

Analysis of the role of land use change on the flooding of Shahrokh Castle catchment area

Shahmirzaei, S.¹  | Mazidi, A.² 

1. Senior Expert in Climatology, Yazd university, Yazd, Iran.
2. Associate professor in Climatology, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran.

Corresponding Author E-mail: s.shahmirzaei@yahoo.com

(Received: 19 Nov 2023, Accepted: 31 Jan 2024, Published online: 31 Jan 2024)

Abstract

The lack of proper management of water and soil resources, competition and increased demand in the use of water and soil resources, population growth and climate changes have caused the issues related to the change of uses and water resources to become one of the challenges of mankind in the last decade. Land use change has an effect on water storage in basins and is one of the main factors affecting the hydrological cycle. In this research, the effect of land use change on the flooding of Shahrokh Castle catchment basin as one of the sub-basins of Zayandeh Rood dam with an area of 1504 square kilometers in the period from 1999 to 2019 has been tried by preparing vegetation and land use maps and determining the area of each use and finally be evaluated by the equation of the United States Soil Protection Organization. Landsat satellite images were used for the four years of 1999, 2005, 2013 and 2019 in order to evaluate changes and prepare maps of land use and vegetation in the region. These images were processed and maximum likelihood classification was used to investigate the vegetation changes of the region from the NDVI index and to classify the images and prepare land use change maps, and the classification had acceptable accuracy. The results showed that between 1999 and 2019, the density of vegetation in the region decreased and had a decreasing trend. Also, the area of residential and road areas and barren land has increased, and the area of gardens, fields and water has decreased. In order to investigate the effect of land use change on the flooding of the region, the equation of the United States Soil Protection Organization was used. By using the average value of CN for different uses and based on the area of the uses, the average value of CN and surface maintenance coefficient (S) were obtained for different years. According to Table 4, the amount of precipitation was considered the same for all years (30 inches) and it was observed that the changes in the height of the runoff are very small and all are close to 23.4 inches, which is due to slight changes in land use in different years, but with Putting the actual annual precipitation in the equation, the flood changes were very noticeable, so that the height of the runoff varies between 24 and 69 inches in different years, which means that the rainfall has the biggest role on the flood in the basin, and the impact of land use changes in this area and in the period from 1999 to 2019 is very little.

Keywords: Shahrokh Castle basin, land use change, flooding, remote sensing

Cite this article: shahmirzaei, S., & Mazidi, A. (2024). Analysis of the role of land use change on the flooding of Shahrokh Castle catchment area. *Journal of the Nivar*, 48(124-125), 115-127. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.425861.1273>

E-mail: (2) payamyazd@gmail.com



تحلیل نقش تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی حوضه آبریز قلعه شاهرخ

سعید شاهمیرزائی^۱ | احمد مزیدی^۲

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. دانشیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: s.shahmirzaei@yahoo.com

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱، انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱)

چکیده

عدم مدیریت صحیح منابع آب و خاک، رقابت و افزایش تقاضا در استفاده از منابع آب و خاک، رشد جمعیت و تغییرات اقلیمی باعث شده است که مسائل مرتبط با تغییر کاربری‌ها و منابع آب، به عنوان یکی از چالش‌های بشر در دهه اخیر تبدیل شود. تغییر کاربری اراضی بر ذخیره آب موجود در حوضه‌ها اثر داشته و از جمله عوامل اصلی تاثیرگذار بر چرخه هیدرولوژی به شمار می‌رود. در این پژوهش سعی شده است تأثیر تغییر کاربری اراضی بر روی سیل خیزی حوضه آبریز قلعه شاهرخ به عنوان یکی از زیر حوضه‌های سد زاینده رود با مساحت ۱۵۰۴ کیلومتر مربع در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ به وسیله تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی و تعیین مساحت هر کاربری و در نهایت به وسیله معادله سازمان حفاظت خاک آمریکا مورد ارزیابی قرار گیرد. به منظور ارزیابی تغییرات و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه از تصاویر ماهواره لندست برای چهار سال ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ استفاده شد. این تصاویر مورد پردازش قرار گرفت و برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه از شاخص NDVI و برای طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه‌های تغییر کاربری اراضی، از طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده شد و طبقه‌بندی از دقت قابل قبولی برخوردار بود. نتایج نشان داد در فاصله سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ از تراکم پوشش گیاهی منطقه کاسته شده و روندی کاهشی داشته است. همچنین مساحت کاربری‌های مناطق مسکونی و جاده‌ای و زمین بایر افزایش یافته و مساحت کاربری‌های باغات و مزارع و آب کاهش یافته است. جهت بررسی تأثیر تغییر کاربری بر روی سیلاب منطقه از معادله سازمان حفاظت خاک آمریکا استفاده شد. با استفاده از مقدار متوسط CN برای کاربری‌های مختلف و بر اساس مساحت کاربری‌ها، مقدار CN میانگین و ضریب نگهداشت سطحی (S) برای سال‌های مختلف بدست آمد. بر اساس جدول ۴ ابتدا مقدار بارش برای همه سال‌ها یکسان در نظر گرفته شد (۳۰ اینچ) و مشاهده گردید که تغییرات ارتفاع رواناب بسیار ناچیز و همه نزدیک ۲۳/۴ اینچ می‌باشد که علت آن تغییرات جزئی در کاربری در سال‌های مختلف می‌باشد اما با قرار دادن بارش سالانه واقعی در معادله، تغییرات سیلاب بسیار محسوس بود به طوری که ارتفاع رواناب بین ۲۴ تا ۶۹ اینچ در سال‌های مختلف متغیر می‌باشد یعنی بارندگی بیشترین نقش را بر سیلاب در حوضه دارد و تأثیر تغییر کاربری‌ها در این منطقه و در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ بسیار کم می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: حوضه قلعه شاهرخ، تغییر کاربری اراضی، سیل خیزی، سنجش از دور.

۱. مقدمه

است (شریعت جعفری، ۱۳۷۶). سیلاب در زمره مهم‌ترین بلایای طبیعی است که خسارت‌های فراوانی به مناطق تحت تأثیر خود وارد می‌کند. برای مدیریت سیلاب باید عوامل

رخداد سیلاب یکی از مهمترین عوامل تهدید کننده منابع آب و خاک کشور محسوب می‌شود. حفظ آب، خاک و منابع طبیعی از استراتژی‌ها و اهداف مهم و عمده آبخیزداری

استناد: شاهمیرزائی، سعید، و مزیدی، احمد. (۱۴۰۳). تحلیل نقش تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی حوضه آبریز قلعه شاهرخ. مجله نیوار، ۴۸ (۱۲۴-۱۲۵)، ۱۱۵-۱۲۷.

DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.425861.1273>

رایانامه: payamyazd@gmail.com (۲)



در سیل خیزی منطقه مورد مطالعه ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش‌های مختلفی در زمینه تغییر کاربری اراضی و اثرات آن انجام گرفته که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

باناسیک و فام (۲۰۱۰) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل در یکی از حوزه‌های آبخیز لهستان با استفاده از روش شماره منحنی و مدل ناش پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییر کاربری اراضی از حالت پوشش طبیعی قبل از شروع هر گونه توسعه شهری به شرایط توسعه شهری موجود در سال ۲۰۰۹ باعث افزایش حدود ۸ برابری دبی پیک شده است. ساجکومار و رمیا (۲۰۱۴) تاثیر تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی را بر خصوصیات رواناب با استفاده از مدل SWAT در دو حوزه آبخیز در کرالا در هند بررسی کردند و دریافتند که سطح اراضی جنگلی به میزان ۶۰ و ۳۲ درصد در حوزه‌های بررسی شده کاهش یافته است. اما مقدار و حداکثر رواناب سطحی به ترتیب ۲۰ و ۱۵ درصد افزایش یافته است که با میزان تغییر در سطح اراضی جنگلی مقایسه شدنی نیست. یونس و عمار (۲۰۱۷) در پژوهشی با موضوع کمیت تأثیر تغییرات کاربری زمین-پوشش زمین بر هیدرولوژی در حوضه ایندوس فوقانی، پاکستان به بررسی اثرات تغییر پوشش اراضی و کاربری اراضی برای یک دوره ۱۰ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰) بر دبی رودخانه در زیرحوضه رودخانه سند با استفاده از مدل کلپ HEC-HMS پرداختند. متغیرهای ورودی برای ساخت مدل در HEC-HMS بر اساس داده‌های DEM، کاربری و پوشش اراضی (LULC^۱)، خاک و بارش که در HEC-GeoHMS جمع‌آوری و پیش پردازش شده‌اند، محاسبه شد. مدل برای سال ۲۰۰۰ واسنجی شد و اعتبار سنجی برای سال ۲۰۱۰ انجام شد. نتایج همبستگی مثبت قوی در مقیاس محلی بین LULC و دبی رودخانه را نشان داد. خالد حسین و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به منظور بررسی فضایی و مکانی تغییر کاربری و پوشش اراضی (LULC) در سواحل شرقی امارات متحده عربی (امارات) طی یک دوره ۲۰ ساله از یک ادغام

تولید و ایجاد سیل شناسایی و سپس مناطق دارای پتانسیل بالا در تولید سیل تعیین شود. به طور کلی، دو دسته عوامل اقلیمی و حوضه‌ای در ایجاد سیلاب‌ها نقش دارد. منشأ بسیاری از سیلاب‌ها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک رگبارهای با شدت زیاد و تداوم نسبتاً کوتاه است. بنابراین، در بررسی رگبارها باید به تداوم، شدت و توزیع زمانی و مکانی آن‌ها در بروز سیل توجه کرد. از مهم‌ترین عوامل حوضه‌ای می‌توان به کاربری اراضی، وضعیت زمین شناسی، نفوذپذیری، پوشش گیاهی، مساحت، شیب و خصوصیات شبکه زهکشی اشاره کرد. در مدیریت سیل برخی از این عوامل کنترل پذیر است که در طرح‌های کنترل سیل بیشتر باید به آن‌ها توجه کرد. این مجموعه عوامل در داخل حوضه و در تبدیل بارش باریده بر سطح حوضه به رواناب نقش دارد. بنابراین، هرگونه راه حل اصولی و چاره‌ساز را باید در حوضه‌های آبخیز جست و جو کرد. برای انجام این کار نیاز به شناسایی مناطق سیل خیز در داخل حوضه است، زیرا به دلیل وسعت زیاد و گستردگی حوضه‌های آبخیز انجام عملیات اصلاحی در سراسر حوضه امکان پذیر نیست. اقدام غلط در مکان نامناسب نیز ممکن است آثار معکوسی به همراه داشته باشد. لذا، باید مناطق دارای پتانسیل بالا در تولید سیل شناسایی شود تا امکان عملیات اجرایی و اصلاحی در سطوح کوچک‌تر و خطر ساز فراهم شود (زارع بیدکی و همکاران، ۱۳۹۴). امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی به یک مشکل بزرگ تبدیل گردیده بطوری که در چهار دهه گذشته تغییرات کاربری در ایران با سرعت فزاینده در بعضی جهات نامطلوب به وقوع پیوسته است و این امر باعث افزایش روند تخریب اراضی می‌گردد و در نتیجه شاهد سیل‌های ویرانگر که صدمات جبران ناپذیر مالی و انسانی را به عمل می‌آورد، خواهیم بود. با توجه به روند رو به افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به مواد غذایی، حفظ آب و خاک به عنوان سرمایه‌های ارزشمند، اهمیت فراوان دارد (هادیانی، ۱۳۸۶).

با توجه به موارد ذکر شده بررسی نقش تغییر کاربری اراضی

^۱- Land use land cover

سنجش از دور و تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پتانسیل طغیان نیز از طریق شبیه سازی مدل هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر لندست از سالهای ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ پردازش و تجزیه و تحلیل شدند. آشکارسازی تغییرات برای ارزیابی تغییرات در مناطق ساخته شده انجام شد و تجزیه و تحلیل تغییرات نشان داد که شهرنشینی بیشتر در امتداد مرز ساحلی رخ داده است. شبیه سازی مدل هیدرولوژیکی نقش شهرنشینی را در افزایش پتانسیل سیلابی تعیین کرد. این افزایش بستگی به ویژگی‌های آبخیزداری و میزان تغییر در شهرنشینی و بزرگی واقعه بارندگی دارد. تولا و شتی (۲۰۲۳) در تحقیقی با موضوع کمیت تغییر در پوشش زمین و تأثیر تغییر پذیری بارندگی بر هیدرولوژی سیل با استفاده از یک مدل هیدرولوژیکی در حوضه رودخانه اتیوپی به طور کمی اثرات تغییرات انفرادی و توأم در پوشش زمین و اقلیم را بر جریان‌های اوج و زیاد در بخش‌های بالادست و پایین دست حوضه رودخانه آواش بالا ارزیابی کردند. برای برآورد تأثیر این تغییرات از ابزار ارزیابی آب و خاک (SWAT) استفاده شد. مدل SWAT نشان داد که عامل اصلی تأثیرگذار بر تغییرات جریان بالادست، تغییر پوشش زمین، افزایش پیک و دبی زیاد به ترتیب ۳۸/۶۹ درصد و ۱۱/۹۵ درصد نسبت به دوره پایه بود.

تحقیقات چندی نیز در زمینه تغییر کاربری اراضی در ایران انجام شده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

یاری و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ضریب رواناب سطحی و دبی اوج سیلاب را در دوره بازگشت‌های مختلف در حوزه آبخیز النگ دره گرگان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تخریب منابع طبیعی، پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی باعث افزایش ضریب رواناب و دبی اوج سیلاب شده که در نتیجه بروز سیل، مشکلات اجتماعی، اقتصادی و مالی رادر پی داشته است. محمدی و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر مؤلفه‌های

رواناب کل، رواناب سطحی و دبی اوج در حوضه آبخیز باغ‌سالیان در استان گلستان پرداختند، پس از استخراج کاربری اراضی از تصاویر ماهواره ای طی دو دوره ۱۳۶۵ و ۱۳۹۱ با استفاده از مدل WetSpa رواناب حوضه را محاسبه کردند، نتایج نشان داد که مقدار رواناب کل و رواناب سطحی برای کاربری اراضی سال ۱۳۶۵ به ترتیب برابر با ۶۲ / ۴۳۱ و ۷۷ / ۱۵۸ میلیون متر مکعب و دبی اوج ۴۵ / ۲۷ متر مکعب بر ثانیه و این مقدار برای کاربری اراضی سال ۱۳۹۱ به ترتیب ۳۱ / ۴۸۰ و ۸۶ / ۱۸۲ میلیون متر مکعب و دبی اوج ۹۴ / ۳۰ متر مکعب بر ثانیه بدست آمد که بعلاوه تغییرات کاربری اراضی طی این دوره بوده است. جلالی (۱۳۹۸) در تحقیقی با عنوان کمی سازی اثرات تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر کاهش رواناب در مورد مطالعاتی بالادست سد زاینده رود، به شناسایی سهم اثرات تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی در تغییرات جریان رودخانه پرداخت. نتایج حاکی از سهم ۱۶ تا ۴۸ درصدی تغییرات اقلیم و نیز سهم ۵۲ تا ۸۴ درصدی فعالیت‌های انسانی در کاهش رواناب ورودی به سد زاینده رود بود. سرایی و همکاران (۱۳۹۹) به اولویت بندی حوضه آبخیز سردآبرود از نظر سیل‌خیزی با استفاده از مدل SWAT پرداختند. هدف اصلی در این تحقیق، بررسی کارایی مدل SWAT در پیش بینی سیلاب و اولویت بندی زیر حوضه‌ها از نظر سیل‌خیزی می‌باشد. نتایج آنالیز حساسیت ۳۱ پارامتر موثر بر رواناب نشان داد که پارامترهای ثابت تخلیه آب زیرزمینی، زمان تأخیر آب زیرزمینی و حداقل مقدار ذخیره آب لازم برای ایجاد جریان پایه به ترتیب حساسیت بیشتری دارند. برای بررسی سیل‌خیزی، حوضه آبخیز سردآبرود به ۲۴ منطقه یا زیرحوضه تقسیم گردید. با اجرای مدل SWAT و تعیین CN¹ برای هر یک از زیر حوضه‌ها، اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر سیل‌خیزی انجام شد. اسفندیاری درآبادی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان تغییر مولفه‌های هیدروگراف سیلاب در اثر تغییرات بلندمدت کاربری اراضی در حوضه آبخیز ننه کران اردبیل، به مطالعه تغییرات کاربری اراضی در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۹۳،

¹ - Curve Number

آبریز قلعه شاهرخ بررسی می‌شود که نتایج حاصل از آن می‌تواند برای برنامه‌ریزان در مدیریت منابع آب و خاک منطقه مفید باشد.

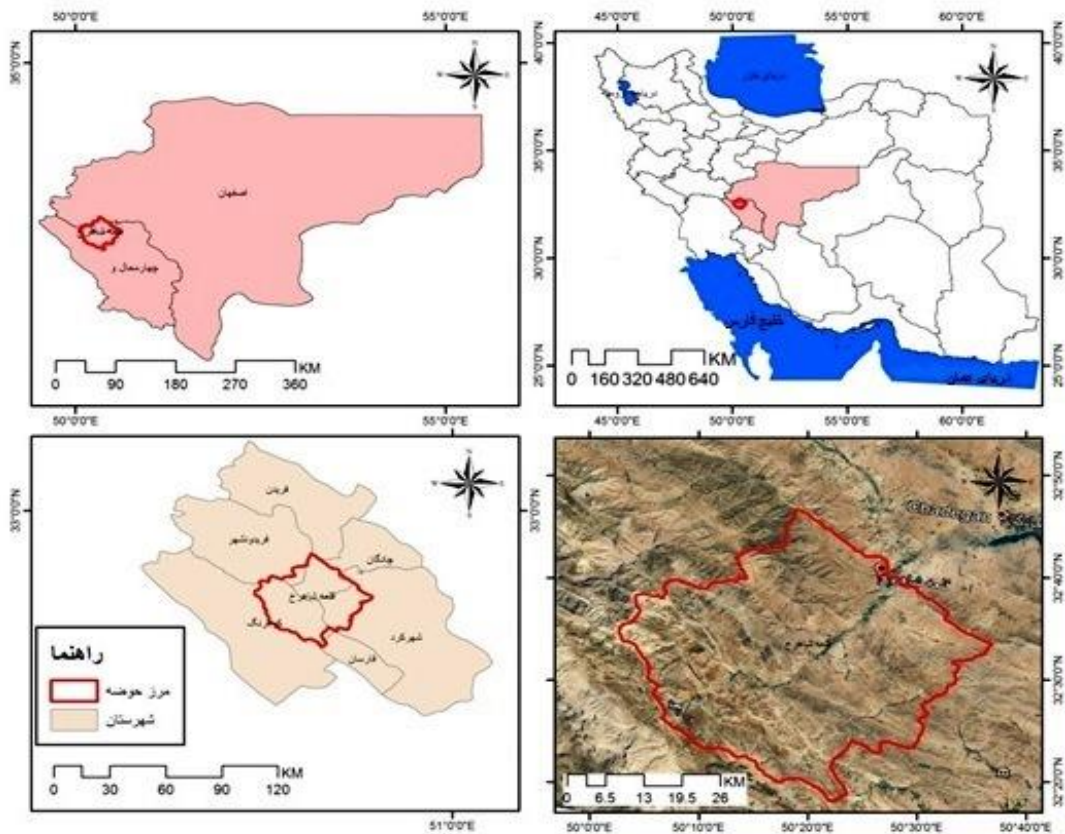
۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز قلعه شاهرخ با کد (۴۲-۱۶) (یکی از زیر حوضه های سد زاینده رود یا حوضه گاوخونی) در جنوب غربی منطقه (اصفهان) با مساحت تقریباً ۱۵۰۰۰۰ هکتار (۱/۱۵۰۹۸۰) می باشد و شیب متوسط ۴۸/۱۲ درصد که در محدوده $50^{\circ} 2' 44''$ تا $50^{\circ} 36' 56''$ طول شرقی و $32^{\circ} 17' 59''$ تا $32^{\circ} 46' 43''$ عرض شمالی، در بالادست سد زاینده رود قرار گرفته است. بارندگی متوسط این حوضه ۷۳۳ میلی متر است. بلندترین نقطه این محدوده ی مطالعاتی ۳۷۹۱ متر از سطح دریا در ارتفاعات کوه‌رننگ واقع در جنوب غربی و کمترین ارتفاع ۲۰۶۲ متر در شمال شرقی دشت (خروجی به دریاچه سد) قرار دارند (براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ و تاثیر آن بر هیدروگراف سیلاب در حوضه ننه کران از منطقه جنگلی فندقلو در استان اردبیل پرداختند. 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، اراضی کشاورزی، به میزان ۲۰ درصد افزایش داشته و افزایش اراضی بایر و مسکونی به ترتیب برابر ۳ و ۱ درصد 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.

با مروری بر تحقیقات قبلی، اهمیت و لزوم استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه‌های تغییر کاربری اراضی بخصوص برای کشور ایران که فاقد نقشه‌ها و تصاویر تغییر کاربری اراضی معتبر و کافی هست، مشخص می‌شود. همچنین نشان دهنده اهمیت تاثیر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی می‌باشد. از این رو در تحقیق پیش رو تاثیر تغییر کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر لندست بر سیل‌خیزی حوضه



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲. داده‌ها

شده است. تعداد نمونه‌های مورد استفاده برای هر کاربری با توجه به وسعت منطقه ۳۵ مورد انتخاب شد. پس از ایجاد طبقات، نقشه‌های کاربری در شش طبقه تولید گردید. شکل ۴ نشان‌دهنده نقشه کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ می‌باشد.

۲-۴. تأثیر تغییر کاربری بر روی سیلاب

جهت بررسی تأثیر بارش و تغییر کاربری بر روی سیلاب می‌توان از معادله سازمان حفاظت خاک امریکا برای محاسبه ارتفاع رواناب استفاده کرد:

$$R = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \quad (1) \text{ (علیزاده، ۱۳۸۷)}$$

که در آن:

R = ارتفاع رواناب بر حسب اینچ

P = ارتفاع بارندگی (اینچ)

S = عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین است که مقدار آن برابر است با:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2) \text{ (علیزاده، ۱۳۸۷)}$$

در این معادله CN شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه می‌باشد. برای محاسبه عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین (S)، احتیاج به مقدار CN میانگین حوضه برای سالهای متفاوت می‌باشد. با استفاده از نقشه خاک منطقه و نوع پوشش سطح زمین، مقدار متوسط CN برای کاربری‌های مختلف و بر اساس مساحت موجود کاربریها در سال‌های مختلف، مقدار CN میانگین حوضه با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\overline{CN} = [\sum(A_i/100)(CN_i)] \quad (3)$$

A_i : مساحت کاربری‌های مختلف

CN_i : مقدار متوسط CN برای کاربری‌های مختلف

سپس با استفاده از رابطه ۲ ضریب نگهداشت سطحی (S) برای سالهای مختلف محاسبه می‌شود. در پایان به وسیله رابطه ۱ ارتفاع رواناب به دست می‌آید.

در این تحقیق برای بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز قلعه شاهرخ از تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ برای سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ در فصل تابستان که منطقه حداقل پوشش ابر را دارد و تصاویر با حداقل پوشش ابر و روزهایی انتخاب شده‌اند که بارندگی در روزهای قبل انجام نگرفته و شرایط یکسان بوده است، استفاده شد. همچنین بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک کوه‌رنگ و داده‌های دبی ایستگاه هیدرومتری قلعه شاهرخ برای سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۳. پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه از پردازش تصاویر لندست استفاده شده است. در این پژوهش ۴ تصویر ماهواره لندست ۷ و ۸ مربوط به زمان‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ از سایت <https://earthexplorer.usgs.gov> دانلود شد و قبل از انجام پردازش داده‌های ماهواره‌ای اقدام به پیش‌پردازش تصاویر از قبیل تصحیح رادیومتریک، تصحیح هندسی و تصحیح اتمسفری در نرم‌افزار ENVI 5.3 گردید. به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه در دوره پایه از شاخص NDVI با عملیات جبری بین باندهای قرمز و مادون‌قرمز سنجنده TM و OLI ماهواره لندست استفاده شده است. این شاخص کاربرد گسترده‌ای جهت تشخیص مناطق دارای پوشش گیاهی و فاقد پوشش گیاهی دارد و مقادیر این شاخص بین -۱ و +۱ قرار دارد. مقادیر مختلف NDVI نمایانگر پوشش‌های مختلف می‌باشد. برای بررسی تغییرات کاربری اراضی ابتدا الگوریتم طبقه‌بندی نظارت نشده^۱ (K-means Clustering) به منظور یک برآورد اولیه از منطقه و میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها و عوارض و همچنین اطمینان از تعداد کلاس‌های در نظر گرفته شده برای طبقه‌بندی انجام شد. سپس الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده اجرا شد. برای طبقه‌بندی تصاویر، از طبقه‌بندی حداکثر احتمال^۲ استفاده

^۲- Maximum likelihood

^۱- Unsupervised classification

تغییر چشمگیری در رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز خواهد شد. تغییر کاربری اراضی به عنوان یکی از چالش‌های عمده در قرن بیست و یکم مطرح خواهد بود و برخی حتی اعتقاد به شدیدتر بودن تأثیرات آن نسبت به پدیده تغییر اقلیم دارند (ساللا^۱ و همکاران، ۲۰۰۰).

۳-۱. تغییرات پوشش گیاهی منطقه

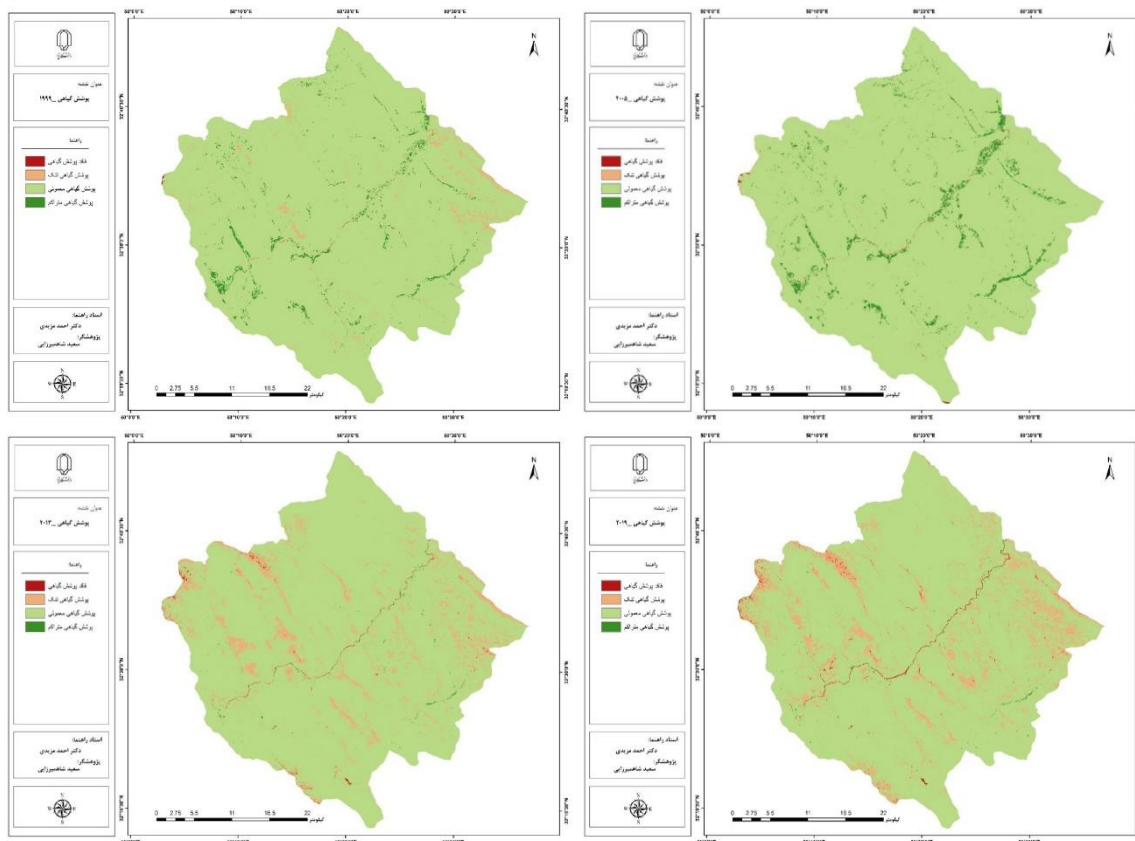
پوشش گیاهی منطقه بر اساس شاخص NDVI به طبقات مختلف: $> ۰/۵$ ، $۱-۰/۵$ ، $۵-۱/۵$ و $< ۰/۵$ تقسیم شده است که در نهایت نقشه‌های خروجی بر اساس میزان بازتاب به ۴ طبقه شامل: فاقد پوشش گیاهی، پوشش گیاهی تنک، پوشش گیاهی معمولی و پوشش گیاهی متراکم تقسیم شده است. شکل ۲ نشان‌دهنده نقشه پوشش گیاهی مربوط به سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ می‌باشد.

۲-۵. بررسی تأثیر تغییر کاربری بر روی سیلاب منطقه:

پس از دریافت تصاویر ماهواره‌ای و انجام پردازش‌های لازم و طبقه‌بندی تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3، مساحت هر کاربری در دوره‌های مختلف در نرم‌افزار ARCGIS تعیین شد و برای بررسی دقت تصاویر ماهواره‌ای و همچنین به منظور اعتبارسنجی داده‌های ماهواره‌ای از تصاویر گوگل ارث و مشاهده زمینی استفاده شد. در ادامه برای بررسی اثر بارش و تغییر کاربری بر روی سیلاب از معادله سازمان حفاظت خاک آمریکا و داده‌های مربوطه برای چهارسال (۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹) استفاده گردید.

۳. بحث و نتایج

در دهه‌های آینده، توسعه کشاورزی و شهری و بهره‌برداری بیشتر از جنگل‌ها در جهت رفع نیازهای روزافزون انسان باعث



شکل ۲. نقشه پوشش گیاهی منطقه برای سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹

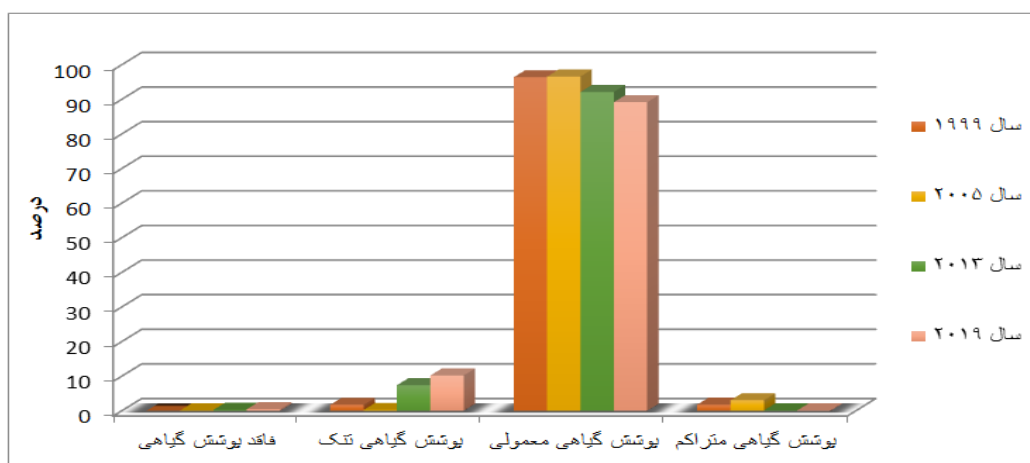
^۱- Sala

جدول ۱. تغییرات پوشش گیاهی طی بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹

روند تغییرات	سال ۲۰۱۹		سال ۲۰۱۳		سال ۲۰۰۵		سال ۱۹۹۹		نوع پوشش
	درصد	مساحت (KM ²)	درصد	مساحت (KM ²)	درصد	مساحت (KM ²)	درصد	مساحت (KM ²)	
افزایشی	۰.۴۶	۶.۹	۰.۲۸	۴.۲۳	۰.۱۱	۱.۷۳	۰.۰۵	۰.۸۴	فاقد پوشش گیاهی
افزایشی	۱۰.۲۱	۱۵۲.۳۵	۷.۴۱	۱۱۰.۶۴	۰.۲۴	۳.۶۸	۱.۷۵	۲۶.۲۱	پوشش گیاهی تنک
کاهشی	۸۹.۱۸	۱۳۳۰.۳	۹۲.۱۴	۱۳۷۴.۶	۹۶.۵۷	۱۴۴۰.۵۸	۹۶.۴	۱۴۳۸	پوشش گیاهی معمولی
کاهشی	۰.۱۴	۲.۱۷	۰.۱۴	۲.۲۲	۳.۰۶	۴۵.۷۲	۱.۷۸	۲۶.۶۵	پوشش گیاهی متراکم
	۱۰۰	۱۴۹۱.۷	۱۰۰	۱۴۹۱.۷	۱۰۰	۱۴۹۱.۷	۱۰۰	۱۴۹۱.۷	جمع

گیاهی از نوع فاقد پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۹ با مساحت ۰/۸۴ کیلومتر مربع و بر حسب درصد ۰/۰۵ درصد از مجموع مساحت پوشش گیاهی منطقه را دارا بوده است. در طی این دوره بیست ساله، مساحت پوشش های از نوع فاقد پوشش گیاهی و پوشش گیاهی تنک روندی افزایشی داشته و بر عکس مساحت پوشش گیاهی معمولی و پوشش گیاهی متراکم روندی کاهشی را داشته است که این خود می تواند به سیلخیزتر شدن منطقه مورد مطالعه کمک کند.

با توجه به شکل ۲ و جدول ۱، در فاصله سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ به تدریج از مساحت پوشش های گیاهی از نوع متراکم و معمولی کاسته شده و بر مساحت پوشش های گیاهی از نوع تنک و فاقد پوشش گیاهی افزوده شده است. بر اساس جدول ۱ ملاحظه می شود که بیشترین مساحت پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه را پوشش گیاهی از نوع معمولی در سال ۲۰۰۵ و به میزان ۱۴۴۰/۵۸ کیلومتر مربع و ۹۶/۵۷ درصد از کل مساحت پوشش گیاهی منطقه را به خود اختصاص داده و کمترین را پوشش



شکل ۳. نمودار مقایسه ای درصد تغییرات پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹

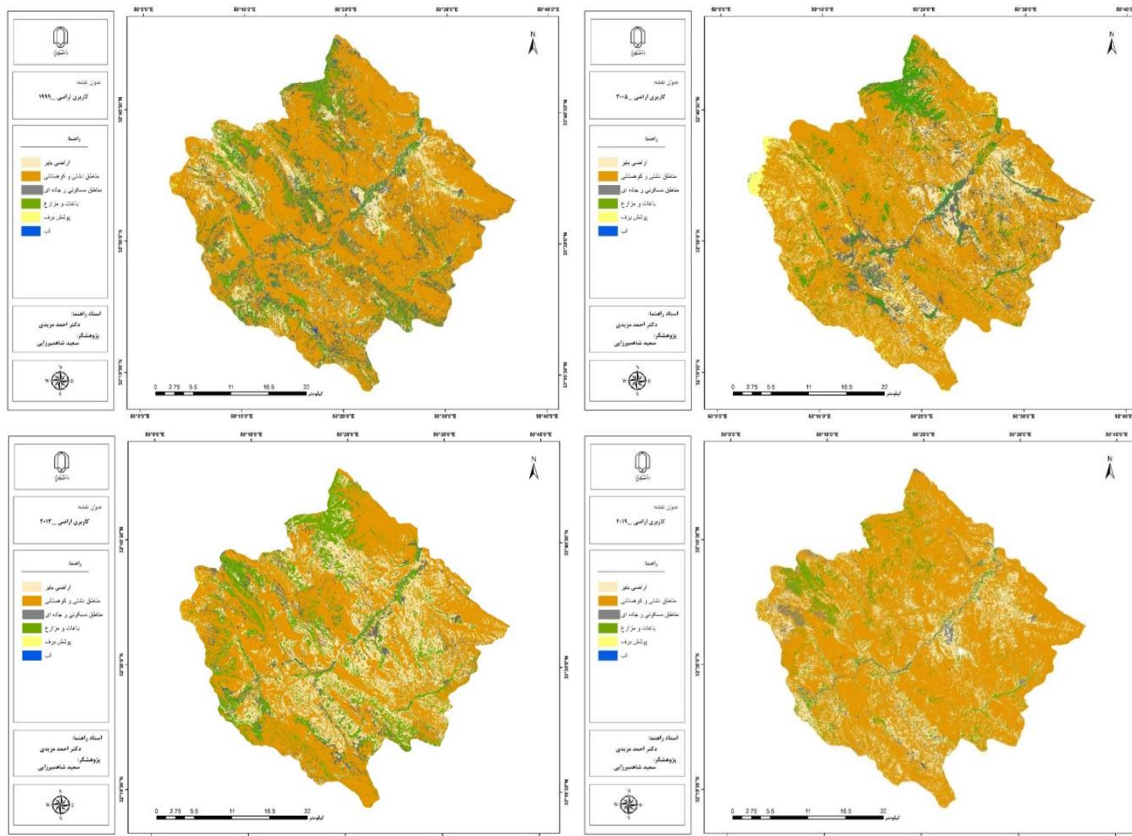
داشته است. در طول دوره بتدریج از مساحت پوشش گیاهی معمولی و متراکم کم شده و به درصد مساحت پوشش گیاهی تنک و فاقد پوشش گیاهی اضافه شده است.

بر طبق شکل ۳ که مساحت انواع پوشش گیاهی منطقه را بر حسب درصد و برای چهار دوره نشان می دهد، ملاحظه می کنید که بیشترین درصد را پوشش گیاهی از نوع معمولی به خود اختصاص داده و کمترین درصد را نوع فاقد پوشش گیاهی

۲-۳. تغییرات کاربری اراضی منطقه

کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ می‌باشد و مساحت هر کاربری و تغییرات آنها در دوره‌های مختلف در جدول نشان داده شده است.

پس از پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست، نقشه‌های کاربری در شش طبقه تولید گردید. شکل ۴ نشان‌دهنده نقشه



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی منطقه برای سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹

همانطور که شکل ۴ نشان می‌دهد، ملاحظه می‌کنید در فاصله سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ به تدریج از مساحت کاربری‌های باغات و مناطق مسکونی و جاده‌ای اضافه شده است. و مزارع و آب کاسته شده و بر مساحت کاربری‌های اراضی بایر

جدول ۲. تغییرات کاربری اراضی طی بازه زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۹ میلادی

نوع عارضه	سال ۱۹۹۹		سال ۲۰۰۵		سال ۲۰۱۳		سال ۲۰۱۹	
	مساحت (KM ²)	درصد	مساحت (KM ²)	درصد	مساحت (KM ²)	درصد	مساحت (KM ²)	درصد
زمین بایر	۵۱۳.۷۱	۳۴.۴۳	۵۲۳.۲۳	۳۵.۰۷	۵۳۱.۷	۳۵.۶۴	۵۳۶.۴	۳۵.۹۵
باغات و مزارع	۳۱۱.۹۵	۲۰.۹	۲۹۷.۱۳	۱۹.۹	۲۶۴.۸۹	۱۷.۷۶	۲۵۵.۷	۱۷.۱۵
مناطق مسکونی	۹۸.۶۸	۶.۶۱	۱۰۳.۷۶	۹.۹۶	۱۲۲.۱۹	۸.۱۹	۱۲۷.۲۴	۸.۵۲
مناطق کوهستانی و دشتی	۵۵۹.۲۶	۳۷.۵	۵۵۷.۸	۳۷.۳۹	۵۶۵.۸۳	۳۷.۹۳	۵۶۴.۰۶	۳۷.۸۲
آب	۴.۴۷	۰.۲۹	۴.۰۵	۰.۲۷	۲.۷۳	۰.۱۸	۴.۰۸	۰.۲۷
پوشش برف	۳.۶۵	۰.۲۴	۵.۷۶	۰.۳۸	۴.۳۳	۰.۲۹	۴.۲۲	۰.۲۸
جمع	۱۴۹۱.۷	۱۰۰	۱۴۹۱.۷	۱۰۰	۱۴۹۱.۷	۱۰۰	۱۴۹۱.۷	۱۰۰

بر اساس جدول ۲ که تغییرات مساحت انواع کاربری اراضی در

طی بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ میلادی را برای حوضه آبریز قلعه شاهرخ نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که در سال ۱۹۹۹ به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت را کاربری اراضی از نوع مناطق کوهستانی و دشتی با اندازه ۵۵۹/۲۶ کیلومتر مربع و پوشش برف به میزان ۳/۶۵ کیلومتر مربع به خود اختصاص داده است. کاربری‌های زمین بایر، مناطق مسکونی، مناطق کوهستانی و دشتی، روندی صعودی و افزایشی را در فاصله سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ داشته و بر عکس کاربری‌های باغات و مزارع و آب روندی کاهشی را در این بازه زمانی داشته‌اند و پوشش برف فاقد

روند بوده است.

۳-۳. ارزیابی کاربری اراضی

یکی از مسائل قابل توجه پس از پردازش درزمینه طبقه‌بندی کاربری اراضی از روی تصاویر ماهواره‌ای، ارزیابی دقت طبقه‌بندی است. این کار با استفاده از روش‌های جمع‌آوری داده‌ها، بدون اینکه توجهی به نتایج طبقه‌بندی شود، صورت می‌گیرد. یکی از پارامترهای دقت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود ضریب کاپا است. ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند.

جدول ۳. ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده طی بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹

سال	نوع عارضه	دقت تولید (%)	دقت کاربر (%)	commission (%) خطای	omission (%) خطای	دقت کلی	ضریب کاپا
۱۹۹۹	زمین بایر	۶۴.۷	۸۴.۶	۱۵.۳	۳۵.۲۹	۸۹.۶%	۸۷%
	باغات و مزارع	۹۵.۶	۸۸	۱۲	۴.۳۵		
	مناطق مسکونی	۹۱.۱۸	۹۶.۸۸	۳.۳	۸.۸		
	مناطق کوهستانی و دشتی	۱۰۰	۹۴.۱۲	۵.۸۸	۰.۰۰		
	آب	۹۰	۷۱.۴۳	۲۸.۵۷	۱۰		
	پوشش برف	۱۰۰	۸۷.۱۰	۱۲.۹	۰.۰۰		
۲۰۰۵	زمین بایر	۹۳.۷۵	۱۰۰	۰.۰۰	۶.۲۵	۹۶.۱%	۹۵%
	باغات و مزارع	۹۵.۲	۹۷.۲	۲.۷	۴.۸		
	مناطق مسکونی	۹۵.۲	۱۰۰	۰.۰۰	۴.۷۶		
	مناطق کوهستانی و دشتی	۹۶.۱	۹۲.۵	۷.۵	۳.۸۹		
	آب	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰		
	پوشش برف	۹۶.۵۴	۹۰.۳	۹.۷	۳.۴۶		
۲۰۱۳	زمین بایر	۸۹.۵	۹۱.۳۰	۸.۷۰	۱۲.۵۰	۸۹.۶۹%	۸۶%
	باغات و مزارع	۸۸.۸۹	۸۴.۲۱	۱۵.۷۹	۱۱.۱۱		
	مناطق مسکونی	۹۵.۶۵	۸۴.۶۲	۱۵.۳۸	۴.۳۵		
	مناطق کوهستانی و دشتی	۹۲.۷	۸۶.۷	۱۳.۳	۷.۱		
	آب	۹۳.۷۵	۱۰۰	۰.۰۰	۶.۲۵		
	پوشش برف	۸۱.۲۵	۹۲.۸۶	۷.۱۴	۱۸.۷۵		
۲۰۱۹	زمین بایر	۸۶	۸۶	۱۴	۱۴	۹۰.۷%	۹۲%
	باغات و مزارع	۱۰۰	۱۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰		
	مناطق مسکونی	۹۴.۶	۸۶.۹۶	۱۳.۰۴	۵.۳		
	مناطق کوهستانی و دشتی	۹۲.۱۵	۹۶.۱	۳.۸۹	۷.۸۴		
	آب	۹۴.۱۲	۹۶.۲	۳.۸	۵.۸۸		
	پوشش برف	۸۷.۶	۱۰۰	۰.۰۰	۱۲.۳		

متوسط CN برای مناطق بایر و مراتع ۵۰، باغات ۷۲، مناطق مسکونی ۸۰ و کوهها و دشت ۴۰ در نظر گرفته شد و بر اساس مساحت کاربریها مقدار CN میانگین حوضه و ضریب نگهداشت سطحی برای سالهای مختلف طبق جدول زیر بدست آمد. با داشتن مقادیر بارندگی (P) و شماره منحنی حوضه (CN) و با استفاده از روابط ۱ و ۲ که در قسمت‌های قبل به آن اشاره شد، می‌توان ارتفاع رواناب را بدست آورد.

با توجه به جدول ۳ که ماتریس خطای تصویر طبقه‌بندی شده در سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ را نشان می‌دهد، نشان‌دهنده‌ی این است که طبقه‌بندی از دقت بهینه قابل قبولی برخوردار است.

۳-۴. بررسی تأثیر تغییر کاربری بر روی سیلاب منطقه
جهت بررسی تأثیر بارش و تغییر کاربری بر روی سیلاب منطقه از معادله سازمان حفاظت خاک آمریکا استفاده شد. مقدار

جدول ۴. بررسی تأثیر بارش و تغییر کاربری اراضی بر روی ارتفاع رواناب

سال	1999	2005	2013	2019
CN میانگین	52/85164	52/74756	52/58316	52/56303
متوسط ضریب نگهداشت سطحی (S)	6/460047	6/467847	6/476383	6/474986
بارش سالانه بر حسب اینچ (P)	45/15	68/19	31/32	76/96
ارتفاع رواناب بر حسب اینچ (R)	38/22731	60/99879	24/69744	69/70043
ارتفاع رواناب بر حسب بارندگی ۳۰ اینچ برای همه سالها	23/4346	23/42789	23/42056	23/42176

تغییرات کاربری اراضی در این مدت بر اساس شکل ۴ و جدول ۲، کاربری‌های زمین بایر، مناطق مسکونی و جاده‌ای، مناطق کوهستانی و دشتی روندی صعودی و افزایشی داشته و بر عکس کاربری‌های باغات و مزارع و آب روندی کاهشی را در این بازه زمانی داشته‌اند ولی این تغییرات بسیار جزئی بوده است. برای بررسی میزان تأثیر بارش و تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب از معادله سازمان حفاظت خاک آمریکا استفاده شد. با توجه به جدول ۴ و معادله سازمان حفاظت خاک آمریکا برای محاسبه ارتفاع رواناب، مشخص شد در این حوضه آبریز و در فاصله سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ تغییرات کاربری اراضی ناچیز بوده و تأثیر کمی بر ارتفاع رواناب داشته است ولی بارش تأثیر بیشتری بر ارتفاع رواناب داشته است. یعنی در بین دو عامل بارش و تغییر کاربری اراضی، بارندگی بیشترین نقش را بر سیلاب در حوضه دارد و تأثیر تغییر کاربری‌ها بسیار ناچیز می‌باشد. با توجه به یافته‌های این پژوهش و اهمیت این حوضه در تأمین آب شرب و کشاورزی پیشنهاد می‌شود در زمینه تغییر اقلیم در حوضه تحقیق انجام گیرد و با توجه به کاهش پوشش گیاهی منطقه،

بر اساس جدول ۴ برای بررسی تأثیر تغییر کاربری ابتدا مقدار بارش (P) برای همه سالها یکسان در نظر گرفته شد (۳۰ اینچ) و مشاهده گردید که تغییرات ارتفاع رواناب (R) بسیار ناچیز و همه نزدیک ۲۳/۴ می‌باشد که علت آن تغییرات جزئی در کاربری در سالهای مختلف می‌باشد اما با قرار دادن بارش سالانه واقعی در معادله، تغییرات سیلاب بسیار محسوس بود که نشان از تأثیر بارش بر سیلاب در سالهای مختلف دارد به طوری که ارتفاع رواناب بین ۲۴ تا ۶۹ اینچ در سالهای ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ متفاوت می‌باشد. یعنی بارندگی بیشترین نقش را بر سیلاب در حوضه دارد و تأثیر تغییر کاربری‌ها بسیار کم می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری

بخش‌های مختلف اکوسیستم یک منطقه تأثیرپذیری زیادی از تغییرات آب و هوایی مثل بارش و دما و تغییرات محیطی مانند تغییرات کاربری اراضی دارد. در کل روند تغییرات پوشش گیاهی حوضه آبریز قلعه شاهرخ در فاصله سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ کاهشی بوده و از تراکم آن کاسته شده است. از لحاظ

- ارگان‌های مرتبط مانند منابع طبیعی و محیط زیست از تغییر کاربری اراضی مرتعی و باغات و مزارع به سایر کاربری‌ها و از چرای زودهنگام و خارج از فصل و چرای بیش از حد مراتع جلوگیری بعمل آورند و همچنین بذرکاری و کپه‌کاری (گیاهان مرتعی) گونه‌های مرتعی در جاهایی که این گونه‌ها از بین رفته یا کاهش پیدا کرده است در دستور کار قرار گیرد تا پوشش گیاهی منطقه حفظ شود. با توجه به نبود ایستگاه‌های هیدرومتری در تمام زیرحوضه‌ها و کم بودن آمار و اطلاعات ثبت شده از سیل در حوضه آبریز قلعه شاهرخ که خود یکی از محدودیت‌های این پژوهش بود، پیشنهاد می‌شود سازمانهای دولتی مربوط به منابع آب و حوضه‌های آبخیز کشور در زیر حوضه‌ها، ایستگاه هیدرومتری ایجاد کنند تا بتوان شدت سیل خیزی زیرحوضه‌ها را تشخیص داد و زمینه پژوهش بیشتر و دسترسی به نتایج واقعی را فراهم سازند.
- ۵. منابع**
۱. اسفندیاری درآبادی، فریبا؛ پورگنجی، زینب؛ مصطفی زاده، رئوف، و آقائی، مریم. (۱۴۰۲). تغییر مولفه‌های هیدروگراف سیلاب در اثر تغییرات بلندمدت کاربری اراضی در حوضه آبخیز ننه کران اردبیل. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۳(۴)، ۴۴۳-۴۶۱. doi: 10.22125/iwe.2023.173366
 ۲. براتی قهفرخی، سوسن، سلطانی کوپایی، سعید، خواجه الدین، سید جمال الدین، رایگانی، بهزاد (۱۳۸۸)، بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوضه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور (دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۵۴)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۴۷): ۳۶۵-۳۴۹.
 ۳. جلالی، جمشید، (۱۳۹۸)، کمی سازی اثرات تغییر اقلیم و فعالیتهای انسانی بر کاهش رواناب در مورد مطالعاتی بالادست سد زاینده رود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
 ۴. زارع بیدکی، رفعت، بدری، بهرام، هنربخش، افشین و فاطمه آتشخوار، (۱۳۹۵)، اولویت بندی زیرحوضه‌های آبخیز بهشت آباد از نظر پتانسیل سیل خیزی، پژوهش های
 ۵. جغرافیای طبیعی، دوره ۴۸، شماره ۱، صص ۱۵۸-۱۴۳.
 ۵. سرایی، بهناز، طالبی، علی، مزیدی، احمد و پرویزی، سارا، (۱۳۹۹)، اولویت بندی حوضه آبخیز سردآبرود از نظر سیل خیزی با استفاده از مدل SWAT، فصلنامه مخاطرات محیط طبیعی، دوره: ۹، شماره: ۲۳، صص ۸۵-۹۸.
 ۶. شریعت جعفری، محسن، (۱۳۷۶)، ارزیابی روش‌های پهنه بندی خطر زمین لغزش در شیب‌های طبیعی، مرکز تحقیقات حفاظت آب و خاک، انتشارات سازه، ص ۱۲۴.
 ۷. عزیززاده، امین، ۱۳۸۷، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.
 ۸. محمدی، مجید، زینی وند، حسین، مرادی، حمیدرضا، پورقاسمی، حمیدرضا و فرازجو، حسن، (۱۳۹۴)، بررسی اثرات کاربری اراضی بر تولید رواناب با استفاده از مدل WetSpa. مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۴، ۳۶۹-۳۵۷.
 ۹. هادیانی، میرامید، (۱۳۸۶)، نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب های منطقه ای، محیط شناسی، ۳۳(۴۲)، ۹-۱۶.
 ۱۰. یاری، رضا، کهنه، علی، جندقی، نادر و فرزانه خجسته، (۱۳۸۹)، بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ضریب رواناب سطحی و دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف (مطالعه موردی: حوضه آبخیز النگدره گرگان)، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، نور، دانشگاه تربیت مدرس.
 11. Banasik, K., and Pham, N. 2010. Modelling of the effects of land use changes on flood hydrograph in a small catchment of the Płaskowicka. Southern part of Warsaw, Poland. Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Land Reclaim. 42: 2. 229-240.
 12. Khalid Hussein, Khaula Alkaabi, Dawit Ghebreyesus, Muhammed Usman Liaqat & Hatim O. Sharif (2020) Land use/land cover change along the Eastern Coast of the UAE and its impact on flooding risk, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 11:1, 112-130, DOI: 10.1080/19475705.2019.1707718.
 13. Sajikumar, N., Remya, R. S. (2014). Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. Journal of Environmental Management. 21(4): 244-257.
 14. Sala, O. E., F. S. Chapin, H. Armesto, Berlow,

- J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzing, R. Leemans, D. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, and D. H. Wall. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the year 2100, *journal of science*, 287: 1770-1774 pp.
15. Tola, S. Y., & Shetty, A. (2023). Quantification of change in land cover and rainfall variability impact on flood hydrology using a hydrological model in the Ethiopian river basin. *Environmental Earth Sciences*, 82(10), 254. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-10929-9>
16. Younis, S. M. Z., & Ammar, A. (2017). Quantification of impact of changes in land use-land cover on hydrology in the upper Indus Basin, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21:3, 255–263, Doi: /10.1016/j.ejrs.2017.11.001.