان، ۱۳۸۴؛ مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). در خصوص صحت‌سنجی مدل باید اشاره شود که مقادیر دبی اوج هیدروگراف‌های محاسباتی در دوره بازگشت‌های مختلف با مقادیر دبی‌های ثبت شده ایستگاه هیدومتری در خروجی حوضه تطابق داده شده است و از صحت مدل اطمینان حاصل شده است. مراحل مدل‌سازی جریان برای هر ۴ دوره بر اساس تغییر در مساحت کاربری‌های اراضی و شماره منحنی، و نیز مقادیر بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله اجرا شد و نتایج و خروجی‌ها به‌صورت جداول و نمودار ارائه شده است.

در ادامه، بر اساس نتایج مدل Wildcat، مقادیر مولفه‌های هیدروگراف شامل مقادیر بارش مازاد محاسبه شده و رواناب سطحی شبیه‌سازی شده به ازای مقادیر بارش ورودی به مدل در سال‌های مورد مطالعه به‌صورت نمودار ارائه شده است.

[1] Curve Number S 0.05

یافته‌ها و بحث



شکل (۳): تغییرات کاربری اراضی حوزه ننه‌کران طی دوره مورد مطالعه، a) سال ۱۹۹۳، b) سال ۲۰۰۰، c) سال ۲۰۱۰، و d) سال ۲۰۲۰

پس از انجام طبقه‌بندی تصاویر، محاسبه میزان صحت و ضریب کاپای تصویر انجام شده است. تمامی تصاویر دارای صحت قابل قبول و از ضریب کاپای ۹۸٪ برخوردارند که حاکی از دقت بسیار بالای روش مورد استفاده و دقت کاربر در نمونه گیری کلاس‌های مختلف کاربری اراضی دارد. با توجه به شکل (۲) با تهیه نقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی و

شیب و جهت شیب حوضه مشاهده می‌شود که بیش‌ترین میزان ارتفاع و شیب حوضه در بخش‌های شمال و شمال شرقی حوزه است. شیب متوسط حوزه ۱۱ درصد است مرتفع‌ترین نقطه در بخش شمالی حوزه با ارتفاع ۱۷۲۹ متر و پست‌ترین با ارتفاع ۱۳۴۰ متر در بخش جنوبی حوزه مورد مطالعه است که بیش‌ترین مساحت اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی هم در این بخش قرارگرفته است. پس از طبقه‌بندی کاربری اراضی در ۴ سال انتخابی و دوره ۲۰۲۰-۱۹۹۳ تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی، میزان تغییرات مساحت هر کاربری مشخص شد که نتایج در شکل ۳ ارائه شده است

نتایج حاکی از کاهش محدوده جنگلی و افزایش زمین‌های کشاورزی، بایر و مسکونی است که از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۰ با افزایش مساحت اراضی کشاورزی و بایر و کاهش اراضی جنگلی و مراتع همراه بوده و از سال ۲۰۱۰ به بعد کاهش بسیار شدید در مساحت اراضی جنگلی و مراتع اتفاق افتاده است. از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۰ میزان تغییرات در کاربری‌ها اندک است، اما از سال ۲۰۰۰ به ۲۰۱۰ میزان تغییرات کاربری‌ها شدت یافته است. از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ میزان کاربری مسکونی افزایش یافته و کاربری کشاورزی به حداکثر وسعت در سال ۲۰۲۰ رسیده است.

در جدول ۲، تغییرات کاربری حوزه فندقلو طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۳ نشان داده شده است و در جدول ۳، تغییرات در درصد کاربری‌های اراضی نسبت به دوره مبنا نشان داده شده است

جدول (۲): تغییرات کاربری حوزه فندقلو طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۳

سال	نوع کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	درصد کاربری اراضی
	اراضی بایر	۲۱۳	۶/۶۵
	کشاورزی	۵۹۹	۱۸/۷۱
۱۹۹۳	جنگل	۱۲۹۶	۴۰/۰۵
	مرتع	۱۰۸۲	۳۳/۰۸
	مسکونی	۹	۰/۲۸
	اراضی بایر	۳۱۶	۹/۸۷
	کشاورزی	۶۹۰	۲۱/۵۶
۲۰۰۰	جنگل	۱۴۷۶	۴۶/۱۲
	مرتع	۷۰۷	۲۲/۰۹
	مسکونی	۱۰	۰/۳۱
	اراضی بایر	۱۳۸۶	۴۳/۳۳
	کشاورزی	۹۳۰	۲۹/۰۶
۲۰۱۰	جنگل	۳۱۵	۹/۸۶
	مرتع	۵۶۲	۱۷/۵۶
	مسکونی	۷	۰/۲۲
	اراضی بایر	۲۹۲	۹/۱۲
	کشاورزی	۱۲۳۱	۳۸/۴۶
۲۰۲۰	جنگل	۶۸۸	۲۱/۰۵
	مرتع	۹۵۲	۲۹/۷۵
	مسکونی	۳۶	۱/۱۲

جدول (۳): تغییرات در درصد مساحت کاربری اراضی نسبت به دوره مبنا (سال ۱۹۹۳) در حوزه فندقلو

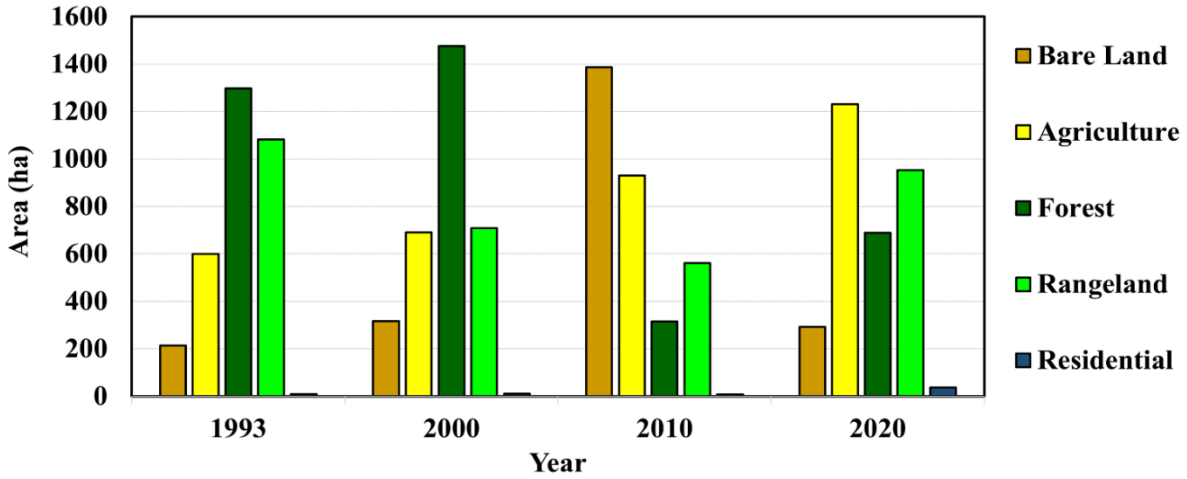
نوع کاربری اراضی	تغییر مساحت نسبت به سال ۱۹۹۳ (درصد)
اراضی بایر	+۲/۴۷
کشاورزی	+۱۹/۷۵
جنگل	-۱۹
مرتع	-۳/۳۳
مسکونی	+۰/۸۴

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، در سال ۱۹۹۳ میزان اراضی بایر ۲/۱۳ کیلومتر مربع بوده که ۶/۶۵ ٪ از مساحت حوزه ننه‌کران را شامل می‌شود و در سال ۲۰۱۰ میزان آن به ۴۳/۳۳ ٪ رسیده و افزایش بسیار قابل توجهی را داشته است. در سال ۲۰۲۰ میزان کاربری بایر ۹/۱۲ ٪ بوده که دچار کاهش مساحت شده است. در سال ۱۹۹۳ اراضی کشاورزی ۱۸/۷۱ ٪ از مساحت حوزه ننه‌کران را شامل شده که در سال ۲۰۱۰ با افزایش به میزان ۲۹/۰۶ ٪ رسیده است و در سال ۲۰۲۰ به میزان حداکثر خود یعنی ۳۸/۴۱ ٪ در طی بازه ۲۷ ساله رسیده است. اراضی جنگلی در ابتدای ۱۹۹۳ در حدود ۴۰/۵ ٪ از مساحت را شامل می‌شود اما در سال ۲۰۱۰ با کاهش به میزان ۹/۸۶ ٪ رسیده است که حاکی از کاهش وسعت اراضی با ارزش جنگلی حوزه ننه‌کران است و در سال ۲۰۲۰ به میزان ۲۱/۵ ٪ رسیده است.

در خصوص افزایش وسعت مناطق جنگلی در سال ۲۰۲۰، این افزایش در مساحت جنگل را می‌توان به احیای جنگل از طریق عملیات جنگل‌کاری و یا کنترل تخریب اراضی جنگلی نسبت داد، البته بخشی از این مورد را می‌توان ناشی از تفاوت در تاریخ تصاویر مورد استفاده، فصل کشت محصول و در نتیجه خطای موجود در طبقه‌بندی تصاویر دانست. قابل ذکر است که در همه دوره‌ها از روش ماشین بردار پشتیبان که از بین روش‌های مورد استفاده، بیش‌ترین میزان دقت را داشت، استفاده شد. علاوه بر این، برای افزایش دقت طبقه‌بندی از نقشه شیب حوزه برای افزایش دقت طبقه‌بندی استفاده شد.

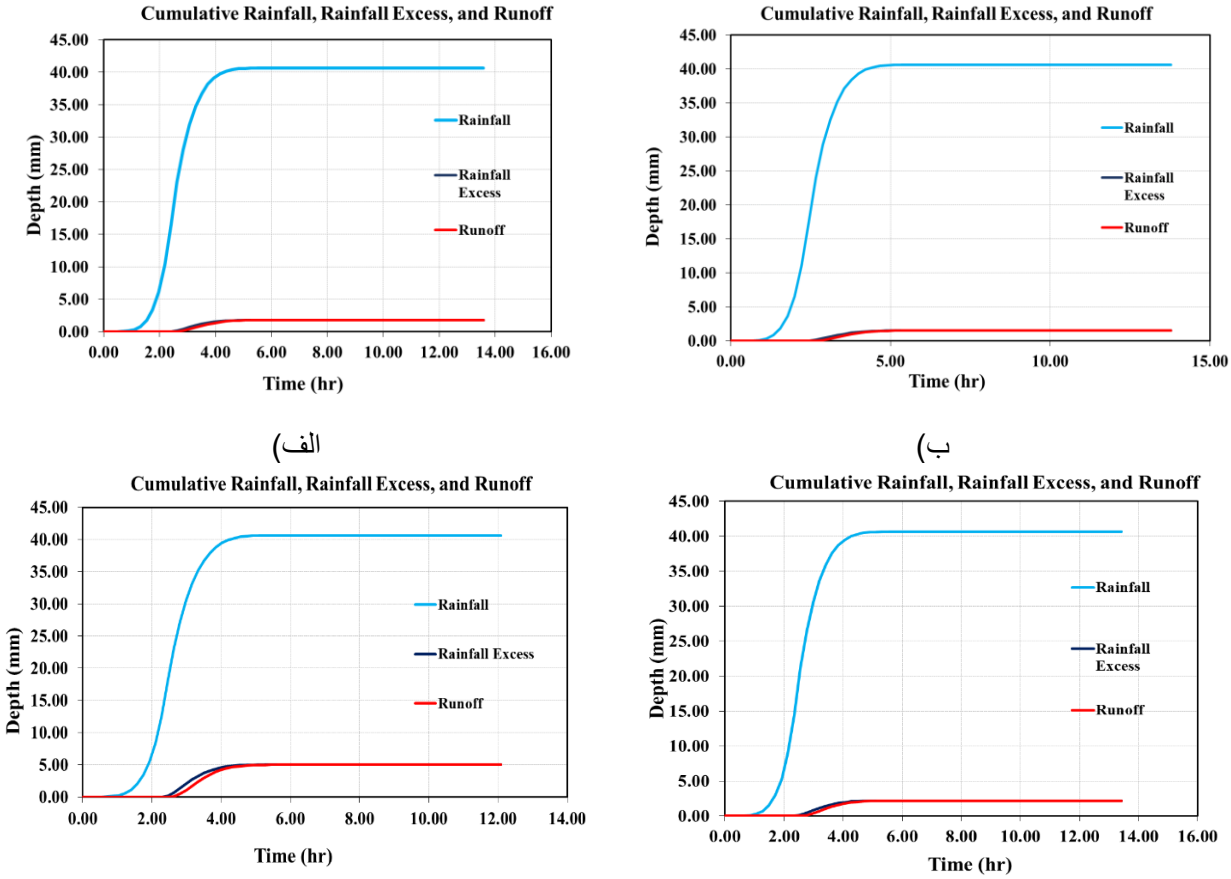
در سال ۱۹۹۳ مراتع حوزه مساحت وسیعی را شامل بوده به مقدار ۳۳/۰۸ ٪ که مقدار قابل توجهی است در سال ۲۰۱۰ به مقدار ۱۷/۵۶ ٪ کاهش یافته که حاکی از کاهش وسعت این اراضی است. در سال ۲۰۲۰ به مقدار ۲۹/۷۵ ٪ افزایش یافته و حدوداً ۳۰ ٪ از مساحت حوزه ننه‌کران را شامل شده است و در انتها کاربری مسکونی در سال ۱۹۹۳ در حدود ۰/۲۸٪ از مساحت حوزه را در بر گرفته است که در سال ۲۰۱۰ با کاهش ۶ ٪ به مقدار ۰/۲۲ ٪ رسیده و در سال ۲۰۲۰ به مقدار ۱/۱۲ ٪ افزایش یافته است. در خصوص این تغییر در مناطق مسکونی، باید اشاره شود چون مساحت اراضی مسکونی، درصد کمی از منطقه را به خود اختصاص داده است، لذا احتمال وجود خطا در طبقه‌بندی این اراضی بیش‌تر است. از طرفی وجود تشابه میان مناطق مسکونی و اراضی بایر، احتمال بروز خطا را بالا برده است. با توجه به شکل (۴) که نمودار کاربری اراضی در حوزه مورد مطالعه است نشان می‌دهد که میزان اراضی بایر از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ روند افزایشی داشته و از ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ کاهش یافته، اما اراضی کشاورزی و مسکونی همواره یک روند افزایشی در تمام دوره‌ها داشته‌اند. از . پس از اجرای مدل با دوره بارش ۲۵ ساله، شیب متوسط ۱۱ درصد و زمان تمرکز ۴ ساعت در نظر گرفته شد که خروجی مدل نشان‌دهنده افزایش میزان رواناب از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۰ است که نشانگر تغیرات کاربری اراضی و کاهش قدرت نفوذ خاک با از بین رفتن پوشش گیاهی و جنگل‌ها است.

مقایسه تغییرات کاربری اراضی منطقه ننه‌کران طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۳ در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل (۴):نمودار کاربری اراضی حوزه ننه‌کران طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۳

در شکل ۵، نمودار تغییرات زمانی مولفه‌های بارش، بارش مازاد و رواناب سطحی در هر سال در دوره مطالعه ارائه شده است. میزان مولفه‌های هیدروگراف جریان در بازه مورد مطالعه شامل، زمان تا اوج، دبی اوج، عمق رواناب کل، شماره منحنی رگبار، هدررفت اولیه در جدول ۴ نشان داده شده است.



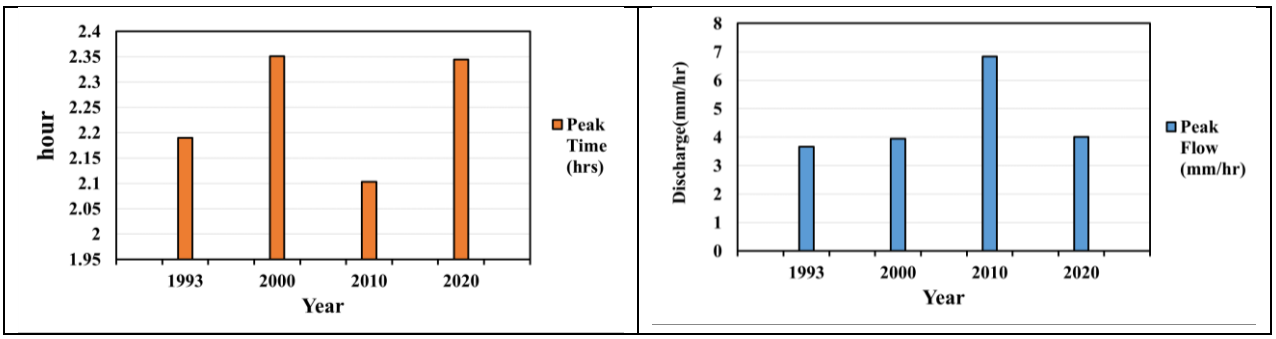
شکل (۵):نمودار تغییرات رواناب و هیدروگراف در بازه الف) ۱۹۹۳، ب)۲۰۰۰، ج) ۲۰۱۰، د) ۲۰۲۰

جدول (۴): میزان مولفه‌های هیدروگراف جریان و تغییرات آن از سال ۱۹۹۳ – ۲۰۲۰

سال	زمان تا اوج (ساعت)	دبی اوج (مترمکعب در ثانیه)	عمق رواناب کل (میلی‌متر)	شماره منحنی رگبار	هدر رفت اولیه (میلی‌متر)
۱۹۹۳	۳/۲۸	۱۰/۸۵	۱/۷۶	۶۷/۰۹	۲۷/۹۸
۲۰۰۰	۳/۳۳	۸/۲۹	۱/۵۱	۶۶/۲۶	۲۸/۶۶
۲۰۱۰	۳/۱۵	۳۴/۴۶	۴/۹۹	۷۴/۶۶	۱۸/۹۶
۲۰۲۰	۳/۱۹	۱۳/۸۱	۲/۱۷	۶۸/۳۶	۲۶/۷۱

بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی بر میزان رواناب در محدوده مورد مطالعه نشان‌دهنده این بود که میزان رواناب حوضه در بازه زمانی ۱۹۹۳ الی ۲۰۱۰ به حداکثر میزان خود یعنی ۴/۹۹ میلی‌متر رسیده است. این افزایش حاکی از تغییرات نامناسب کاربری اراضی در حوزه ننه‌کران می‌باشدکه زمینه عدم نفوذ بارش را در خاک ایجاد کرده و عامل بسیار مهم در ایجاد سیل در مناطق پایین‌دست حوزه ننه‌کران است.

با توجه به جدول (۴) که مقادیر پیک رواناب در حوزه را نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۰ حداکثر میزان خود ۳۴/۴۶ (cms) رسیده است. در این خصوص می‌توان به تاثیر افزایش اراضی کشاورزی و نیز وسعت بالای اراضی رها شده مشخص شده بر اساس نقشه کاربری اراضی در دوره مذکور اشاره نمود که افزایش مقدار دبی و عمق رواناب را سبب شده است. عمق رواناب در حوزه در سال ۲۰۱۰ به ۴/۹۹ (mm) کاهش یافته است. لازم به ذکر است که زمان به اوج رسیدن رواناب حدوداً ۳ ساعت است. تمامی مقادیر نشان‌دهنده رابطه تاثیرگذار نوع اراضی کاربری و میزان هیدروگراف رواناب در حوزه است.



شکل (۶): نمودار میزان اوج جریان سیلاب و زمان تا اوج در دوره‌های تغییر کاربری اراضی مورد مطالعه در حوزه ننه‌کران

با توجه به شکل (۶) که نمودار میزان ۱) اوج زمان، ۲) اوج جریان را در حوضه نشان می‌دهدکه میزان اوج زمان یا به عبارتی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جریان به اوج خود برسد در سال ۲۰۱۰ کاهش بسیاری داشته است. به تدریج میزان اوج جریان از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ افزایش داشته و از۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ اندکی کاهش یافته است که مطابق با تمام بررسی‌ها و جداول و نمودارهای خروجی است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تاثیر تغییرات کابری اراضی بر ویژگی‌های هیدروگراف ساعتی سیلاب در حوزه جنگلی ننه‌کران ارزیابی شده است. با توجه به جداول و نقشه

تغییرات کاربری هر چه میزان تغییرات کاربری افزایش می‌یابد دبی سیلابی افزایش یافته و در سال ۲۰۱۰ به اوج خود رسیده است و زمان تا اوج هم روند کاهش را طی می‌کند. توکلی‌قاضی‌جهانی و همکاران (۱۳۹۶) روند مشابهی از تغییرات کاربری بر هیدوگراف سیل را در منطقه آتشگاه اردبیل گزارش نمودند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات پوشش گیاهی باعث تغییرات در میزان نفوذپذیری خاک شده و با گذشت زمان و تبدیل اراضی جنگلی و مراتع متراکم به کم تراکم باعث افزایش رواناب و هیدروگراف سیلاب در منطقه شده است که بیش‌ترین میزان اختلاف در دبی سیلاب بین سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۹۰ بوده است. هم‌چنین یاری و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی نقش تغییرات کاربری بر تغییرات هیدروگراف سیل و سطح آب زیرزمینی با **مدل** HEC-HMS درحوضه آبخیز قره‌سو پرداخته‌اند که نتایج مشابهی داشته است و با کاهش مساحت اراضی جنگلی، زراعت آبی و بایر کاهش یافته و اراضی زراعت دیم، مناطق مسکونی و مراتع کم تراکم افزایش یافته است و با افزایش ۴/۴۹ ٪ دبی اوج و ۶/۶۷ ٪ حجم سیلاب در منطقه همراه بوده است. در همین راستا، نتیجه مطالعه پارسا و همکاران (۱۴۰۰) نیز در خصوص نقش تغییرات کاربری اراضی در محدوده تالاب قره قشلاق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دوره ۱۵ ساله ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ به تأثیر منفی تغییر کاربری اراضی بر محدوده تالاب اشاره دارد.

با توجه به نقشه‌ها و نمودارها و خروجی‌های مدل مشخص شده که طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ با کاهش مساحت اراضی و به عبارتی تغییرات کاربری جنگل و مراتع با کشاورزی و بایر همراه بوده که بخش زیادی از اراضی جنگلی در بخش‌های جنوبی، شمالی، غربی و جنوب شرقی از بین رفته و مقدار کمی در بخش مرکزی حوضه باقی مانده است و به کشاورزی و اراضی بایر تبدیل شده‌اند و بیش‌تر این تغییرات در بخش‌های بوده که شیب کم‌تری داشته و برای کشاورزی مناسب‌تر بوده است ولی از سال ۲۰۱۰ با توجه به بررسی و تحلیل نقشه‌ها و نمودارها از میزان تغییرات کاربری‌ها کاسته شده است. در این راستا، می‌توان به افزایش شدت کنترل و نظارت توسط اداره منابع طبیعی و آبخیزداری اشاره نمود. علاوه بر این با توجه به خروجی مدل و دبی سیلابی و میزان رواناب حوزه مشاهده شده که در دوره بازگشت ۲۵ ساله بارندگی در حوزه با شروع تبدیل کاربری‌ها و کاهش حجم پوشش گیاهی با افزایش میزان رواناب در حوزه و به دنبال آن افزایش دبی سیلابی را در حوزه اتفاق افتاده است. فعالیت برداشت زغال در عرصه‌های جنگلی حوزه مورد مطالعه، زمینه تخریب بیش‌تر اراضی جنگلی را فراهم نموده است و علاوه بر این، توسعه اراضی کشاورزی از دیگر دلایل تغییر کاربری جنگل‌های محدوده بالادست حوزه ننه‌کران بوده است. مولفه‌های مهم و تاثیر گذار بر سیلاب در حوزه همگی حاکی از نقش مهم تغییرات کاربری بر میزان رواناب و دبی سیلابی حوضه است که میزان رواناب در حوضه از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰ به میزان ۴۵٪ افزایش یافته است. باید اشاره شود که بارش و شرایط مناسب اقلیمی مناسب حوزه مذکور زمینه تبدیل اراضی و ایجاد زراعت را تسهیل نموده است. با افزایش روند تغییر اراضی طبیعی، انتظار وقوع سیلاب در محدوده‌های پایین دست حوزه مورد مطالعه دور از انتظار نخواهد بود. امروزه نیاز به مدیریت و توجه بیش‌تری نسبت به منابع طبیعی است تغییرات کاربری که متاسب با توانایی و پتانسیل محیط نباشد منجر به ایجاد خسارات جانی و مالی بسیاری می‌شود. در تحقیق حاضر از مدل Wildcat5 برای شبیه‌سازی دبی سیلاب استفاده شده است. استفاده از سایر مدل‌های توزیعی که امکان لحاظ تغییرات مکانی کاربری اراضی و تأثیر آن بر مولفه‌های سیل را در نظر می‌گیرند، می‌توان جز پیشنهادهای تحقیقی در آینده باشد.

منابع

آقائی، م.، خاوریان، ح و ر مصطفی‌زاده. ۱۳۹۹. پیش‌بینی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA مارکوف و LCM در آبخیز کوزه‌تپراقی استان اردبیل. پژوهش‌های آبخیزداری، جلد ۳۳، شماره ۳، ص ۱۰۷-۹۱.

پارسا، ج.، حاجی‌حسینی، ف.، آخوندزاده، ع. و خ طباطبایی. ۱۴۰۰. بررسی تغییرات کاربری در محدوده تالاب قره‌قشلاق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۷، شماره ۳، ص ۵۵۴-۵۴۷.

توکلی قاضی جهانی، م.، رئوف، م.، رسول‌زاده، ع و س میرزایی. ۱۳۹۷. ارزیابی اثر تغییرات کاربری بر روی هیدروگراف سیل و دبی پیک حوضه آتشگاه اردبیل. سطوح آبگیر باران. شماره ۵، جلد ۱۷، ص ۵۹-۷۱.

خاوریان، ح.، آقایی، م.، مصطفی‌زاده، رئوف. (۱۳۹۹). پیش‌بینی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر جریان ماهانه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی و داده‌های سنجش از دور در حوضه آبریز کوزه‌تپراقی اردبیل، هیدروژئومورفولوژی. سال ۷، شماره ۲۴، ص ۳۹-۱۹.

خسروشاهی م.، و ب ثقفیان. ۱۳۸۴. تعیین حساسیت برخی از عوامل مؤثر بر سیل خیزی زیرحوضه های آبخیز با استفاده از تحلیل هیدروگراف خروجی حوضه و کاربرد مدلHEC-HMS ، جنگل و مرتع شماره ۶۷، ۳۷-۲۸.

رایگانی، ب. ۱۳۹۸. استخراج خودکار مناطق همگن کاذب (PIFs) به‌منظور تعیین تغییرات سنجش از دوری. اطلاعات جغرافیایی، جلد ۲۸، شماره ۱۱۲. ص ۱۶۶-۱۵۱.

رستمی‌کیا، ی.، طبری‌کوچکسرایی، م.، احمدزاده، ا. و ا رحمانی. ۱۳۹۶. اثر باکتری‌های محرک رشد بر صفات رویشی و عناصر تغذیه‌ای نونهالهای فندق در نهالستان فندقلوی اردبیل. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۵، شماره ۱، ص ۱۲۶-۱۱۶.

رستمی‌کیا، ی.، و ج شریفی. ۱۳۹۷. فندقلو، بزرگترین ذخیره گاه جنگلی فندق ایران را دریابید. نشریه طبیعت ایران. سال سوم شماره ۶، پیاپی ۱۳. ص۹۹-۹۰.

فاطمی، س.ب.، و ی رضایی. ۱۳۹۶. اصول سنجش از دور، چاپ پنجم. انتشارات آزاده، ۲۶۶ص.

مصطفی‌زاده، ر.، میرزایی، ش.، و پ ندیری. ۱۳۹۶. تعیین شماره منحنی از رویدادهای بارش و رواناب و تغییرات آن با مؤلفه‌های بارش در یک حوضه آبخیز جنگلی. علوم آب و خاک، جلد ۲۱، شماره ۴، ص ۲۸-۱۵.

میرزایی، ش.، اسمعلی‌عوری، ا.، مصطفی‌زاده، ر.، قربانی، ا.، و س میرزایی. ۱۳۹۷. مدل‌سازی جریان و تعیین سهم مشارکت زیرحوزه‌ها در هیدروگراف سیل در حوزه آبخیز عموقین، استان اردبیل. مخاطرات محیط طبیعی. سال ۷، شماره ۱۸، ص ۱۰۸-۸۹

ناصری، د.، علیخواه اصل، م.، هدایت، ش.، و ا فتحی. ۱۳۹۴. بررسی قابلیت شاخص NDVI در تهیه نقشه پوشش اراضی منطقه فندقلو نمین، دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، اردبیل.

یاری، م.، سلطانی گردفرامرزی، س.، و م قاسمی. ۱۳۹۸. بررسی نقش تغییر کاربری اراضی در هیدروگراف سیل و نوسانات سطح آب زیرزمینی در بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو. جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال ۸، شماره ۳۱، ص ۵۸-۴۱.

Alamdari, N., Claggett, P., Sample, D.J., Easton, Z.M., and Yazdi, M.N. 2022. Evaluating the joint effects of climate and land use change on runoff and pollutant loading in a rapidly developing watershed. Journal of Cleaner Production, 330: 129953.

Brebante, B.M. 2017 The Effects of land cover/land use changes on flashflood A case study of Marikina River basin (MRB), Philippines. M.Sc thesis, Geo-information Sciences and Earth Observation. 62p.

Eisenbies, M.A., Aust, W.M., Burger, J.A., and Adams, M.B. 2007. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians-A review. Forest Ecology and Management, 242: 77-98.

Hawkins, R.H.; and Barreto-Munoz, A. 2016. Wildcat5 for Windows, a rainfall-runoff hydrograph model: user manual and documentation. Gen. Tech. Rep. RMRS-334. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 68 p.

Hyandye, C.B., Worqul, A., Martz, L.W., and Muzuka, A.N.N. 2018. The impact of future climate and land use/cover change on water resources in the Ndembera watershed and their mitigation and adaptation strategies. Environmental System Research, 7(7): 1-24.

Kimaro, T., Tachikawa, Y., and Takara, K. 2003. Evaluating land-use change effects on flood peaks using a distributed rainfall-runoff model in Yasu River, Japan; Weather Radar Information and

Distributed Hydrological Modelling (Proceedings of symposium HS03 held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). IAHS Publ. no. 282.

Koneti, S, Lakshmi, S., Sunkara., and Roy, P.S. 2018. Hydrological modelling with respect to impact of land-use and land-cover change on the runoff dynamics in Godavari River Basin using the HEC-HMS model.; ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(6): 206.

Kratzert, F., Klotz, D., Brenner, C., Schulz, K., and Herrnegger, M. 2018. Rainfall-runoff modelling using long short-term memory (LSTM) networks, Hydrology and Earth System Science, 22: 6005-6022.

Lin, F., Chen, X., Yao, H., and Lin, F. 2022. SWAT model-based quantification of the impact of land-use change on forest-regulated water flow. Catena, 211: 105975.

Mishra, S., Saravanan, C., Dwivedi, V.K., and Shukla, J.P. 2018. Development of hydrolprocess framework for rainfall-runoff modeling in the river, Brahmaputra basin: Indian Journal of Geo-Marine Sciences (IJMS), 47(12): 2369-2381.

Obiora-Okeke, O.A. 2019. Changing land use and land cover impact on runoff characteristics of an upstream reach in Ala river watershed. American Journal of Engineering Research, 8(6): 80-86.

Ott', B., and Uhlenbrook, S. 2004. Quantifying the impact of land-use changes at the event and seasonal time scale using a process-oriented catchment model; Hydrology and Earth System Sciences, 8(1): 62-78.

Santillan, J., Makinano, M., and Paringit, E. 2011. Integrated Landsat image analysis and hydrologic modelling to detect impacts of 25-year land-cover change on surface runoff in a Philippine watershed; Remote Sensing, 3(6): 1067-1087.

Sanyal, J., Densmore, A.L., and Carbonneau, P. 2014. Analysing the effect of land- use/cover changes at sub-catchment levels on the downstream flood peak: a semi-distributed modelling approach with sparse data. Catena, 118: 28-40.

Schultz, G. 1995. Changes on flood characterises due to land use chances in a river basin; U.S. Italy Research Workshop on the Hydrometeorology, Impacts, and Management of Extreme Floods Perugia (Italy).

Shi, P.J., Yuan, Y., Zheng, J., Wang, J.A., Ge, Y., and Qiu, G.Y. 2007. The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China. Catena, 69: 31-37.

Siregar, V., Prabowo, N., Agus, S., and Subarno, T. 2018. The effect of atmospheric correction on object based image classification using SPOT-7 imagery: a case study in the Harapan and Kelapa Islands. IOP Conference Series: Earth and Environment Science, International Conference on Marine Sciences: Better Insight for the Healthy Ocean 6-7 September, Indonesia 176: 1-11.

Sonu, T.S., Mohammed Firoz, C., and Bhagyanathan, A. 2022. The impact of upstream land use land cover change on downstream flooding: A case of Kuttanad and Meenachil River Basin, Kerala, India, Urban Climate, 41: 101089

Talebi Khiavi, H., and Mostafazadeh, R. 2021. Land use change dynamics assessment in the Khiavchai region, the hillside of Sabalan mountainous area. Arabian Journal of Geosciences, 14:2257.

USDA, Natural Resources Conservation Service. (1986), Urban hydrology for small watersheds. Technical Release 55, 164p.

Wanielista, M.P. 1997. Hydrology Water Quantity and Water Quality Control. University of Central Florida. 565p.

Yu, P., Wang, Y., Coles, N., Xiong, W., and Xu, L. 2015. Simulation of runoff changes caused by cropland to forest conversion in the Upper Yangtze River region, SW China. PLoS ONE 10(7): e0132395.doi: 10.1371/journal.pone.0132395.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و دو .تابستان ۱۴۰۲

Changes in Flood Hydrograph Components Due to Long-term Land Use Changes in Ardabil Nenakaran Watershed

Fariba Esfandyari Darabad[1], Zeinab Pourganji[2] Raoof Mostafazadeh[3] and Maryam Aghaie[4]

Abstract

Flood as a natural hazard is under the control of many dynamic factors, and its occurrence is strongly controlled by land use attributes. The type of land use and its dynamic changes is considered as the most important factor in runoff generation. Therefore, the purpose of this study is to assess the impacts of land use changes on flood hydrograph components in a partially forested watershed in Ardabil province. The rate and extent of land use change has been quantified during 1993, 2000, 2010, and 2020 years. In the present study, Landsat time series satellite images, ENVI 5.3 and Google Earth software were used to classification of the land use maps. The flood hydrographs of the study area were simulated using Wildcat 5 software under the design rainfall amount in the 25-year return period. The results land use changes assessment showed that the extent of forest lands has decreased by 20% and rangelands by 4%. Also, agricultural lands increased by 20% and the increase of barren and residential lands were 3% and 1%, respectively. According to the results, the most land use changes were in the western and southern parts of the basin having lower altitude and lower steepness. In addition, according to the results of flow simulation, the maximum peak flow was 34.46 cubic meters per second in 2010 compared to the base period (year 1993). As a conclusion, the results showed an increase in surface runoff and a decrease in the time to peak component of the design hydrograph in the study period.

Keywords: Flood modeling, Flood event, Peak flow discharge, Land use change, Hydrological simulation

[1] - Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, , University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. 09120503281, esfandyari@uma.ac.ir
[2] - M.Sc Student of Geomorphology-Environmental Management, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 09210133152, z.pourganji7618@gmail.com
[3] - Associate Professor, Department of Natural Resources and Member of Water Management Research Center, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 09144815743, raoofmostafazadeh@uma.ac.ir (Corresponding Author)
[4] - M.Sc. Remote Sensing and GIS, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 09149522417, maryamaghaei488@gmail.com