

Determining the changes in flood potential caused by drought periods in the Dehak watershed of South Khorasan province

Mostafa Abdi¹, Mohammad Nohtani², Morteza Dehghani³, Abbas Khaksefidi^{4*}

¹ Graduated M.Sc. Student, Department of Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

² Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

³ Graduated Ph.D. Student in Watershed Management, General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of South Khorasan Province, Birjand, Iran

⁴ Lecturer, Department of Rangeland and Watershed, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

Abstract

Introduction

Climatic changes and the occurrence of long-term drought have greatly affected the vegetation pattern of watersheds, which results in the change of runoff coefficient and flood potential. The phenomenon of flooding in Iran is more than caused by the occurrence of heavy rains, it is the effect of disturbing the natural balance and geographical conditions of the region so that the occurrence of ordinary rains also causes floods.

Materials and Methods

In order to investigate the flood changes and prioritize the sub-basins of the Dehak watershed in South Khorasan province based on flood potential under the influence of drought periods, 30 years of annual rainfall statistics were used and the SPI drought index was determined. Digital elevation model maps, soil hydrological groups, and Landsat 5 and 7 satellite images for the years 1990, 2000, and 2009 were prepared and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated with the help of ENVI 4.8 software and maps of vegetation and land use status were prepared. With Arc GIS 9.3 software, curve number maps from the integration of soil hydrological group maps, land use, and vegetation status, based on the Soil Conservation Service method, and with the SCS method, the participation rate of each of the sub-basins in the output flood of the entire area is determined, and by repeating the individual removal of each of the sub-areas, the sub-areas were prioritized based on flood potential.

Results and Discussion

The results of classifying Landsat images using the maximum likelihood method showed that the overall accuracy and the Kappa coefficient obtained from the estimation of accuracy in the NDVI map in 1990, obtained from Landsat images were equal to 73.2 and 0.68%, respectively, in the map obtained in 2000 equal to 75.2 and 0.71% and in the map obtained in 2009 it is 79.8 and 0.84 respectively. The results of the correlation of the percentage of the area of the NDVI for the three years 1990, 2000, and 2009 using SPSS software And the analysis of variance test (One-Way ANOVA) and Duncan's subset and also a significant level of 95% showed that between the three NDVI indices for the three years 1990, 2000 and 2009, the normalized difference index of vegetation cover had a high correlation (0.91) at the level There was a significant value of 0.05. Based on the standardized precipitation index, from 1998 to 2010, with the exception of 4 years, the rest were determined as drought periods in the region. The kappa coefficient obtained from the estimation of the accuracy of the NDVI map was 0.84, which was the most accurate in monitoring vegetation changes. The set of the slope, soil, and geological factors has led to placing 86.6% of the area in hydrological group C, which by definition has a high ability to produce runoff. The weighted average curve number (CN) of the Dehak watershed has changed from 62.35 in the wet year of 1990 to 65.04 and 63.50 in 2000 and 2009, which were dry years. Examining the significance of the simulated values of runoff height and flood peak flow using the analysis of variance test showed that there is a high correlation (0.71) at a significant level of 0.5 between the values of the runoff height

corresponding to the three years 1990, 2000 and 2009 and there was a high correlation (0.68) between the values of the peak flow of the flood corresponding to the three years, the studied index. The peak flood discharge with a 5-year return period increased from 7.89 m³/s in 1990 to 13.67 m³/s in 2000, which was affected by drought, which is equivalent to 74.87%. This increase for the peak discharge of 200 years was equal to 21.64% so its amount increased from 93.68 m³/s in 1990 to 112.42 m³/s in 2000. The investigation of the runoff curve number of the Dehak watershed in 1990, i.e. before the drought period, showed that it was 62.35 in 1990 and 65.04 in 2000, and 63.50 in 2009, so it can be concluded that the period of Drought caused an increase in the number of runoff curves in Dehak watershed. The investigation of the height of the flood runoff of the Dehak watershed in 1990, that is, before the drought period, was determined to be 1.8 mm, and this ratio changed from 3.23 mm in 2000 to 2.8 mm in 2009, so it can be concluded that the occurrence of the period Drought has caused an increase in the height of the runoff in the Dehak watershed. Vegetation has less effect in the relative reduction of terrible floods with a high return period. In the study of the effect of changes in vegetation cover on the peak discharge and flood volume, it is also observed that the peak discharge of the flood is more sensitive to land use changes. The results of the flood discharge in the land use scenario (continuing the process of vegetation destruction) also showed that in case of further destruction of forests and pastures in the area and development of agricultural lands, the peak flood discharge will increase by 35 and 24% with a return period of 5 and 100 years, respectively. Found. This means that vegetation alone plays a limited role in controlling large floods with high return periods. The high weighted average of the curve number in the whole area in different years indicates the high risk of flooding in the Dehak watershed.

Conclusion

By prioritizing flood potential, it was found that among the 7 sub-areas, F3 sub-area (CN) has the highest value with 66.89 and is the most flood-prone sub-area, which is due to the existence of phyllite formations, Marne and also the abundance of sloping surfaces are in it, and sub-areas F4 and F5 are placed in the next level of flooding, which should be considered in management and executive planning. The priority map of the sub-basins in terms of flood potential shows that in the southeast margin overlooking the heights of the basin, there are factors such as high slope and rocky outcrops without vegetation cover next to the land use, the risk of flooding is very high and therefore the priority of any watershed engineering operation. In this area, it is more priority than other points.

Keywords: Curve Number, Nehbandan, NDVI, SCS

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: a.khaksafidi@uoz.ac.ir

Citation: Abdi, M., Nohtani, M., Deghani, M., & Khaksefidi, A. (2023). Determining the changes in flood potential caused by drought periods in the Dehak watershed of South Khorasan Province. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(1), 149-164.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11296.1118

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.1.9.1

Received: 11 August 2022, Received in Revised form: 31 August 2022, Accepted: 01 September 2022, published online: 01 September 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 1, pp. 149-164

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





تعیین تغییرات سیل خیزی ناشی از دوره‌های خشکسالی در حوزه آبخیز دهک استان خراسان جنوبی

مصطفی عبدی^۱، محمد نهتانی^۲، مرتضی دهقانی^۳، عباس خاک‌سفیدی^{۴*}

^۱ کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

^۲ استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

^۳ دکتری آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان جنوبی، بیرجند، ایران

^۴ مربی، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

تغییرات اقلیمی و وقوع خشکسالی درازمدت، به شدت بر تراکم پوشش گیاهی مؤثر بوده که پیامد آن تغییر ضریب رواناب و پتانسیل سیل خیزی است. برای بررسی تغییرات سیل خیزی و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز دهک استان خراسان جنوبی بر اساس پتانسیل سیل تحت تأثیر دوره‌های خشکسالی، از آمار ۳۰ ساله بارندگی سالانه استفاده و شاخص خشکسالی SPI تعیین شد. نقشه‌های مدل رقمی ارتفاع، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و تصاویر ماهواره‌های لندست ۵ و ۷ برای سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ تهیه و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) به کمک نرم‌افزار ENVI 4.8 محاسبه و نقشه‌های وضعیت پوشش گیاهی و کاربری اراضی تهیه شد. به کمک نرم‌افزار Arc GIS 9.3 نقشه‌های شماره منحنی از تلفیق نقشه‌های گروه هیدرولوژیکی خاک، کاربری اراضی و وضعیت پوشش گیاهی، به دست آمد و با روش SCS میزان مشارکت هر یک از زیرحوضه‌ها در سیل خروجی کل حوضه تعیین و با تکرار حذف انفرادی هر یک از زیرحوضه‌ها، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس پتانسیل سیل انجام گرفت. بر اساس شاخص بارش استاندارد شده، به استثنای چهار سال، از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۹۰ به عنوان دوره خشکسالی در منطقه تعیین شد. ضریب کاپای حاصل از برآورد صحت در نقشه NDVI ۰/۸۴ به دست آمد که بیش‌ترین دقت را در پایش تغییرات پوشش گیاهی داشته است. میانگین وزنی شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز دهک از ۶۲/۳۵ در سال مرطوب ۱۳۶۹ به ۶۵/۰۴ و ۶۳/۵۰ در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ که سال خشک بوده‌اند تغییر یافته است. دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت پنج ساله از ۷/۸۹ مترمکعب بر ثانیه در سال ۱۳۶۹ به ۱۳/۶۷ مترمکعب بر ثانیه در سال ۱۳۷۹ که دچار خشکسالی بوده که معادل ۷۴/۸۷ درصد افزایش یافته است. این افزایش برای دبی اوج ۲۰۰ ساله، معادل ۲۱/۶۴ درصد بوده، به طوری که مقدار آن از ۹۳/۶۸ مترمکعب بر ثانیه در سال ۱۳۶۹ به ۱۱۲/۴۲ مترمکعب بر ثانیه در سال ۱۳۷۹ افزایش یافته است. با اولویت‌بندی پتانسیل سیل خیزی مشخص شد که از بین هفت زیرحوضه، CN زیرحوضه F3 نقشه با ۶۶/۸۹ بیش‌ترین مقدار را دارد و به عنوان سیل‌خیزترین زیرحوضه‌هاست که دلیل آن مربوط به وجود سازندهای فیلیت، مارن و هم‌چنین فراوانی سطوح شیب‌دار در آن است و زیرحوضه F4 و F5 در رده بعدی سیل خیزی جای می‌گیرند که بایستی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و اجرایی مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: NDVI، SCS، شماره منحنی، نهندان

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.khaksafidi@uoz.ac.ir

استاد: عبدی، م، نهتانی، م، دهقانی، م، و خاک‌سفیدی، ع. (۱۴۰۲). تعیین تغییرات سیل خیزی ناشی از دوره‌های خشکسالی در حوزه آبخیز دهک استان خراسان جنوبی. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۱)، ۱۴۹-۱۶۴.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11296.1118

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.1.9.1

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۰، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۰۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۱۴۹ تا ۱۶۴

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

بخش وسیعی از کشور به علت قرار گرفتن در کمربند بیابانی دنیا دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و به این علت مقادیر کمی (یک سوم بارش متوسط جهان) را دریافت می‌کند. این میزان بارش کم نیز در سال‌های مختلف دارای نوسانات شدیدی است. در سال‌های اخیر بنا به عللی که غالباً مربوط به تغییرات جهانی اقلیم است، ناهنجاری‌های بارش در نواحی مختلف نیز فزونی یافته است. افزایش وقوع خشکسالی و سیلاب در نواحی مختلف کشور را می‌توان از اثرات نوسان‌های بارش محسوب نمود. قرار گرفتن ۹۰٪ مساحت کشور در منطقه خشک و کم آب جهان، باعث می‌شود تا دوره‌های خشکسالی و اثرات ناشی از آن را که بر دوره‌های ترسالی غلبه دارد، به‌عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی سیاست‌مداران و برنامه‌ریزان کشور قرار دهد (Farajzadeh, 2005). سیل و حوادث مرتبط با آن یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی بوده که همه‌ساله در کشور باعث بروز خسارت‌های عمده‌ای به تأسیسات و ابنیه و راه‌ها می‌شود (Behnam et al., 2012, Azizi et al., 2022). پدیده سیل در شرایط فعلی ایران، بیش از آن که ناشی از وقوع بارش‌های شدید باشد، ناشی از به هم خوردن تعادل طبیعی و شرایط جغرافیایی منطقه است به‌طوری‌که بروز بارش‌های معمولی نیز موجب جاری شدن سیلاب می‌شود. از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر عدم درک صحیح از مدیریت منابع تجدیدشونده، نبود جایگاه برای آن در سیاست‌گذاری‌های کلان، شرایطی را فراهم نموده است که هر از چند گاهی شاهد بروز سیلاب و اثرات تخریبی آن و از دست رفتن میلیون‌ها تن از خاک‌های بارزش باشیم (Servati et al., 2011). سیلاب، پدیده‌ای است که دلیل اصلی آن عوامل طبیعی بوده و دخالت بشری باعث برهم خوردن تعادل طبیعی حوزه‌های آبخیز و وقوع این پدیده و خسارات و زیان‌های ناشی از آن را تشدید می‌کند. مهم‌ترین عوامل در افزایش سیلاب تبدیل اراضی، تخریب پوشش گیاهی و خاک، تجاوز بشر به حریم رودخانه‌ها و شدت بارندگی است. رشد فزاینده جمعیت، محدود بودن منابع و برهم خوردن تعادل اکولوژیک حاکم بر محیط‌زیست، در اثر بهره‌برداری‌های بی‌رویه انسان و تغییرات اقلیمی به خصوص در چند دهه اخیر باعث بروز خشکسالی شده است. از عمده‌ترین مشکلات خشکسالی در حوزه‌های آبخیز می‌توان به بروز سیل‌های مخرب، وقوع طوفان‌های شدید، ظهور فرسایش بادی، پر شدن مخازن سدها و بالا آمدن کف رودخانه‌ها در اثر انباشت رسوب اشاره نمود (Servati et al., 2011).

(Panahi et al. (2011) نقشه CN را برای حوزه آبخیز مادرسو در استان گلستان به کمک نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تهیه و سپس با به‌کارگیری روش SCS و نقشه CN و لایه بارش، پهنه‌هایی که پتانسیل ایجاد رواناب مشابهی دارند مشخص نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از مدل وزنی در محاسبه شماره منحنی این امکان را فراهم می‌سازد که تمام عوامل مؤثر در تولید رواناب در نظر گرفته شود و تخمین درست‌تری از رواناب ناشی از بارندگی به‌دست آید. (Booye (2014) کارایی روش شماره منحنی و استدلالی را در برآورد ارتفاع و دبی رواناب در حوزه آبخیز سرباز استان سیستان و بلوچستان مورد ارزیابی قرار داد. مقدار دبی اوج مشاهداتی را به‌عنوان مبنا در نظر گرفت و مقدار دبی اوج برآورد شد و مقادیر درصد خطا نسبت به دبی اوج مشاهداتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش شماره منحنی دبی اوج را با دقت کم‌تر و خطای بسیار بالاتری نسبت به روش استدلالی برآورد می‌نماید.

(Oliveira et al. (2013 تغییرات کاربری اراضی، پوشش زمین و شماره منحنی را در حوزه آبخیز سردابیوم برزیل مطالعه کردند. آن‌ها در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10 با تلفیق نقشه‌های شیب، نقشه خاک و زمین‌شناسی، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را به‌دست آوردند نتایج نشان داد که مقدار CN برای خاک‌های لخت کلاس A، ۸۹/۹، خاک‌های لخت کلاس B، ۸۸/۳، مرتع ۷۷/۷ و اراضی سویا، ارزن و نیشکر به‌ترتیب ۸۳/۵، ۷۳/۹ و ۸۳/۹ است.

(Regulwar and Vaishali (2014) استفاده از تصاویر لندست به بررسی میزان CN در هندوستان پرداختند. آن‌ها برای تعیین CN طی بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۳ برای سه خاک A، B و C با استفاده از تصاویر لندست، نقشه کاربری اراضی و همچنین نقشه شاخص NDVI را برای تعیین تراکم پوشش گیاهی تهیه نمودند. از تلفیق نقشه‌های کاربری، NDVI، زمین‌شناسی و گروه هیدرولوژیکی خاک نقشه شماره منحنی حاصل شد. نتایج نشان داد که مقدار CN از سال ۱۹۸۶ تا سال ۲۰۱۳ برای سه خاک A، B و C از ۸۵ به ۹۲ افزایش یافته است. (Sirati et al. (2014) تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی حوزه آبخیز بندان با استفاده از تصاویر لندست سنجنده TM و ETM را بررسی و شاخص SPI^۳ را برای ایستگاه هواشناسی نهبندان طی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ محاسبه نمودند و بر اساس تصاویر برگرفته شده از سه سال طی بازه زمانی ۲۴ ساله NDVI را تعیین و در نهایت دو شاخص SPI و NDVI را مورد مقایسه قرار دادند. از تلفیق سه نقشه کاربری،

¹ Curve Number

² Normalized Difference Vegetation Index

³ Standardized Precipitation Index

پهنه‌هایی با پتانسیل سیل‌خیزی نرمال، ۱۷ درصد روستاها در پهنه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی بحرانی و ۵ درصد روستاهای حوزه آبخیز به دلیل قرارگرفتن در مناطق مرتفع و شیب‌دار در پهنه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی فوق بحرانی قرار دارند. بررسی مطالعات در زمینه کاربرد مدل‌های تجربی برآورد دبی رواناب، نشان می‌دهد که اکثر مطالعات انجام شده در حوزه‌های آبخیز، همگی به عدم وجود اطلاعات هیدرولوژیکی در آبخیزها اذعان دارند و روش شماره منحنی به دلیل سهولت کاربرد و دسترسی داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز مدل و جهت صحت‌سنجی، به‌عنوان یک جایگزین، در حوزه‌های آبخیز مشابهی که دارای فقر اطلاعات هیدرولوژیکی هستند، بیش‌تر مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به کارایی روش شماره منحنی که از بررسی مطالعات حاصل شده و نظر به وقوع دوره‌های خشکسالی، افزایش وقوع سیلاب‌های مخرب تشدید شده است. با توجه به شناسایی مناطق سیل‌خیز و ارزیابی راهکارهای نفوذ سیلاب در اراضی مستعد بالادست ضمن کمک به تغذیه طبیعی آبخوان‌ها، در این پژوهش تأثیر دوره‌های خشکسالی و تغییرات پوشش گیاهی ناشی از آن، بر تغییرات سیل‌خیزی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس پتانسیل سیل در حوزه آبخیز دهک استان خراسان جنوبی با استفاده از روش شماره منحنی ارزیابی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دهک به مساحت ۱۲۰ کیلومترمربع در استان خراسان جنوبی، شهرستان نهبندان، بخش شوسف و دهستان عربخانه و مختصات جغرافیایی $19^{\circ} 27' 59''$ تا $22^{\circ} 36' 59''$ طول شرقی و $13^{\circ} 09' 32''$ تا $17^{\circ} 40' 32''$ عرض شمالی واقع است. نقطه خروجی حوزه آبخیز مورد مطالعه نیز دارای مختصات $28^{\circ} 27' 59''$ طول شرقی و $12^{\circ} 11' 32''$ عرض شمالی است (شکل ۱). در داخل حوضه مورد مطالعه روستاهای کلاته علی‌آباد، کلاته مزار، سایه سنگان، دورودی، دهک، حسین‌آباد، بوری‌آباد، خسروی، سنگان، گزن، بیسه، زین‌آباد، سولاخان و اناران وجود دارد و اقتصاد ساکنان این حوضه بر پایه نقل و انتقال کالا و سپس دامداری است. ارتفاع حداقل و حداکثر حوضه به ترتیب ۱۸۶۷ و ۲۴۲۰ متر و طولانی‌ترین آبراهه آن حدود ۱۱/۴۵ کیلومتر است. در تقسیمات وزارت نیرو با دارا بودن هفت زیرحوضه (شکل ۲)، به‌عنوان بخشی از حوضه فلات مرکزی ایران محسوب می‌شود که کم‌ترین مساحت، مربوط به زیرحوضه F7 با ۱۰۵۶ هکتار و بیش‌ترین مساحت مربوط به زیرحوضه F5 با ۲۵۹۳ هکتار است. میانگین بارش سالانه در ایستگاه هواشناسی نهبندان در طول دوره ۳۰ ساله برابر ۱۷۲ میلی‌متر و

گروه هیدرولوژیکی خاک و نقشه‌های NDVI مربوط به هر سال، نقشه شماره منحنی تهیه که نتایج نشان داد که مقدار میانگین وزنی CN از ۶۹/۸۸ در سال ۱۳۶۹ به ۷۳/۹۰ در سال ۱۳۸۵ و ۷۱/۷۴ در سال ۱۳۸۸ تغییر یافته است.

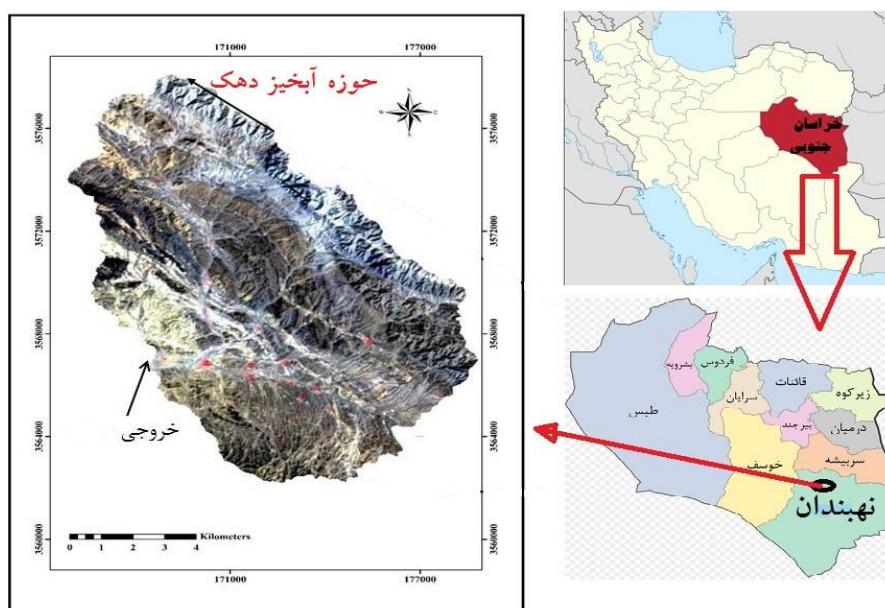
(Moradi et al. (2016) به‌منظور مقایسه تغییر کاربری اراضی مرتعی به دیمزار در منطقه مطالعاتی دهرسد و کوه‌سفید استان کرمان از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM و OLI استفاده نمودند. نتایج تغییرات کاربری اراضی در دو منطقه نشان داد که کاربری اراضی مرتع بیش‌ترین تبدیل و تغییر را داشته است. درصد تغییرات در حوزه آبخیز دهرسد ۷۷ درصد و در حوزه آبخیز کوه‌سفید ۷۳ درصد بود. جهت صحت‌نقشه پوشش و کاربری، ضریب کاپا برای حوزه آبخیز دهرسد و کوه‌سفید به ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۷ محاسبه شد. (Ghorbani and Tavoosi (2015) در حوزه آبخیز منصورآباد خراسان جنوبی با به‌کار بردن سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، اقدام به تهیه نقشه CN نمودند. در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 با تلفیق نقشه‌های شیب، نقشه خاک و زمین‌شناسی، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را به‌دست آوردند. NDVI به کمک نرم‌افزار ENVI محاسبه و هم‌چنین نقشه کاربری اراضی از روی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی به‌دست آمد. نتایج نشان داد که بین اعداد محاسبه‌شده و مشاهده شده شماره منحنی، ۸۹ درصد شباهت وجود دارد.

(Fawzi (2015) به بررسی تأثیر خشکسالی بر تراکم پوشش گیاهی در شش زیرحوضه منطقه عسیر عربستان پرداختند برای تعیین تراکم پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره لندست طی بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ استقاده نمودند. داده‌های NDVI محاسبه شده برای سال ۲۰۱۴ نشان داد که میزان پوشش گیاهی ضعیف در سطح گسترده‌ای (۸۰ درصد سطح حوضه) افزایش یافته است، درحالی‌که در سال ۲۰۰۷ به‌عنوان سال نرمال، میزان پوشش گیاهی ضعیف بر مبنای NDVI، حدود ۷۲/۳ درصد محاسبه شده که بیان‌گر تأثیر نمایان خشکسالی بر تراکم پوشش گیاهی بوده است.

(Azamirad et al. (2018) در پژوهشی تحت عنوان بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز کشف‌رود مشهد بر اساس روش SCS، در محیط GIS نتیجه گرفتند که از مجموع مساحت حوضه، ۶۸/۲۵ درصد آن دارای پتانسیل سیل‌خیزی نرمال، ۲۵/۵ درصد بحرانی، ۶/۲۵ درصد دارای پتانسیل سیل‌خیزی فوق بحرانی است شهرستان‌های چناران و مشهد، پتانسیل سیل‌خیز بالاتری نسبت به سایر شهرستان‌ها دارند. از مجموع حدود ۶۵۸ روستا، آبادی و مرکز جمعیتی مورد شناسایی در حوضه، ۷۸ درصد روستاها به دلیل قرارگیری در مناطق دشتی و کم‌شیب در

دومارتن، خشک است (Water Resources Basic Studies)
(Unit of South Khorasan Province, 2014).

متوسط درجه حرارت آن برابر ۶/۱۴ درجه سانتی گراد، میانگین
حداکثر درجه حرارت ۱۸/۲۲ درجه سانتی گراد و نوع اقلیم با روش



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز دهک در کشور و استان

Figure 1- Geographical location of Dehak watershed in country and province

اولویت بندی زیرحوضه ها به لحاظ سیل خیزی فراهم شد. در این پژوهش برای تست نرمال بودن توزیع داده های بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه باران سنجی نهبندان از روش کولموگراف-اسمیرنوف استفاده شد.

برای تحلیل وضعیت وقوع خشکسالی ها توسط آزمون دنباله ها یا ران تست، پس از محاسبه میانگین بارش سالانه، یک حد آستانه برای خشکسالی (X_0) تعیین که اغلب برابر ۷۵ تا ۸۰ درصد میانگین بارش سالانه در نظر گرفته می شود سپس برای هر سال دوره آماری تلفات بارندگی سالانه نسبت به (X_0) محاسبه که مقدار آن مثبت (ترسالی) یا منفی (خشکسالی) خواهد بود. با ترسیم جدول مربوط، طول دوره های ترسالی و خشکسالی، مقدار، شدت خشکسالی مشخص می شود (Fallah Qalhari, 2009).

به منظور پایش شرایط خشکسالی و تشخیص کمبود بارندگی از روش شاخص استاندارد شده بارش (SPI) استفاده شد که نمایه SPI از رابطه (۵) به دست می آید:

$$SPI = \frac{P_{ik} - P_i}{\sigma_i} \quad (5)$$

P_{ik} مقادیر بارش ایستگاه i در k امین مشاهده به میلی متر، P_i بارندگی سالانه ایستگاه i و σ_i انحراف معیار داده های بارش بلندمدت ایستگاه i (جدول ۳ و ۴).

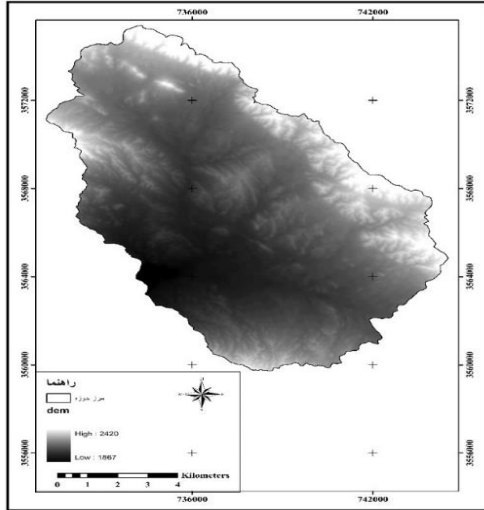
در این پژوهش، ابتدا از سایت سازمان نقشه برداری زمین شناسی آمریکا، نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه آبخیز دهک با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر تهیه و با کمک نرم افزار Arc GIS 9.3 مرز بندی حوزه، نقشه شیب، شبکه هیدروگرافی انجام شد. با استفاده از تصاویر Google Earth نقشه کاربری اراضی و با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۷ و نرم افزار Arc GIS و سنجش از دور، نقشه واحدهای هیدرولوژیک، نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک و نقشه های وضعیت پوشش گیاهی آماده و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) در محیط نرم افزار ENVI 4.8 برای مقاطع زمانی سال های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ (شکل های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷) به دست آمد (Servati, 2011, Behnam et al., 2012; Moradi et al., 2016, Talebi Khiavi & Mostafazadeh, 2022). سپس بر اساس جدول روش برآورد رواناب سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) نقشه های شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز دهک تهیه گردید. خصوصیات فیزیوگرافی حوزه در جدول (۱) و نوع و میزان کاربری های مختلف در جدول (۲) آورده شده است. از تلفیق نقشه های CN حاصله با نقشه زیرحوضه های آبخیز دهک، به کمک نرم افزار Arc GIS 9.3، نقشه توزیع واحدهای همگن سیل خیزی در سطح زیرحوضه ها تعیین شد و با این حال امکان

¹ DEM

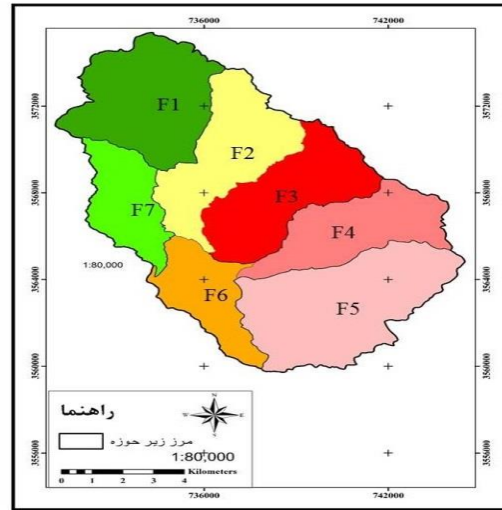
² Landsat

³ Soil Conservation Service

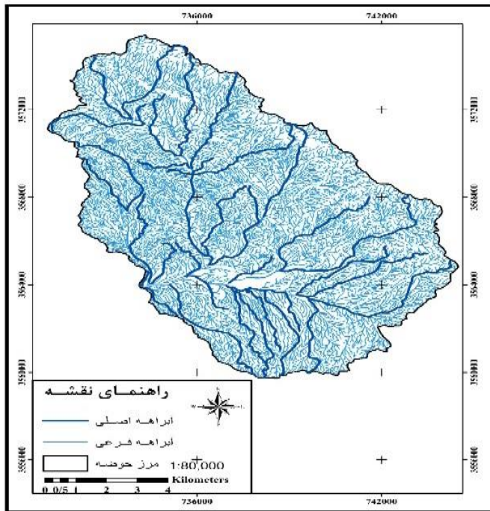
⁴ Kolmogorov-Smirnov



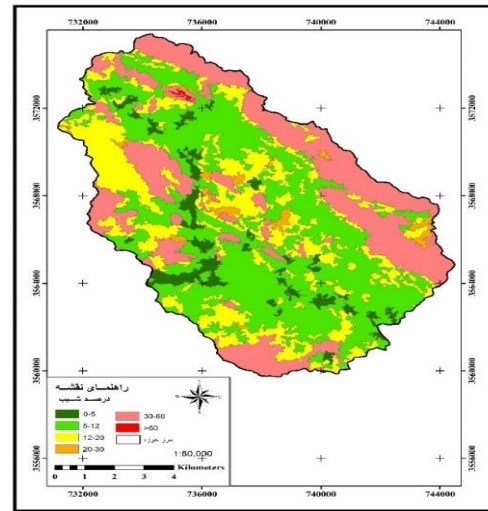
شکل ۳- مدل رقومی ارتفاعی حوزه آبخیز دهک
Figure 3- Digital elevation model of Dehak watershed



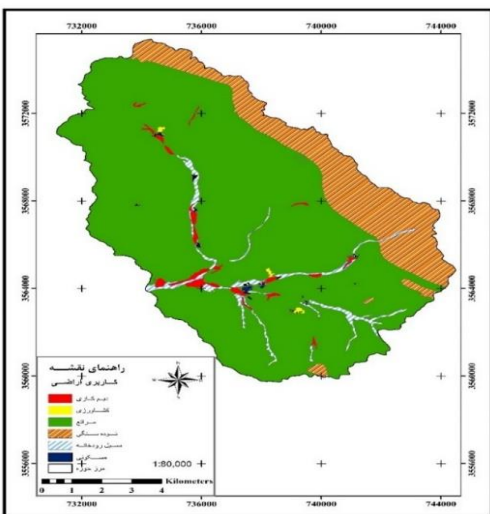
شکل ۲- نقشه زیرحوزه‌های آبخیز دهک
Figure 2- Map of sub-watersheds of Dehak



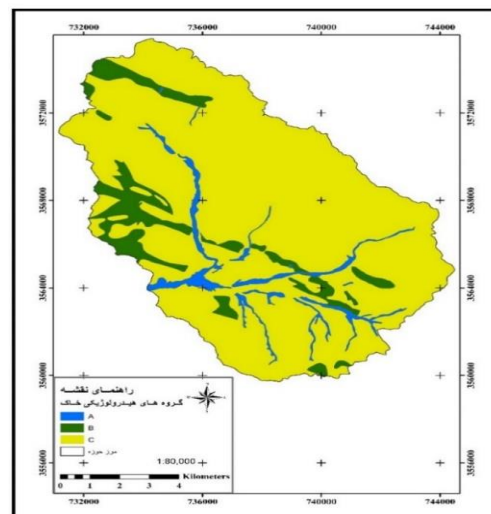
شکل ۵- نقشه شبکه هیدروگرافی حوزه آبخیز دهک
Figure 5- Hydrographic network map of Dehak watershed



شکل ۴- نقشه شیب حوزه آبخیز دهک
Figure 4- Slope map of Dehak watershed



شکل ۷- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز دهک
Figure 7- Land use map of Dehak watershed



شکل ۶- نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز دهک
Figure 6- Map of soil hydrological groups of Dehak watershed

جدول ۱- نتایج خصوصیات فیزیوگرافی حوزه آبخیز دهک

Table 1- The results of physiographic characteristics of Dehak watershed

کل حوزه آبخیز	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	واحد هیدروولوژیکی
120	10.56	14.28	25.93	14.11	17.15	17.80	20.17	مساحت (Km ²)
52.81	10.07	14.01	25.13	42.14	15.63	16.06	20.76	محیط (Km)
1.08	0.88	1.05	1.30	1.08	1.06	1.08	1.22	ضریب گراولوس
3.29	5.45	5.23	4.41	4.7	3.14	4.16	4.71	شیب ناخالص حوضه (درصد)
2.06	3.81	3.89	2.59	3.25	2.46	2.47	2.83	شیب خالص (درصد)
13.01	11.57	11.49	11.54	11.54	13.16	12.79	12.64	تراکم آبراهه (km ² /km ²)
3.71	2.84	3.33	2.98	3.20	3.26	3.31	2.87	شیب آبراهه اصلی (درصد)
2078	1986	2040	2094	2103	2152	2158	2139	متوسط ارتفاع (m)
2420	2150	2286	2260	2360	2380	2330	2420	حداکثر ارتفاع (m)
1867	1876	1887	1986	1991	1978	2015	2035	حداقل ارتفاع (m)
134.76	122.04	164	139.32	133.98	164.76	138.93	113.28	زمان روش برانسی ویلیامز
120.90	61.80	144	74.04	69.90	102.36	81.18	63.78	روش کریچ
123.70	63.90	146.50	76.23	71.98	105.74	84.43	65.53	روش کالیفرنیا (دقیقه)

جدول ۲- نوع کاربری اراضی حوزه آبخیز دهک

Table 2- Type of land use in Dehak watershed

درصد مساحت	مساحت (ha)	نوع کاربری اراضی
1.31	156	دیم کاری
0.18	18	کشاورزی
16.06	1934	توده سنگی
79.60	9556	مرتع
2.61	308	مسیل رودخانه
0.24	28	مسکونی

جدول ۳- تحلیل ضریب همبستگی کولموگراف - اسمیرنوف

Table 3- Kolmogoraph-Smirnov correlation coefficient analysis

بارندگی	نام پارامتر	
30	تعداد	
1.7209	میانگین	پارامترهای نرمال
1.0375	انحراف استاندارد	
0.102	مطلق	
0.102	مثبت	بیشترین مقدار اختلاف
-0.061	منفی	
0.560	ضریب کولموگراف - اسمیرنوف	
0.912	Asymp. Sig. (2-tailed)	

بازگشت‌های مختلف طبق رابطه (۳) و بر اساس بارش‌های ۲۴ ساعته با دوره بازگشت مربوط به دست می‌آید.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (۱)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (۲)$$

$$Q_{max} = \frac{2.083 A * Q}{t_p} \quad (۳)$$

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c \quad (۴)$$

روش شماره منحنی یکی از کاربردی‌ترین روش‌های برآورد رواناب و دبی اوج در حوزه‌های آبخیز است که توسط دیپارتمان کشاورزی آمریکا (USDA) و سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) ارائه شده که بر اساس مشاهدات متعدد در حوضه‌های معرف و در اقلیم مختلف آمریکا بنا شده است. ارتفاع رواناب ناشی از بارش ۲۴ ساعته از روابط (۱) و (۲) و دبی اوج سیل با دوره

¹ United States Department of Agriculture

Q: ارتفاع رواناب بر حسب میلی‌متر، P: ارتفاع رواناب ۲۴ ساعته بر حسب میلی‌متر، S: حداکثر توان نگهداری مربوط به برگاب و نفوذ در خاک و ذخیره سطحی، CN: شماره منحنی رواناب، Q_{max}: دبی حداکثر لحظه‌ای به مترمکعب در ثانیه، A: سطح حوضه به کیلومترمربع، Q: ارتفاع رواناب محاسبه شده به سانتی‌متر، t_p: زمان تا اوج بر حسب ساعت، که بر اساس زمان تمرکز (t_c)، از رابطه (۴) بر حسب دقیقه قابل محاسبه است

(Mahdavi, 2013). شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) نیز با استفاده از رابطه (۶) به دست آمد.

$$NDVI = \frac{\rho_{857} - \rho_{645}}{\rho_{857} + \rho_{645}} \quad (6)$$

ρ₆₄₅: مقادیر بازتاب در باند قرمز، ρ₈₅₇: مقادیر بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک (Fallah Qalhari, 2009).

جدول ۴- تعیین وضعیت وقوع خشکسالی حوزه آبخیز دهک

Table 4- Determining the situation of drought occurrence for Dehak watershed

وضعیت به اصلاح شده SPI	وضعیت به SPI	وضعیت به آزمون ران تست	سال	وضعیت به اصلاح شده SPI	وضعیت به SPI	وضعیت به آزمون ران تست	سال
خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1379-1380	ترسالی	نرمال	ترسالی	1364-1365
ترسالی	نرمال	ترسالی	1380-1381	ترسالی	نرمال	ترسالی	1365-1366
خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1381-1382	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1366-1367
خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	1382-1383	ترسالی	ترسالی	ترسالی	1367-1368
ترسالی	نرمال	ترسالی	1383-1384	ترسالی	نرمال	ترسالی	1368-1369
خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1384-1385	ترسالی	نرمال	ترسالی	1369-1370
ترسالی	نرمال	ترسالی	1385-1386	ترسالی	نرمال	ترسالی	1370-1371
خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1386-1387	ترسالی	ترسالی	ترسالی	1371-1372
ترسالی	نرمال	ترسالی	1387-1388	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1372-1373
خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1388-1389	ترسالی	نرمال	ترسالی	1373-1374
خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1389-1390	ترسالی	نرمال	ترسالی	1374-1375
ترسالی	نرمال	ترسالی	1390-1391	ترسالی	نرمال	ترسالی	1375-1376
ترسالی	نرمال	ترسالی	1391-1392	ترسالی	نرمال	ترسالی	1376-1377
ترسالی	نرمال	ترسالی	1392-1393	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	1377-1378
ترسالی	نرمال	ترسالی	1393-1394	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	1378-1379

کاربری‌ها به‌طور مساوی ۲ نمونه انتخاب شده باشد تا صحت این نمونه‌ها که با واقعیت زمینی مقایسه می‌شوند، مورد تأیید قرار گیرد (جدول ۶).

نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک با نقشه کاربری اراضی و سپس با هر کدام از نقشه‌های وکتوری شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی مربوط به سال‌های قبل و حین خشکسالی تلفیق شد تا توجه به تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های قبل و حین خشکسالی، نقشه‌های متفاوتی برای شماره منحنی رواناب در سال‌های مورد مطالعه به دست آمد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۴ و جدول ۷). برای تعیین میزان رواناب حوزه آبخیز و همچنین مقایسه تغییرات CN در سال‌های قبل و حین خشکسالی، میانگین وزنی CN با استفاده از رابطه (۷) محاسبه شد.

$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100} \right) (CN_i) \right] \quad (7)$$

CN_i: مقدار شماره منحنی رواناب هر واحد همگن، A_i: مساحت واحد همگن مربوط به هر عدد CN.

به‌منظور بررسی تأثیر خشکسالی بر وضعیت پوشش گیاهی حوزه آبخیز، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۹ از منطقه مورد مطالعه از پایگاه اطلاعاتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دریافت و در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 مورد پردازش قرار گرفت. شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده گیاهی برای تصاویر این سال‌ها محاسبه و سپس در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 با مرز حوضه برش داده شد در نهایت پیکسل‌ها طبقه‌بندی شدند که بر اساس تعریف، دامنه تغییرات مقدار NDVI بین اعداد -۱ تا +۱ است که در این پژوهش به هشت کلاس با دامنه ۰/۲ طبقه‌بندی و فراوانی پیکسل‌ها در هر کلاس برای سال‌های مورد نظر بررسی شد (شکل‌های ۸ تا ۱۰ و جدول ۵).

برای برآورد صحت نقشه NDVI با استفاده از نرم‌افزار ENVI، ۴۰ نمونه کاملاً تصادفی بر نقشه NDVI انتخاب و برای این که همه کاربری‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد، ۱۰ نمونه تصادفی متعادل شده دیگر به طریقی مشخص شدند که از هر یک از

گیاهی و کاربری اراضی از ضریب کاپا بهره گرفتند و ضریب کاپا برای تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM و ETM را به ترتیب برابر ۰/۸۶ و ۰/۸۸ به دست آوردند، مطابقت دارد. همچنین نتایج این پژوهش با نتایج Kiyani et al. (2012) که به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در حوزه آبخیز طالقان، از ضریب کاپا بهره گرفتند و ضریب کاپا برای تصاویر ماهواره IRS-P6 را ۰/۸۵ به دست آوردند، همسو است.

نتایج بررسی همبستگی درصد مساحت وضعیت NDVI، مربوط به سه سال ۱۳۶۹، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون تجزیه واریانس (One-Way ANOVA) و زیرمجموعه دانکن^۱ و همچنین سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نشان داد که بین سه NDVI مربوط به سه سال ۱۳۶۹، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی همبستگی بالایی (۰/۹۱) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ وجود داشته است.

بررسی و مقایسه شاخص پوشش گیاهی حوزه آبخیز دهک نشان می‌دهد که پوشش گیاهی در سال ۱۳۷۹ که اوج خشکسالی بوده نسبت به پوشش گیاهی ۱۳۶۹ که قبل از شروع دوره خشکسالی بوده تغییر نموده و از تراکم آن کاسته شده است. نکته قابل توجه آن است که تراکم پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۸ مجدداً بهبود یافته و حتی نسبت به پوشش ۱۳۶۹ که سال مرطوب بوده نیز متراکم‌تر و دارای سبزیگی بیش‌تر شده است.

با بررسی آمار بارندگی سالانه، این‌طور استنباط می‌شود که مناطق خشک و نیمه‌خشک و نواحی رویشی ایران و تورانی که اغلب گونه‌های گیاهی آن از نوع علفی یک‌ساله هستند نسبت به وقوع دوره خشکسالی و نوسانات بارش، عکس‌العمل سریع داشته و با شروع دوره خشکسالی به شدت درصد سبزیگی پوشش (بازتاب امواج باند مادون قرمز نزدیک) کاهش و با اولین ترسالی درصد سبزیگی پوشش بهبود می‌یابد؛ زیرا میزان بارش سالانه سال‌های ۱۳۶۸-۹۸، ۱۳۷۸-۱۳۷۹ و ۱۳۸۷-۱۳۸۸ به ترتیب برابر ۲۵۳، ۸۰/۷ و ۲۰۹ میلی‌متر بوده که نسبت مستقیم و همبستگی بالا با ارقام NDVI دارند. تغییرات سبزیگی پوشش گیاهی به لحاظ تولید علوفه مورد نیاز دام مهم است، ولی وجود و پایداری پایه خشکی گیاهان بوته‌ای در ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها به لحاظ حفاظت خاک و کنترل رواناب بسیار مؤثر و حائز اهمیت است.

همان‌طور که جدول ۷ نشان می‌دهد مقدار CN در سال ۱۳۷۹ که دچار خشکسالی بوده نسبت به CN سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ که سال مرطوب بوده، در سطح زیرحوضه‌ها و کل حوضه افزایش یافته که البته این افزایش متناسب و هم‌سو با تغییرات NDVI و بارش سالانه مربوطه بوده است. پتانسیل تولید رواناب

برای تعیین واحدهای هیدرولوژیک سیل‌خیز و اولویت‌بندی آن‌ها برای اقدامات مدیریتی، آخرین نقشه CN مربوط به سال ۱۳۸۸ با نقشه زیرحوضه‌ها تلفیق و مقادیر میانگین وزنی CN برای هر کدام از زیرحوضه‌های آبخیز محاسبه و سپس بر اساس داده‌های بارش ۲۴ ساعته و زمان تأخیر مربوط، دبی‌های اوج سیلاب با دوره‌های بازگشت‌های مختلف در هر زیرحوضه برآورد شد (شکل ۱۵ و جدول ۸ و ۹).

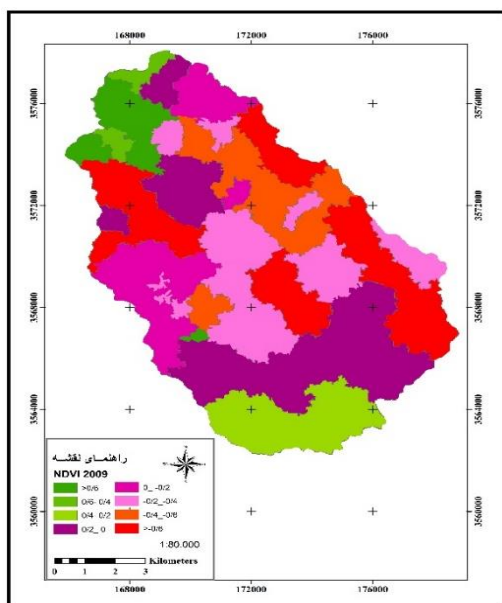
۳- نتایج و بحث

در حوزه آبخیز مورد مطالعه کاربری مرتع با ۹۵۵۶ هکتار و ۷۹/۶۰ درصد، بیش‌ترین مساحت را دارد. نتایج روش کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که داده‌های آماری مورد بررسی دارای داده پرت نبوده و از همگنی کافی برخوردار است (جدول ۳). با بررسی نتایج روش ران‌تست و شاخص بارش استاندارد شده، از ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۰ به‌عنوان دوره خشکسالی در منطقه تعیین شد به استثنای چهار سال از ۱۳ سال این دوره که ترسالی بوده‌اند. پوشش گیاهی و پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز در این دو مقطع زمانی قبل و پس از دوره خشکسالی بررسی شد (جدول ۴). بررسی نقشه‌های NDVI حاکی از آن است که در سال ۱۳۶۹ یعنی قبل از شروع دوره خشکسالی، ۱/۷ درصد از پوشش گیاهی سطح حوزه آبخیز در کلاس ($>0/6$)، ۳۴/۹ درصد در کلاس ($0/2$ تا -2) بوده که این نسبت‌ها در تصویر مربوط به سال ۱۳۷۹ به ۰/۴۲ درصد در کلاس ($>0/6$) و ۳۸ درصد از پوشش گیاهی در کلاس ($0/2$ تا -2) رسیده و همچنین این نسبت‌ها برای تصویر مربوط به سال ۱۳۸۸ به ۷ درصد سطح حوضه در کلاس ($>0/6$) و ۴۲ درصد در کلاس ($0/2$ تا -2) است (جدول ۵).

نتایج طبقه‌بندی تصاویر لندست با روش حداکثر احتمال (جدول ۶) نشان داد که صحت کلی و ضریب کاپا حاصل از برآورد صحت در نقشه NDVI در سال ۱۳۶۹، حاصل از تصاویر لندست به ترتیب برابر ۷۳/۲ و ۰/۶۸ درصد، در نقشه به دست آمده در سال ۱۳۷۹ به ترتیب برابر ۷۵/۲ و ۰/۷۱ درصد و در نقشه به دست آمده در سال ۱۳۸۸ به ترتیب برابر ۷۹/۸ و ۰/۸۴ است. بر اساس نتایج به دست آمده ضریب کاپای ۰/۸۴ بیش‌ترین دقت را در پایش تغییرات پوشش گیاهی در این پژوهش داشته است. نتایج این پژوهش با نتایج Ahani et al. (2008) که برای ارزیابی صحت پوشش گیاهی تهیه‌شده از ضریب کاپا استفاده کردند و برای تصاویر اسپات و لندست به ترتیب مقادیرهای ۰/۹۱ و ۰/۸۶ را به دست آوردند و با نتایج Arekhi and Niazy (2010) که در حوضه دره‌شهر در استان ایلام جهت ارزیابی روش‌های مختلف سنجش از دور برای پایش تغییرات پوشش

¹ Duncan

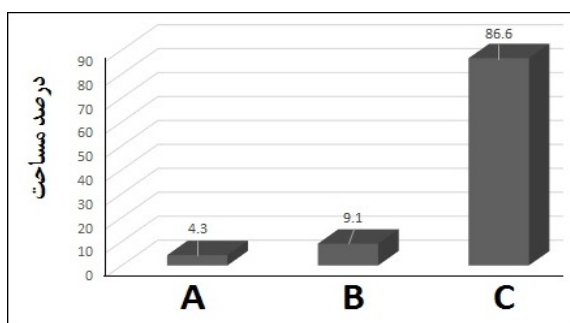
را دست‌سر تشکیل داده است. خشکسالی در سیل‌خیزی زیرحوضه‌های با سازنده‌های زمین‌شناسی فیلیت بی‌تأثیر بوده، چون پوشش گیاهی انبوهی وجود نداشته است. مجموعه عوامل شیب، خاک و زمین‌شناسی منجر به قرار دادن ۸۶/۶ درصد حوضه در گروه هیدرولوژیکی C شده که بنا به تعریف توانایی بالایی برای تولید رواناب دارند (شکل ۱۱).



شکل ۱۰- تغییرات مکانی NDVI حوزه آبخیز دهک (۱۳۸۸)

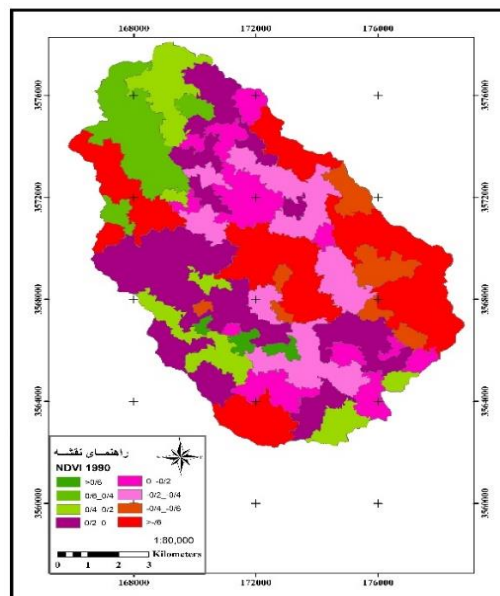
Figure 10-Spatial changes of NDVI index of Dehak watershed in 2009

تغییرات در مقدار ارتفاع رواناب و دبی اوج برآورد شده در جدول ۸ که ناشی از تغییرات شماره منحنی رواناب و متأثر از تغییرات پوشش گیاهی ناشی از وقوع دوره خشکسالی بوده کاملاً مشهود است. ارتفاع رواناب از لحاظ تأمین رطوبت خاک و تقویت پوشش گیاهی و همچنین برنامه‌ریزی جهت تغذیه منابع آب زیرزمینی حائز اهمیت است. دبی اوج سیلاب نشان‌دهنده شدت سیلاب‌های احتمالی بوده و در اقدامات حفاظتی و کنترل سیلاب، از جمله طراحی سرریز سدها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



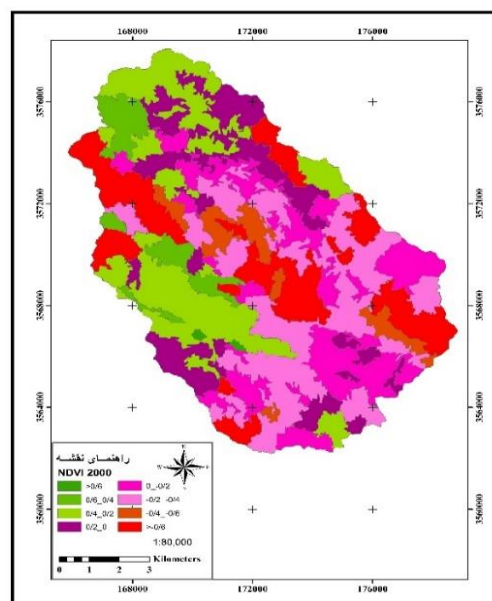
شکل ۱۱- توزیع گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز دهک

Figure 11- Distribution of soil hydrological groups in Dehak watershed



شکل ۸- تغییرات مکانی NDVI حوزه آبخیز دهک (۱۳۶۹)

Figure 8-Spatial changes of NDVI index of Dehak watershed in 1990



شکل ۹- تغییرات مکانی NDVI حوزه آبخیز دهک (۱۳۷۹)

Figure 9- Spatial changes of NDVI index of Dehak watershed in 2000

یا سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز بستگی زیادی به شرایط توپوگرافی و هیدرولوژیکی خاک آن‌ها دارد. بررسی نقشه‌های شیب و توپوگرافی حوزه آبخیز دهک نشان می‌دهد که نزدیک به پنج درصد از مساحت را اراضی با شیب صفر تا پنج درصد که توان بالایی در نگهداری سطحی رواناب دارند، شامل می‌شود و بیش از ۴۱/۶ درصد مساحت حوضه مربوط به کلاس شیب ۵ تا ۱۲ درصد که تقریباً ملایم و به لحاظ تولید رواناب نسبتاً کم‌توان محسوب می‌شود. به عبارت دیگر حوزه آبخیز دهک از نظر شرایط توپوگرافی نسبتاً هموار و از نظر ژئومورفولوژیکی بیش‌تر سطح آن

افزایش نشان داده است (جدول ۹). دلیل این امر این است که بارش‌های شدید با دوره بازگشت بالا خیلی تحت تأثیر شرایط هیدرولوژیکی خاک و پوشش گیاهی، دچار تلفات نمی‌شوند و به عبارتی شدت جریان یافتن آن‌ها به مراتب از شدت نفوذپذیری خاک بیش‌تر است. در این رابطه نتایج این پژوهش با نتایج Saqhafian et al. (2006) مبنی بر افزایش دبی اوج سیلاب‌های ۵ و ۱۰۰۰ ساله به ترتیب ۳۱/۷ و ۱۷/۸ درصد بر اثر تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی در حوزه آبخیز سد گلستان مطابقت دارد.

بررسی وضعیت معنی‌داری مقادیر شبیه سازی شده ارتفاع رواناب و دبی اوج سیل با استفاده از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین مقادیر ارتفاع رواناب مربوط به سه سال ۱۳۶۹، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ شاخص مورد مطالعه همبستگی بالایی (۰/۷۱) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ وجود داشته و بین مقادیر دبی اوج سیل مربوط به سه سال، شاخص مورد مطالعه همبستگی بالایی (۰/۶۸) وجود داشته است. درصد تغییرات دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت رابطه معکوس دارد؛ به طوری که دبی اوج ۲۰۰ ساله در سال ۱۳۷۹ که اوج دوره خشکسالی بوده ۲۱/۶۴ درصد افزایش نشان می‌دهد ولی دبی اوج پنج ساله برای آن سال، برابر ۷۴/۸۷ درصد

جدول ۵- درصد توزیع فراوانی و مساحت کلاس‌های NDVI در سال‌های مختلف
Table 5- Frequency distribution and area of NDVI classes in different years

ردیف	دامنه کلاس	متوسط ارزش کلاس	1990		2000		2009	
			درصد فراوانی	درصد مساحت	درصد فراوانی	درصد مساحت	درصد فراوانی	درصد مساحت
1	>0.6	0.8	2.5	1.7	0.42	0.42	6.6	5.8
2	0.6-0.4	0.5	6.7	8.4	5.13	5.13	3.6	1.7
3	0.4-0.2	0.3	11.9	10	16.1	16.1	5.8	9.3
4	0.2-0	0.1	23.8	24.1	16.9	16.9	17.2	23.4
5	0_ -0.2	-0.1	14.3	10.8	20	20	12.1	11.5
6	-0.2_-0.4	-0.3	14.5	13.3	21.7	21.7	21.1	16.6
7	-0.4_-0.6	-0.5	6.9	5.1	6.45	6.45	12.3	10
8	>-0.6	-0.8	19.4	26.6	13.3	13.3	21.3	21.7

جدول ۶- نتایج طبقه‌بندی تصاویر لندست با روش حداکثر احتمال
Table 6- The results of classification of Landsat images by maximum likelihood method

ردیف	نام زیرحوضه	1369	1379	1388
1	پوشش / صحت	1369	1379	1388
2	صحت کلی	73.2	75.2	79.8
3	ضریب کاپا	0.68	0.71	0.84

جدول ۷- تغییرات CN در سطح زیرحوضه‌های آبخیز دهک
Table 7- CN changes in the sub-watersheds of the Dehak watershed

ردیف	نام زیرحوضه	مساحت (کیلومتر مربع)		
		1369	1379	1388
1	F1	20.17	58.65	57.35
2	F2	17.80	64.47	63.78
3	F3	17.15	68.55	66.89
4	F4	14.11	67.81	66.71
5	F5	25.93	67.53	65.15
6	F6	14.28	64.73	62.94
7	F7	10.56	63.60	61.71
	کل حوضه	120	65.04	63.50

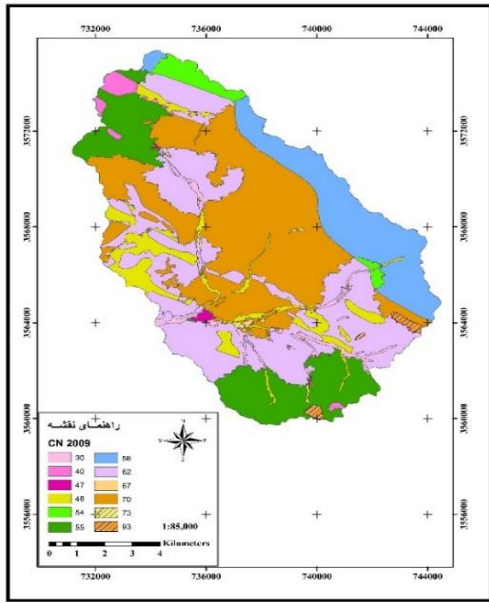
جدول ۸- ارتفاع رواناب و دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت‌های متفاوت
Table 8- Height of runoff and peak flow of floods with different return periods

دوره بازگشت	T	1369			1379		1388	
		Q _{max} (m ³ /s)	Q (mm)	P (mm)	Q _{max} (m ³ /s)	Q (mm)	Q _{max} (m ³ /s)	Q (mm)
5	5	7.89	1.8	39	13.67	2.8	10.05	
25	25	38.52	9.65	60	51.07	10.42	44.65	
50	50	53.58	14.73	70	72.03	16.79	61.03	
100	100	72.07	19.72	81	92.06	22.11	82.14	
200	200	93.68	24.74	91	112.42	28.48	101.23	

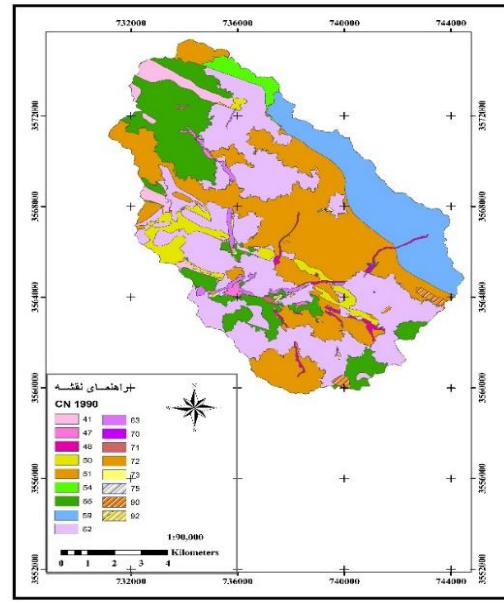
جدول ۹- درصد تغییرات دبی اوج سیلاب نسبت به سال نرمال

Table 9- The percentage of changes in peak flood discharge compared to a normal year

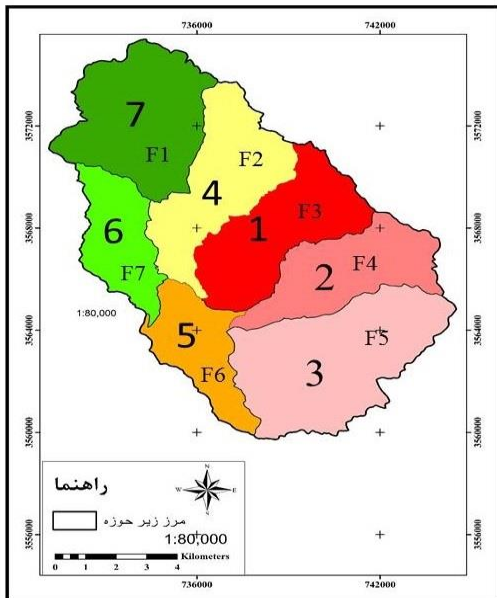
1388	1379	T
Q_{max} (m ³ /s)	Q_{max} (m ³ /s)	دوره بازگشت
دبی اوج	دبی اوج	
30.90	74.87	5
13.54	32.98	25
12.09	28.23	50
10.54	25.63	100
9.24	21.64	200



شکل ۱۴- تغییرات مکانی CN حوزه آبخیز دهک سال ۱۳۸۸
Figure 14- Map of the CN of Dehak watershed in 2009

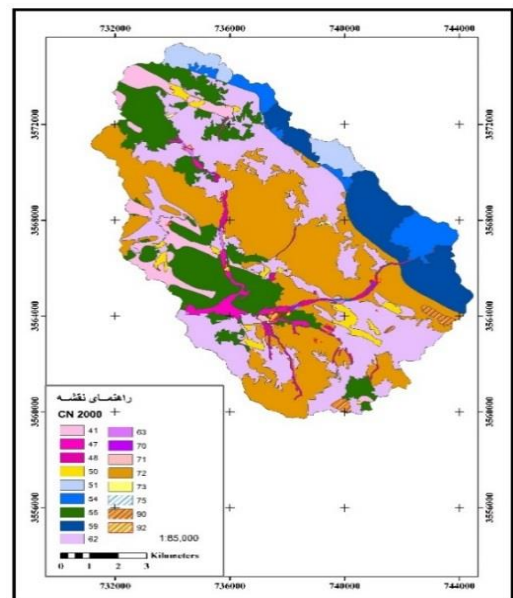


شکل ۱۲- تغییرات مکانی CN حوزه آبخیز دهک سال ۱۳۶۹
Figure 12- Map of the CN of Dehak watershed in 1990



شکل ۱۵- اولویت‌بندی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز دهک بر اساس پتانسیل سیل خیزی از ۱ تا ۷

Figure 15- Prioritization of sub-watersheds of Dehak based on flood risk potential



شکل ۱۳- تغییرات مکانی CN حوزه آبخیز دهک سال ۱۳۷۹
Figure 13- Map of the CN of Dehak watershed in 2000

نتیجه گرفت که وقوع دوره خشکسالی باعث افزایش دبی اوج سیل حوزه آبخیز دهک شده است. همچنین، بررسی ارتفاع روناب سیلاب حوزه آبخیز دهک در سال ۱۳۶۹ یعنی قبل از دوره خشکسالی ۱/۸ میلی‌متر تعیین شد که این نسبت در سال ۱۳۷۹ به ۳/۲۳ میلی‌متر در سال ۱۳۸۸ به ۲/۸ میلی‌متر تغییر کرده؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که وقوع دوره خشکسالی باعث افزایش ارتفاع روناب حوزه آبخیز دهک شده است. پوشش گیاهی در کاهش نسبی سیلاب‌های مهیب با دوره بازگشت بالا تاثیر کم‌تری دارد. در بررسی اثر تغییرات پوشش گیاهی بر دبی اوج و حجم سیل نیز مشاهده می‌شود که دبی اوج سیل نسبت به تغییرات کاربری اراضی حساس‌تر است.

بالا بودن میانگین وزنی شماره منحنی در کل حوزه در سال‌های مختلف بیانگر خطر بالای ایجاد سیلاب در حوزه آبخیز دهک است. با بررسی اثر متقابل عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی بر پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز دهک و با در نظر گرفتن همزمانی دبی اوج زیرحوضه‌ها، اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی انجام و نتیجه‌گیری شد که زیرحوضه F3، به دلیل وجود سازندهای فیلیت، مارن و همچنین فراوانی سطوح شیب‌دار در آن به‌عنوان سیل‌خیزترین زیرحوضه‌هاست و زیرحوضه‌های F4 و F5 در رده بعدی سیل‌خیزی جای می‌گیرند که بایستی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و اجرایی مد نظر قرار گیرد. نقشه اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل نشان می‌دهد که در حاشیه جنوب‌شرقی که مشرف به ارتفاعات حوزه است عواملی هم‌چون شیب زیاد و رخنمون‌های سنگی بدون پوشش گیاهی نیز در کنار کاربری اراضی قرار دارد که خطر ایجاد سیلاب بسیار بالا بوده و لذا اولویت هرگونه عملیات مهندسی آبخیزداری در این محدوده بیش از سایر نقاط در اولویت قرار دارد. از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان در برنامه‌ریزی عملیات کنترل سیل در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود.

اعظمی‌راد، م.، قهرمان، ب.، و اسماعیلی، ک. (۱۳۹۷). بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز کشف‌رود مشهد بر اساس روش SCS در محیط GIS. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۹(۱۷)، ۲۶-۳۸. بویه، ن. (۱۳۹۳). کارایی روش‌های تجربی شماره منحنی و استدلالی در برآورد ارتفاع و دبی روناب در حوزه آبخیز سرباز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل.

بهنام، پ.، صمدی، ح.، شایان‌نژاد، م.، و ابراهیمی، ع. (۱۳۹۲). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده‌رود در محدوده شهری اصفهان. *آب و فاضلاب*، ۴، ۱۰۳-۱۱۱.

بر اساس جدول ۸ دبی اوج با افزایش دوره بازگشت بیشتر می‌شود که نتایج این پژوهش با نتایج (Kamali et al. (2014) که به‌منظور بررسی تغییرات سیل‌خیزی حوزه آبخیز باراجین قزوین تحت تاثیر پوشش گیاهی و کاربری اراضی و تهیه نقشه پتانسیل سیل‌خیزی انجام شد و نتایج آن حاکی از افزایش دبی اوج سیلاب‌های ۲۵ و ۵۰ ساله به ترتیب ۸۷/۷۱ و ۱۰۷/۷ درصد بر اثر تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی بوده همسو است. بر اساس جدول شماره ۹ هرچه دوره بازگشت بیشتر شود درصد تغییرات دبی اوج کم‌تر می‌شود که نتایج این پژوهش با نتایج (Sanyal et al. (2014) که به‌منظور بررسی تغییرات دبی اوج سیلاب تحت تاثیر پوشش گیاهی و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست انجام و دبی اوج سیلاب ۲ و ۱۰۰۰ ساله را به ترتیب برابر ۱۷/۱۸ و ۹/۸ درصد محاسبه کردند، همسو است.

نتایج حاصل از دبی سیل در سناریوی کاربری اراضی (ادامه روند تخریب پوشش گیاهی) نیز نشان داد در صورت تخریب بیش‌تر جنگل‌ها و مراتع و توسعه اراضی کشاورزی، دبی اوج سیل با دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰۰ سال به ترتیب به میزان ۳۵ و ۲۴ درصد افزایش خواهد یافت. این بدین معنی است که پوشش گیاهی به تنهایی نقش محدودی در کنترل سیلاب‌های بزرگ با دوره بازگشت بالا ایفا می‌نماید.

۴- نتیجه‌گیری

بررسی شماره منحنی روناب حوزه آبخیز دهک در سال ۱۳۶۹ یعنی قبل از دوره خشکسالی به میزان ۶۲/۳۵ نشان داد که این نسبت در سال ۱۳۷۹ به ۶۵/۰۴ و در سال ۱۳۸۸ به ۶۳/۵۰ تغییر کرده؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که وقوع دوره خشکسالی باعث افزایش شماره منحنی روناب حوزه آبخیز دهک شده است. بررسی دبی اوج سیلاب حوزه آبخیز دهک در سال ۱۳۶۹ یعنی قبل از دوره خشکسالی ۹۳/۶۸ مترمکعب برثانیه نشان می‌دهد که این نسبت در سال ۱۳۷۹ به ۱۱۲/۴۲ مترمکعب برثانیه و در سال ۱۳۸۸ به ۱۰۱/۲۳ مترمکعب برثانیه تغییر کرده؛ بنابراین، می‌توان

منابع

آرخی، ص.، و نیازی، ی. (۱۳۸۹). ارزیابی روش‌های مختلف سنجش از دور برای پایش تغییرات کاربری اراضی. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۷، ۷۴-۹۳.

آهنی، ح.، طالب بیدخی، ن.، قربانی، ا.، خرد، م.، و رستگار مقدم، م. (۱۳۸۷). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن در میزان تولید روناب: مطالعه موردی حوضه آبخیز تنگ سرخ شیراز. *سومین کنفرانس مدیریت منابع آب*، دانشگاه تبریز.

فوقانی جو با استفاده از مدل‌های آماری. دانش آب و خاک، ۱۹(۱)، ۱۲۵-۱۴۳.

کمالی، م.، سلیمانی، ک.، شاهدهی، ک.، نوشهری، ا.، و گمرکچی، ا. (۱۳۹۴). تعیین نقاط سیل‌خیز و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در حوزه آبخیز باراجین شهر قزوین با استفاده از تلفیق مدل HEC-HMS و سیستم اطلاعات جغرافیایی. علوم و مهندسی آبخیزداری/ایران، ۹(۲۹)، ۲۷-۳۴.

کیانی، و.، علیزاده شعبانی، ا.، و نظری سامانی، ع.ا. (۱۳۹۲). ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر ماهواره IRS-P6 با استفاده از پایگاه اطلاعاتی Google Earth به‌منظور تهیه نقشه پوشش/کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان). اطلاعات جغرافیایی، ۲۳(۹۰)، ۵۱-۶۰.

مردی، ع.ر.، جعفری، م.، ارزانی، ح.، و ابراهیمی، م. (۱۳۹۴). ارزیابی تغییر کاربری اراضی مرتعی به دیمزار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱(۷)، ۸۹-۱۰۰.

مهدوی، م. (۱۳۹۲). هیدرولوژی کاربردی (جلد ۲). چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۷ صفحه.

واحد معاونت پایه منابع آب استان خراسان جنوبی، (۱۳۹۳). گزارش سیمای آب استان خراسان جنوبی، ایران.

پناهی، ع.، علیجانی، ب.، و محمدی، ح. (۱۳۹۰). ارزیابی مدل شماره منحنی (CN) در تخمین رواناب در حوزه آبخیز مادرسو استان گلستان با استفاده از GIS. زمین‌شناسی محیطزیست، ۱۴، ۸۹-۱۰۰.

ثروتی، م.ر.، رستمی، ا.، و خدادادی، ف. (۱۳۹۰). امکان‌سنجی وقوع سیل در حوزه آبخیز لیلان چای (مراغه) به روش CN. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۸(۳۲)، ۶۷-۸۱.

ثقفیان، ب.، فرازجو، ح.، سپهری، ع.، و نجفی نژاد، ع. (۱۳۸۵). بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوزه آبخیز سد گلستان. تحقیقات منابع آب ایران، ۲(۱)، ۱۸-۲۸.

سیرتی، ع.، دهوری، ع.، و دهقانی، م. (۱۳۹۴). ارزیابی تأثیر خشکسالی بر تغییرات شماره منحنی رواناب حوزه آبخیز بندان. کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیطزیست و گردشگری، دانشگاه تبریز.

فرج‌زاده، م. (۱۳۸۴). خشکسالی از مفهوم تا راهکار. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۲۰ صفحه.

فلاح قالهری، غ.، موسوی بایگی، م.، و حبیبی نوخندان، م. (۱۳۸۸). پیش‌بینی بارش فصلی بر اساس الگوهای سینوپتیکی سطوح

References

- Ahani, H., Taleb Beidokhti, N., Ghorbani, A., Kherad, M., & Rastegar Moghaddam, M. (2008). Assessing land use change and its impact on runoff production (Case study of Tang-e-Sorkh Watershed in Shiraz). 3rd Iranian Water Resources Management Conference, Tabriz, Iran, Pp. 32-41 (in Persian).
- Arekhi, S., & Niazi, Y. (2010). Assessing different remote sensing techniques to detect land use changes (Case study in Dareshahr, Ilam province), *Iranian journal of Range and Desert Research*, 17(1), 74-93 (in Persian).
- Azamirad, M., Ghahreman, B., & Esmaili, K. (2018). Investigation Flooding Potential in The Kashafrud watershed, Mashhad The Method SCS and GIS, *Journal of Watershed Management Research*, 9(12), 26-38 (in Persian).
- Azizi, E., Mostafazadeh, R., Hazbavi, Z., Esmali Ouri, A., Mirzaie, SH., Huang, G., & Qian, X. (2022). Spatial distribution of flood vulnerability index in Ardabil province, Iran. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02264-5>.
- Behnam, P., Samadi, H., Shayannejad, M., & Ebrahimi, A. (2012). Evaluation of Impacts of Land Use Changes on Zayandehroud River Flood Hydrograph in Isfahan Region. *Journal of Water and Wastewater*, 24(4), 103-111 (in Persian).
- Booye, N. (2014). The efficiency of experimental methods of curve and rational number in estimating the height and runoff flow in Sarbaz watershed. M.Sc. Thesis in Watershed Management, University of Zabol., Zabol, Iran (in Persian).
- Fallah Qalhari, G., Mousavi Baygi, M., & Habibi Nokhandan, M. (2009). Forecasting seasonal precipitation based on synoptic patterns of the upper atmosphere using statistical models. *Journal of Water and Soil Science*, 19(1), 125-143 (in Persian).
- Farajzadeh, M. (2005). *Drought from concept to solution*. Geographical Organization of the Armed Forces, 120 pages (in Persian).
- Fawzi, S. (2015). Interfacing the geographic information system, remote sensing, and the soil conservation service-curve number method to estimate curve number and runoff volume in the Asir region of Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 1-13.
- Ghorbani, A., & Tavoosi, M. (2015). To evaluation the rate of run off hydrographs of floods in Mansourabad Watershed Basin of South Khorasan using SCS abstraction parameters and compared with the curve method. *Journal of Selcuk University Natural and Applied Science*, 23-26, 35-44.

- Kamali, M., Solaimani, K., Shahedi, K., Noushahri, A., & Gomrokchi, A. (2014). Determining the flooding points and prioritizing subcatchments of Barajin Catchment of Qazvin using Hec-HMS and GIS. *Iran Watershed Management Science & Engineering*, 9(29), 27-34 (in Persian).
- Kiyani, V., Alizadeh Shabani, A., & Nazari Samani, A.A. (2012). Assessing the accuracy of IRS-P6 satellite image classification using Google Earth database in order to prepare a land cover/use map (case study: Taleghan watershed). *Scientific Research Quarterly of Geographic Information*, (23)90, 51-60 (in Persian).
- Mahdavi, M. (2012). *Applied Hydrology*. The second volume. 8th Edition: Tehran University Press, 437 pages (in Persian).
- Moradi, A.R., Jafari, M., Arzani, H., & Ebrahimi, M. (2016). Assessment of land use changes into dry land using satellite images and Geographical information system (GIS). *RS & GIS Techniques for Natural Resources*, 7(1), 89-100 (in Persian).
- Oliveira, P.S., Nearing, M., Rodrigues, D. B., Panachuki, E., & Wendland, E. (2013). Curve number estimation from rainfall-runoff data in the Brazilian Cerrado Biome. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2013*, 80- 89.
- Panahi, A., Alijani, B., & Mohammadi, H. (2011). Evaluation of the curve number (CN) model in estimating runoff in Maderso watershed of Golestan province using GIS. *Environmental Geology Scientific Research*, 14, 89-100 (in Persian).
- Regulwar, G., & Vaishali, S. (2014). Computation of runoff by SCS-CN method and GIS. *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 12(2), 63-70.
- Sanyal, J., Demsmore, A.L., & Carbonneau, P. (2014). Analysing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi- distributed modelling approach with sparse data. *Catena*, 118, 28-40.
- Saqhafian, B., Farazjoo, H., Sepehry, A., & Najafinejad, A. (2006). Effects of land use change on floods in golestan dam drainage basin. *Iran Water Resources Research*, 2(1), 18-28 (in Persian).
- Servati, M.R., Rostami, A., & Khodadadi, F. (2011). Feasibility of flood occurrence in Lilan Chai watershed (Maragheh) using CN method. *Quarterly magazine of the geography of the land*, 8(32), 67-81 (in Persian).
- Sirati, A., Dehvari, A., & Dehghani, M. (2014). Assessing the impact of drought on changes in the runoff curve number of Bandan watershed. *International Conference On Sustainable Development, Solutions and Challenges* Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, Tabriz, Iran (in Persian).
- Water Resources Basic Studies Unit of South Khorasan Province*, (2013). South Khorasan Province's Water Resources Base Deputy Unit. Water quality report of South Khorasan province, Iran (in Persian).
- Talebi Khiavi, H., & Mostafazadeh, R. (2022). Land use change dynamics assessment in the Khiavchai region, the hillside of Sabalan mountainous area. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 2257.