



Calculation Runoff in Google Earth Engine Using The Curve Number Method (Case Study: Birjand Plain)

Elham Yousefi¹ | Amir Khazai² | Fateme Sahragard³

1. Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. MSc in Hydroinformatics, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
3. MSc in Land Use Planning, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.

✉Corresponding Author: E_yusefi_31@birjand.ac.ir

Received:
24 February 2025

Accepted:
20 April 2025

Published:
19 March 2025

Keywords:

*Curve Number (SCS-CN),
Flood, Water Resources,
Satellite Data,
Birjand Plain.*

Extended abstract

Abstract

Flooding is one of the most frequent and damaging natural disasters, causing widespread harm to ecosystems, infrastructure, and human lives. Rapid population growth, unplanned urban development, land use change, and climate change contribute significantly to the increasing frequency and severity of floods. Accurate runoff estimation and flood-prone area mapping are critical in water resource management and disaster mitigation.

Among various methods used to estimate runoff, the SCS-CN (Soil Conservation Service - Curve Number) model stands out due to its simplicity, data-driven approach, and adaptability across different spatial scales. The integration of this model with Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) enhances the accuracy and effectiveness of flood hazard assessments. In this study, the Google Earth Engine (GEE) cloud-based platform was utilized to extract and process the necessary data for runoff analysis in the Birjand watershed.

Cite this article: Yousefi, E., Khazai, A. & Sahragard, F. (2025). Evaluation of the Accuracy of Wavelet-Neuro-Fuzzy, Neuro-Fuzzy, and Wavelet Hybrid Models in Groundwater Level Prediction (Case Study: Birjand Plain). *Journal of Aquifer and Qanat Title*, 5 (2), 155-174. DOI: <http://10.22077/10.22077/jaaq.2025.9003.1101>



Copyright: © 2025 by the authors. Licensee Journal of Aquifer and Qanat. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Materials and Methods

Study Area

The Birjand watershed, located in eastern Iran, spans latitudes 32° to 32.8° N and longitudes 58.25° to 59.45° E, covering an area of approximately 3,455 square kilometers in South Khorasan Province. It features an average elevation of 1,722 meters above sea level and is characterized by a dry to semi-arid climate.

The annual average precipitation is about 156.7 mm, and the average temperature is around 16.6°C. Surface water resources are limited, and most rivers in the region are ephemeral. The Shahroud River is the most significant in the watershed, ultimately draining into the Lut Desert.

To estimate runoff and assess flood potential, the SCS-CN model was employed. Two key parameters—Hydrologic Soil Group (HSG) and Land Use/Land Cover (LULC)—are used in this model to determine the Curve Number (CN).

Datasets Used:

1. Soil Texture: Obtained from the global USDA soil database and classified into HSG groups A, B, C, and D.
2. Land Cover: Derived from MODIS satellite imagery (product MCD12Q1).
3. Precipitation: Monthly rainfall data sourced from the GPM (Global Precipitation Measurement) dataset.
4. Digital Elevation Model (DEM): Used for watershed boundary delineation and hydrological modeling.

In GEE, soil and land cover maps were combined to generate CN values for each pixel based on standard lookup tables. This facilitated a spatially distributed estimation of runoff using monthly precipitation data.

Runoff Modeling with the SCS-CN Method

The SCS-CN model estimates direct runoff using the following equation:

$$Q = \left(\frac{(P - 0.25)^2}{P + 0.85} \right) (p \geq 0.25) \quad (1)$$

Where:

Q: Runoff depth (mm)

P: Rainfall (mm)

S: Maximum potential retention, related to CN

The Curve Number (CN), which ranges from 30 to 100, reflects the runoff potential of different land and soil types. Higher CN values indicate lower infiltration and higher runoff potential.

Using monthly precipitation data from GPM and calculated CN maps, monthly runoff was computed across the entire watershed.

Results

The CN maps revealed that CN values varied from approximately 35 to over 90 across the watershed. The highest CN values were found in areas with compacted soils (Group D) and barren lands, indicating high runoff potential. Lower CN values were associated with vegetated areas (e.g., grasslands, shrubs) on permeable soils (Groups A and B).

The spatial distribution of estimated runoff showed that the southern slopes of the watershed are particularly prone to generating higher runoff volumes. The average annual runoff was estimated to be around 11.2 mm, which, compared to the total precipitation, suggests that infiltration and evapotranspiration significantly reduce surface runoff in the region.

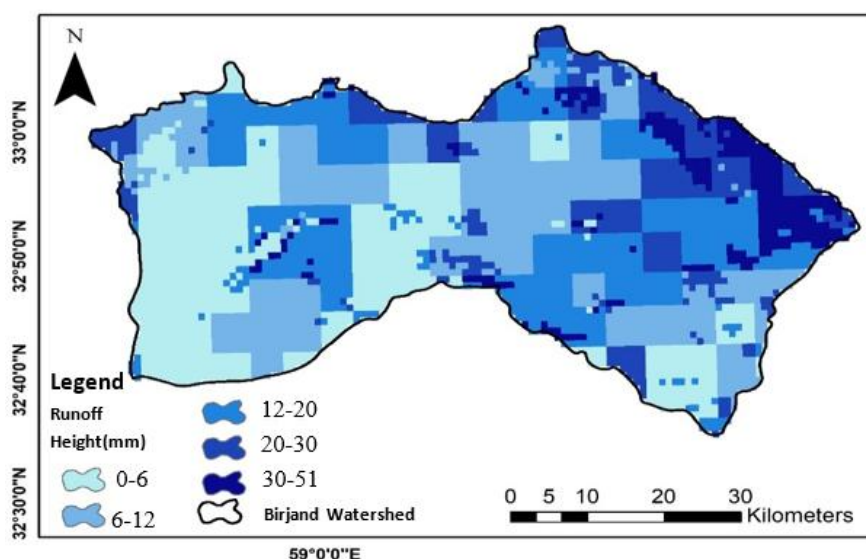


Fig 1. Classified Runoff Map of the Birjand Watershed.

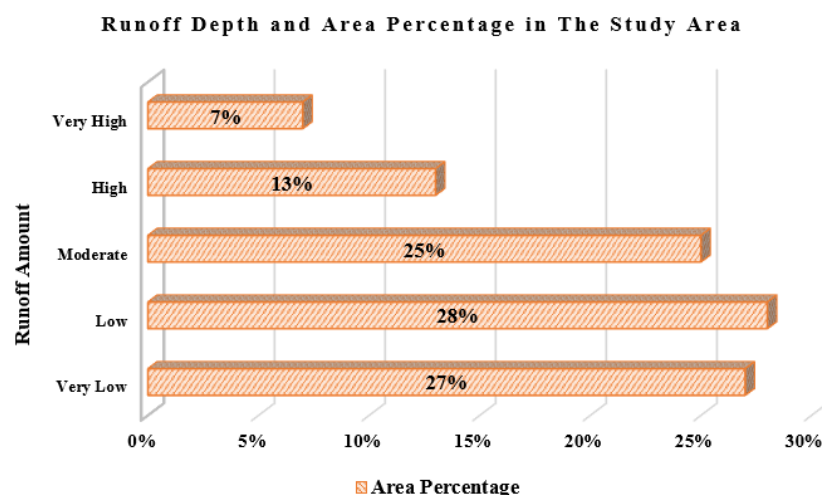


Fig 2. Runoff Depth and Area Percentage in The Study Area.

Discussion and Conclusion

The study demonstrates that the integration of the SCS-CN model with remote sensing and cloud-based GIS platforms such as Google Earth Engine is an effective method for rapid and accurate runoff estimation, especially in data-scarce and large-scale regions.

By automating the process of extracting soil, land use, and rainfall data, GEE simplifies and accelerates hydrological modeling workflows. The resulting runoff and CN maps can serve as valuable tools for:

- Identifying flood-prone areas
- Designing flood control structures
- Implementing watershed management strategies
- Planning sustainable land use

Ultimately, this approach offers a scalable, efficient, and reliable method to support flood risk reduction and environmental planning, especially under the growing pressures of climate change and land degradation.

Suggestions

1. Expansion of the Study: Generalizing hydrological models to different regions to identify regional patterns and improve predictions.
2. Impact of Climate Change: Investigating the effects of precipitation and temperature changes on runoff and soil hydrological properties.

3. More Accurate Data: Using high-resolution data, especially remote sensing images, to enhance model accuracy.
4. Impact of Human Activities: Evaluating the role of agriculture, industry, and urban development in hydrological changes.
5. Water Resource Management: Using hydrological models to reduce flood risk and optimize water consumption.



محاسبه میزان رواناب در گوگل ارث انجین با استفاده از روش شماره منحنی (مطالعه موردی: دشت بیرجند)

الهام یوسفی روبیات^۱ | امیر خزاعی^۲ | فاطمه صحراگرد^۳

۱. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲. کارشناسی ارشد هیدرو انفورماتیک، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳. کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

✉ نویسنده مسئول: E_yusefi_31@birjand.ac.ir

چکیده

افت سطح آبخوان‌ها به دلیل برداشت بی‌رویه و کاهش بارندگی، منابع آبی مناطق خشک و نیمه‌خشک را تهدید می‌کند. رواناب، عامل کلیدی در تغذیه آبخوان‌ها، مدیریت منابع آب و پیش‌بینی سیلاب‌هاست. در این مناطق، تغییرات بارندگی و ویژگی‌های سطحی خاک تأثیر به سزایی بر رواناب و منابع آب دارند. ارزیابی دقیق رواناب برای مدیریت سیلاب، بهینه‌سازی استفاده از اراضی و برنامه‌ریزی منابع آب ضروری است. در این تحقیق، از مدل شماره منحنی برای ارزیابی رواناب با استفاده از گوگل ارث انجین در حوضه آبخیز بیرجند استفاده شده است. مدل SCS-CN با استفاده از داده‌های بافت خاک، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و اطلاعات ماهواره‌ای بارش، میزان رواناب دشت بیرجند را برآورد کرده است. نتایج نشان می‌دهد که چهار نوع بافت خاک در منطقه وجود دارد که مستقیماً بر مقدار رواناب تأثیر می‌گذارند. تحلیل داده‌ها نشان داد که ۲۷٪ منطقه رواناب بسیار کم (۶-۲۰ میلی‌متر) و ۲۸٪ رواناب کم (۱۲-۶۰ میلی‌متر) دارد، در حالی که ۲۵٪ دارای رواناب متوسط (۲۰-۱۲۰ میلی‌متر)، ۱۳٪ رواناب زیاد (۳۰-۲۰۰ میلی‌متر) و ۷٪ رواناب بسیار زیاد (۵۱-۳۰۰ میلی‌متر) است. بیشترین رواناب در نواحی شمال شرقی و مرکزی حوضه مشاهده شد که به بارش‌های شدیدتر و نفوذپذیری کمتر خاک مرتبط است. در مقابل، نواحی جنوب غربی، به دلیل نفوذپذیری بالای خاک و پوشش گیاهی بیشتر، کمترین رواناب را دارد. این تحقیق می‌تواند مبنای علمی مؤثری برای مدیریت منابع آب و پیش‌بینی سیلاب‌ها در مناطق مشابه باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹

کلیدواژه‌ها:

شماره منحنی (SCS-CN)،
سیلاب،
منابع آب،
داده‌های ماهواره‌ای،
دشت بیرجند.

مقدمه

سیلاب یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود که با خسارات سنگینی که به جوامع بشری وارد کرده، توجه مدیران و برنامه‌ریزان زیادی را جلب کرده است (Jahangir, 2019). درواقع، سیلاب به‌عنوان نوعی از بلایای طبیعی، تأثیرات منفی گسترده‌ای بر توسعه منطقه‌ای دارد و ویژگی‌های آن شامل جاری شدن ناگهانی آب، شدت زیاد، عوامل کنترل‌ناپذیر و خسارات جدی است (Miceli et al., 2008). از سوی دیگر، در میان انواع گوناگون بلایای طبیعی مانند زلزله، زمین‌لغزش، فرسایش خاک و سونامی، سیلاب رایج‌ترین و مخرب‌ترین پدیده زمین محسوب می‌شود (Doocy et al., 2013). سیلاب‌ها به دلیل خسارات جانی، اقتصادی و زیست‌محیطی که بر جوامع انسانی و اکوسیستم‌ها تحمیل می‌کنند، یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شوند (UNDRR, 2020). افزایش حجم رواناب سطحی ناشی از تغییرات اقلیمی، توسعه شهری و تغییرات در کاربری اراضی، ظرفیت جذب و مدیریت طبیعی آب را کاهش داده و ریسک وقوع سیلاب‌ها را به‌طور قابل توجهی افزایش داده است (IPCC, 2021). استفاده از روش‌های نوین مانند شبکه‌های عصبی (Khayaat et al., 2021) و یادگیری ماشین (Eftekhari et al., 2022) برای مطالعات مسائل آب در حوضه آبخیز بیرجند صورت گرفته است. همچنین استفاده از روش‌های مبتنی بر سنجش از راه دور در این‌گونه مطالعات به سرعت در حال پیشرفت و استفاده می‌باشند (Nemati et al., 2022). در این مطالعه از پلتفرم گوگل ارث انجین به‌عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند محاسبات ابری، امکان پردازش داده‌های جغرافیایی در مقیاس جهانی را با دقت و سرعت بالا فراهم می‌کند استفاده می‌شود. GEE با توانایی پردازش داده‌های بزرگ و پویا، به‌ویژه برای ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی ویژگی‌های سطح زمین، ابزاری مؤثر برای مدل‌سازی رواناب و تحلیل اثرات آن بر وقوع سیلاب است (Gorelick et al., 2017). این پلتفرم با یکپارچه‌سازی داده‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، امکان ارزیابی دقیق کاربری اراضی، توپوگرافی، نوع خاک و شرایط اقلیمی را فراهم کرده و در نتیجه به بهبود برآورد رواناب کمک می‌کند (Das et al., 2024).

روش شماره منحنی سرویس حفاظت خاک (SCS-CN) یک رویکرد تجربی بسیار رایج برای تخمین رواناب رویدادهای بارندگی است. این روش برای تخمین رواناب رویکردی انعطاف‌پذیر و محبوب محسوب می‌شود (Bhura et al., 2015). این روش، شرایط آبی قبلی خاک، کاربری اراضی و نفوذپذیری خاک را به‌عنوان ویژگی‌های مهم حوضه آبریز در نظر می‌گیرد (Bansode & Patil, 2014). ساده‌ترین روش برای تخمین میزان روانابی که از پارامترهای مختلفی مانند کاربری / پوشش زمین، بارش، توپوگرافی و نوع خاک حاصل می‌شود، استفاده از روش شماره منحنی سرویس حفاظت خاک است (Singh, 2017).

در ایران، مخاطره رواناب و سیلاب عمومیت داشته و دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک بوده و بارش اندک و غالباً رگباری سالیانه آن از لحاظ زمانی و مکانی توزیع یکنواختی ندارد. ایران نیز به‌عنوان یکی از مناطق سیلابی آسیا و جهان با توجه به مساحت گسترده حوضه‌ها، تنوع اقلیمی و تغییرات زمانی - فضایی بارش، هرساله با سیلاب‌های بزرگی روبه‌رو بوده است (Jahangir, 2019). به همین منظور، برآورد پتانسیل تولید رواناب و پیش‌بینی سیلاب در یک حوضه، برای برنامه‌ریزی در حفاظت خاک و فرسایش و نیز مدیریت حوضه‌های آبخیز از لحاظ تولید رواناب و رسوب بسیار حائز اهمیت است (Safari et al., 2013).

(Eskandari et al., 2022) در خراسان رضوی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل ارتفاعی دیجیتال، دقت بالای این روش را در تحلیل خطرات سیلابی تأیید کردند. (Mousavi et al., 2021) نیز در حوضه دز نشان دادند که ترکیب SCS-CN با مدل‌های هیدرولوژیکی، ابزار مؤثری برای پیش‌بینی سیلاب و بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی است. همچنین، Mirmousavi and Esmaeili (۲۰۲۱) در شهرستان داراب، پهنه‌بندی نواحی سیل‌خیز را با GIS و سنجش از دور انجام دادند. در حوضه جاجرو، Bansode et al., (۲۰۲۰) اثر بخشی مدل SCS-CN را در شرایط مختلف رطوبتی و بارشی بررسی کرده و نتایج مفیدی برای مدیریت منابع آب ارائه دادند.

در مطالعات بین‌المللی، (Goutam Kumar Das, 2024) از Google Earth Engine برای ارزیابی هیدرولوژیکی در

شماره منحنی (SCS-CN) به منظور برآورد دقیق رواناب و تحلیل هیدرولوژیکی حوضه دشت بیرجند است. این پژوهش در تلاش است تا با ترکیب تکنیک‌های پیشرفته GIS و سنجش‌ازدور، مدل‌سازی رواناب را در این منطقه بهبود بخشد و از طریق آن به‌طور مؤثرتر مدیریت منابع آب و پیش‌بینی سیلاب‌ها را انجام دهد. در مجموع، تحقیق حاضر می‌تواند در جهت بهبود فرایندهای برنامه‌ریزی منابع آب و کاهش خطرات سیلاب‌ها در دشت بیرجند مفید واقع شود. استفاده از تکنیک‌های مدرن GIS و سنجش‌ازدور در کنار روش‌های معتبر هیدرولوژیکی مانند SCS-CN، به تحلیل دقیق‌تر رواناب و بهینه‌سازی مدیریت منابع آبی کمک کرده و نتایج آن می‌تواند پایه‌گذار سیاست‌ها و راهکارهای مدیریتی برای توسعه پایدار در این منطقه باشد.

مواد و روش‌ها

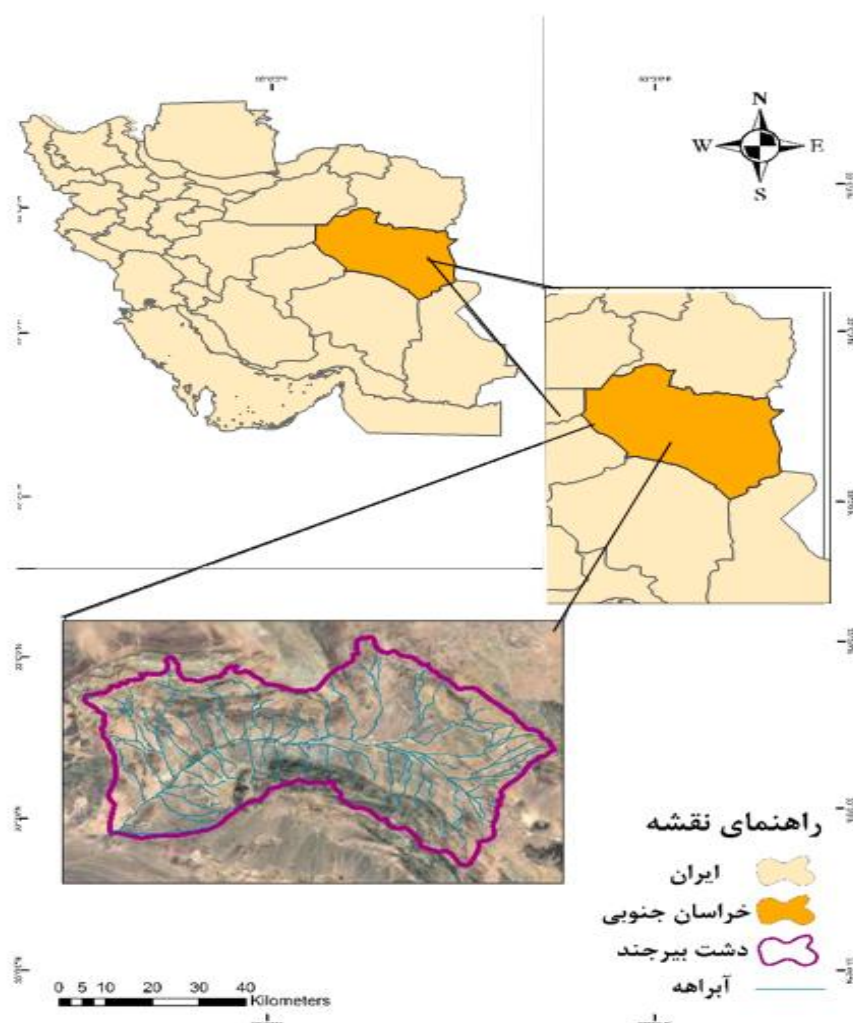
منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز بیرجند به مساحت ۳۴۵۵ کیلومترمربع، شامل ۱۰۴۵ کیلومترمربع دشت و بقیه ارتفاعات است (شکل ۱). این منطقه دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و بلندترین نقطه آن در کوه باقران (۲۷۸۷ متر) و پایین‌ترین نقطه آن در روستای فدشک (۱۲۴۰ متر) قرار دارد. شیب زمین در شرق بیشتر است و به تدریج به سمت غرب کاهش می‌یابد. میانگین بارش سالانه این حوضه ۱۵۶/۷ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد است. رودخانه شاهرود، که از ارتفاعات شرقی سرچشمه می‌گیرد، پس از طی ۱۰۸ کیلومتر و پیوستن آبراهه‌ها، به کویر لوت می‌ریزد و نقش مهمی در مدیریت منابع آبی منطقه دارد (Ahmadi & Sohrabi, 2013).

حوضه رودخانه رسولپور استفاده کرد. (Eniyew et al., 2024) با پردازش داده‌های بارش، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و مقادیر CN در ArcGIS و ERDAS Imagine، میزان رواناب در حوضه ریب، نیل آبی (اتیوپی) را بین ۴۹۷ تا ۱۲۵۸ میلی‌متر در سال برآورد کردند. (Laishram et al., 2024) در حوضه دریاچه لوکتاک (هند)، (Aziz et al., 2023) در رودخانه پادما (بنگلادش) و (Muneer et al., 2022) در حوضه رتگا (عراق) از مدل SCS-CN برای ارزیابی رواناب و پیش‌بینی سیلاب استفاده کردند (Caletka, 2021). نیز با کمک GIS، محدوده‌های سیلاب را بدون نیاز به مدل‌های هیدرودینامیکی مشخص کرد.

در کل، تحقیقات نشان می‌دهند که روش SCS-CN در ترکیب با داده‌های سنجش‌ازدور، GIS و مدل‌های هیدرولوژیکی می‌تواند ابزار مؤثری برای مدل‌سازی رواناب و پیش‌بینی سیلاب در مناطق مختلف با شرایط اقلیمی و کاربری‌های متفاوت باشد.

این پژوهش با بهره‌گیری از ترکیب روش شماره منحنی و تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، رویکردی نوین را برای برآورد رواناب در حوضه دشت بیرجند ارائه می‌دهد. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً به روش‌های سنتی برآورد رواناب متکی بوده‌اند، این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای و مدل‌سازی دقیق‌تر در محیط GIS استفاده کرده است. همچنین، تحلیل‌های مکانی دقیق‌تر و ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تولید رواناب، از دیگر جنبه‌های نوآورانه این پژوهش محسوب می‌شود. نتایج این تحقیق می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آبی، کاهش خطرات ناشی از سیلاب و برنامه‌ریزی بهتر در بخش کشاورزی و توسعه شهری منطقه کمک کند. هدف این پژوهش، استفاده از روش



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه.

Fig 1. Study Area.

برابر ۱۰۰ کل بارندگی در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب با ارتفاع بارندگی نیز برابر خواهد بود (Sarvi, 2016). در این پژوهش محاسبه رواناب با مدل شماره منحنی CN در گوگل ارث انجین انجام گرفت که در این روش بدون نیاز به داده‌هایی زمینی مدل بارش - رواناب محاسبه گردید.

نقشه ارتفاع رواناب

شماره منحنی شاخصی است که عکس العمل حوضه را نسبت به رگبار به‌منظور تولید رواناب بیان می‌کند و نشانگر بخشی از آب باران است که به رواناب تبدیل می‌شود (Schulze et al., 1992; Stuebe and Johnston, 1990).

میزان رواناب

روش شماره منحنی^۱ (به اختصار CN)، یکی از معروف‌ترین مدل‌های دنیا در زمینه برآورد میزان رواناب در حوضه‌های آبخیز است (Hawkins et al., 2019). این روش بر اساس مشاهدات متعدد در حوضه‌ها و اقلیم‌های مختلف در آمریکا بنا شده است. روش شماره منحنی رواناب کاربرد زیادی در تخمین حجم مستقیم رواناب به‌منظور طراحی زهکش‌ها و سازه‌های ذخیره آب در حوضه‌های بدون آمار دارد. این شاخص بین صفر تا صد متغیر است. در شماره منحنی رواناب برابر صفر هیچ‌گونه روانابی از بارندگی حاصل نشده و در شماره منحنی رواناب

¹ Curve Number

Q: مقدار رواناب بر حسب میلی‌متر، P: مقدار بارش بر حسب میلی‌متر و S: حداکثر توان نگهداری مربوط به نفوذ آب در خاک و ذخیره سطحی بر حسب میلی‌متر.

نتایج

در ادامه مراحل محاسبه میزان رواناب در حوضه آبخیز بیرجند توضیح داده شده است:

به‌دست‌آوردن گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (Hydrologic Soil Groups (HSGs))

بر اساس بافت خاک گروه‌های هیدرولوژیکی خاک به‌دست می‌آید. گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در ۴ سطح می‌باشد. براساس حداقل نرخ نفوذپذیری، خاک‌ها در چهار گروه هیدرولوژیکی (A, B, C, D) قرار می‌گیرند و به‌ترتیب نرخ نفوذپذیری آن‌ها کاهش می‌یابد. در این پژوهش بافت خاک با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و سایت USGS آمریکا به‌دست آمد. دقت تصاویر ۲۵۰ متر می‌باشد. این داده برای عمق‌های مختلف خاک (از ۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر) موجود است که در بحث رواناب بر اساس خاک‌های سطحی زمین طبقه (b0) محاسبات صورت می‌گیرد. بر طبق این داده‌ها ۱۲ نوع بافت طبقه بندی می‌شود که در منطقه مورد مطالعه ۴ نوع بافت به شرح شکل ۲ وجود دارد. سپس بر اساس شکل ۳ بر اساس نقشه بافت خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک منطقه مورد مطالعه تهیه می‌شود.

روش شماره منحنی (CN) توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا^۱ (به اختصار SCS) ارائه شده است که در آن ارتفاع رواناب ناشی از بارندگی به‌دست می‌آید. هر قدر شماره منحنی بیشتر باشد، قسمت بیشتری از بارندگی تبدیل به رواناب می‌گردد (Winnaar et al., 2007).

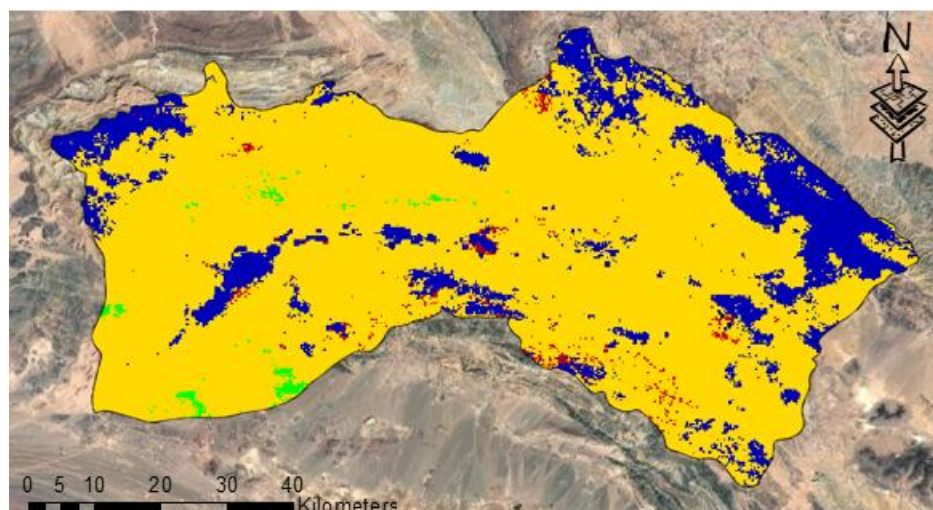
در این مطالعه محاسبه رواناب با مدل شماره منحنی CN در گوگل ارث انجین انجام شده است. یکی از معروف‌ترین مدل‌های جهان در اندازه‌گیری و محاسبه میزان رواناب روش شماره منحنی (SCS-CN) است. رواناب جزء اصلی چرخه هیدرولوژی است که مطالعه و اندازه‌گیری آن از جهات بسیار زیادی حائز اهمیت است. باتوجه‌به ورودی‌های این مدل در بسیاری از مناطق امکان پیاده‌سازی آن وجود ندارد. در این پژوهش محاسبه رواناب با مدل شماره منحنی CN در گوگل ارث انجین رواناب انجام شده است. سامانه ارث انجین یک سامانه متن‌باز است که از زبان پایتون و جاوا اسکریپت برای پیاده‌سازی کدها استفاده می‌کند.

مدل شماره منحنی (SCS-CN)

هرگاه شدت بارندگی بیشتر از شدت نفوذ آب به داخل خاک باشد، آب در سطح زمین باقی می‌ماند و ابتدا چاله‌های سطح زمین را پر می‌کند و سپس در سطح زمین جریان می‌یابد و به آن بخش از بارندگی که در سطح زمین جریان می‌یابد، رواناب گویند. روش شماره منحنی یکی از معروف‌ترین مدل‌های دنیا در زمینه برآورد میزان رواناب در حوضه‌های آبخیز است. این روش بر اساس مشاهدات متعدد در حوضه‌های معرف و در اقلیم مختلف در آمریکا بنا شده است و در مورد بارش‌های به‌صورت برف و بارش روی اراضی یخ زده نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و آب پایه را نیز در بر نمی‌گیرد. روش شماره منحنی (CN) توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) ارائه شده است که در آن ارتفاع رواناب ناشی از بارندگی از رابطه (۱) به‌دست می‌آید:

$$Q = \left(\frac{(P-0.25)^2}{P+0.85} \right) (p \geq 0.25) \quad (1)$$

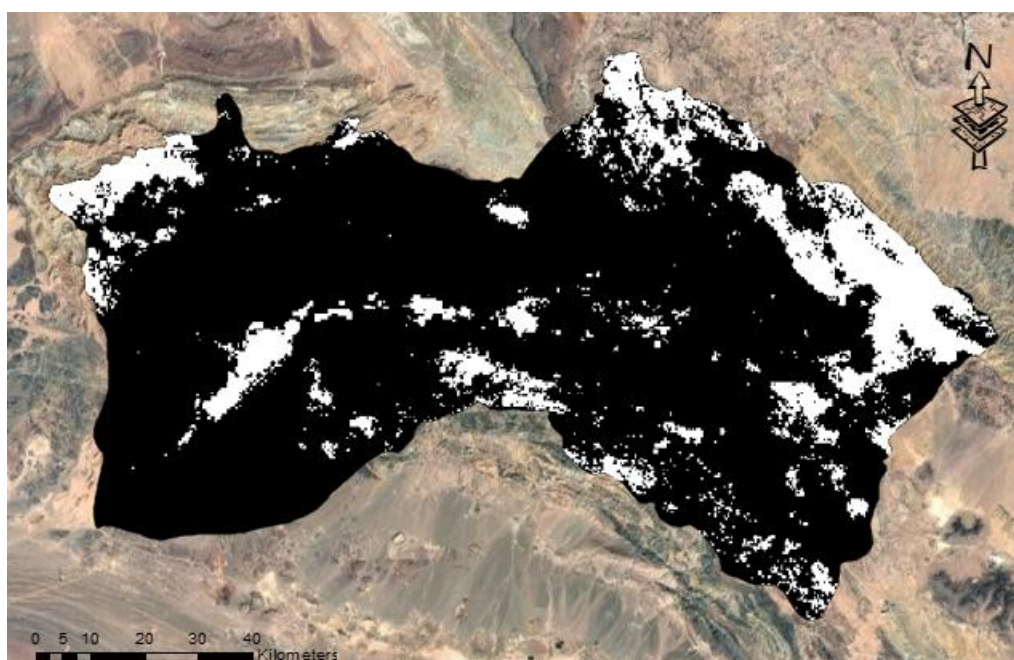
¹ Soil Conservation Service



شماره کد	رنگ نقشه	بافت خاک	نام کامل	hgs
۹	Yellow	SaLo	Sand Loam	B
۶	Brown	SaClLo	Sand Clay Loam	C
۷	Blue	Lo	Loam	C
۱۱	Green	LoSa	Loam Sand	B

شکل ۲. نقشه بافت خاک حوضه آبخیز بیرجند.

Fig 2. Soil Texture Map of the Birjand Watershed.



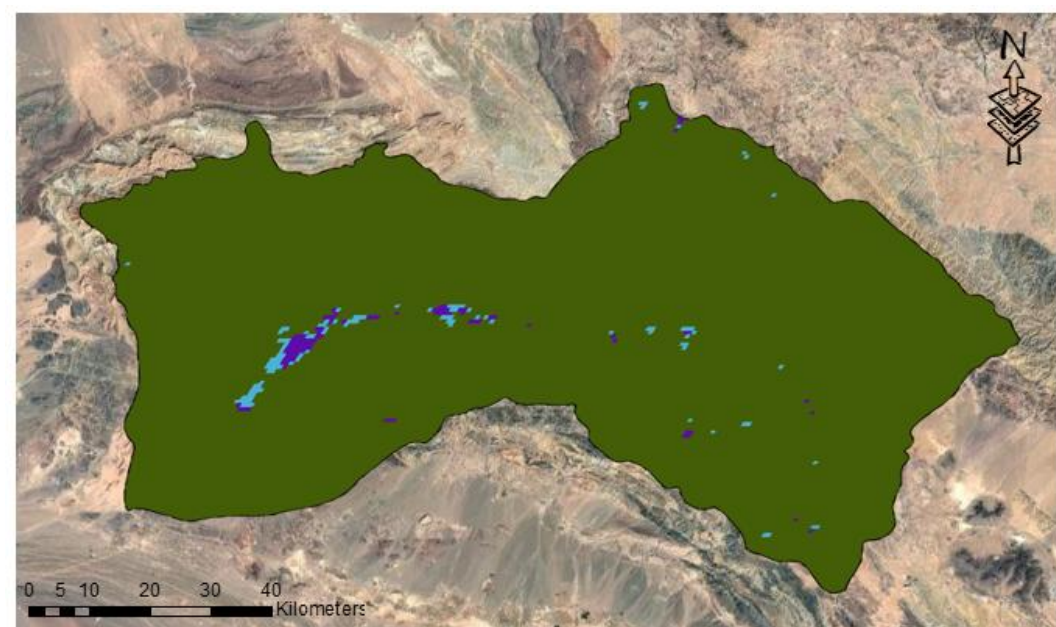
شکل ۱. نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (HSGs) حوضه آبخیز بیرجند (رنگ سفید گروه هیدرولوژی C و رنگ مشکی در گروه B قرار دارد (Ross et al., 2018)).

Fig 3. Hydrological Soil Groups (HSGs) Map of Birjand Watershed (White Represents Hydrological Group C, and Black Represents Hydrological Group B (Ross et al., 2018)).

منطقه بدون پوشش گیاهی است که شامل بیرون زدگی سنگی و یا پوشش خاک نیز می‌شود و درصد پوشش گیاهی در این مناطق کمتر از ۱۰ درصد است، تشکیل می‌شود، علفزارها: که تحت سلطه گیاهان یک‌ساله علفی که اکثراً با ارتفاع کمتر از ۲ متر دارند، می‌باشد و کمتر از ۱۰ درصد این مناطق پوشش گیاهی است و بوته‌زارها: با پوشش بوته‌ای بیشتر از ۶۰ درصد و ارتفاع یک تا دوم‌تر تشکیل شده است (شکل ۴).

به‌دست‌آوردن کاربردی اراضی با استفاده از تصاویر مودیس در پلتفرم گوگل ارث انجین

برای تهیه نقشه کاربری اراضی از پروداکت سالانه ماهواره مادیس که از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ در دسترس می‌باشد، استفاده شده است. در این پژوهش از پروداکت پوشش سطحی زمین مربوط به گروه‌های هیدرولوژی LC_Prop3: FAO-LCCS3 surface hydrology استفاده شده است. که بر اساس آن منطقه مورد مطالعه از ۱- مناطق بایر و مراتع ضعیف: که حداقل ۶۰ درصد



کد Code	رنگ Color	نوع پوشش بر اساس گروه هیدرولوژی Land Cover Type Based on Hydrological Group
۱	سبز	بی‌ثمر: حداقل ۶۰ درصد از منطقه، بایر غیر پوشش گیاهی (شن، سنگ، خاک) یا برف / یخ دائمی با کمتر از ۱۰ درصد پوشش گیاهی است. Unproductive: At least 60% of the area is barren (without vegetation cover), consisting of sand, rocks, soil, or permanent snow/ice, with less than 10% vegetation cover.
۴۰	آبی	علفزار: غالباً علفی یک‌ساله (>۲ متر) < ۱۰ درصد پوشش Unproductive: At least 60% of the area is barren (without vegetation cover), consisting of sand, rocks, soil, or permanent snow/ice, with less than 10% vegetation cover.
۳۰	آبی تیره	بوته‌زارها: پوشش بوته‌ای < ۶۰٪ (۱-۲ متر) Scrublands: Shrub cover > 60% (1-2 meters in height)

شکل ۴. نقشه پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه بر اساس گروه‌های هیدرولوژی.

Fig 4. Land Cover Map of The Study Area Based on Hydrological Groups.

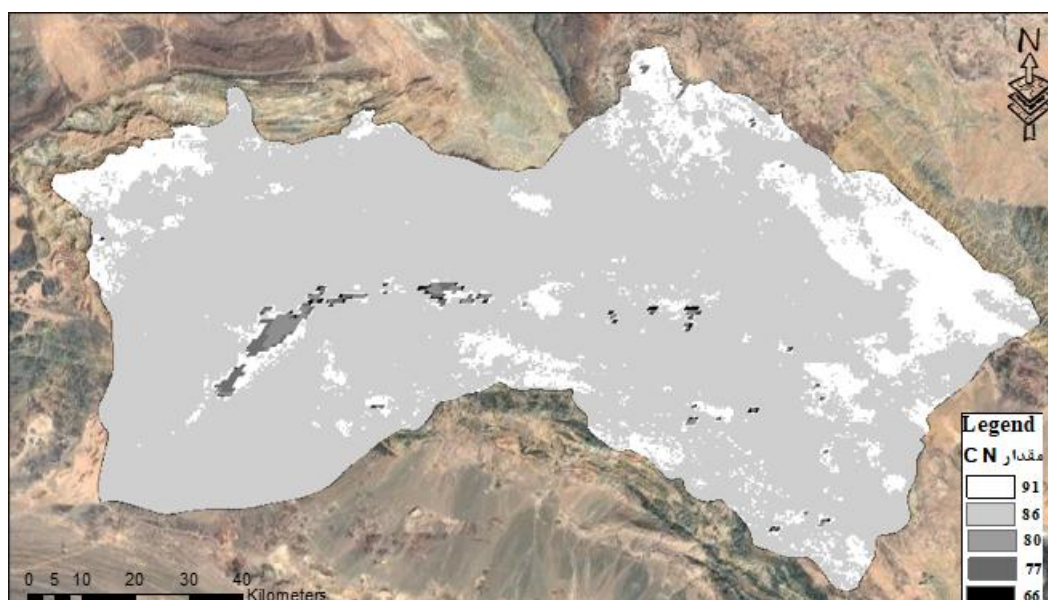
سپس بر اساس نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژی خاک با توجه به مطالعات Ray et al., 2010 و Asante et al., 2008 مقدار CN محاسبه گردید (شکل ۵).

تهیه نقشه میزان CN

جدول ۱. مقدار CN برای انواع کاربری اراضی بر طبق گروه‌های مختلف هیدرولوژی خاک

Table 1. CN Values for Land Use Types Based on Different Hydrological Soil Groups

کاربری زمین Land Use	گروه‌های هیدرولوژی خاک Hydrological Soil Groups (HSGs)				منبع Reference
	A	B	C	D	
زمین‌های بایر و مراتع کم‌تراکم Barren Lands and Sparsely Vegetated Grasslands	77	86	91	94	ری و همکاران، ۲۰۱۰ Ray et al., 2010
علفزارها Grasslands	54	70	80	85	آسانت و همکاران، ۲۰۱۸ Asante et al. 2018
بوت‌زارها Shrublands	55	56	70	77	ری و همکاران، ۲۰۱۰ Ray et al., 2010



شکل ۲. نقشه میزان CN در منطقه مورد مطالعه.

Fig 5. CN Map of The Study Area.

شیب و شیوه‌های مدیریتی از نظر مکانی متفاوت است. علاوه بر این S نیز به‌طور موقت به دلیل تغییرات در آب خاک تغییر می‌کند که در شکل ۶ قابل مشاهده است. محتوا پارامتر S به‌عنوان معادله زیر تعریف شده است. پس از محاسبه میزان CN مقدار S با توجه به رابطه (۲) به‌دست می‌آید:

$$Q = \left(\frac{(P-0.25)^2}{P+0.85} \right) (p \geq 0.25) \quad (2)$$

محاسبه مقدار S: حداکثر توان نگهداری مربوط به

نفوذ آب در خاک و ذخیره سطحی

مقدار این پارامتر وابسته به مقدار CN می‌باشد. مقدار CN از ۰ تا عدد ۱۰۰ متغیر می‌باشد که بسته به نوع کاربری و گروه هیدرولوژی خاک مقدار متفاوتی دارد. تعیین CN وابسته به شرایط خاک و پوشش سطح آن است که در مدل SCS به‌صورت گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، نوع پوشش، تیمارهای اصلاحی، شرایط هیدرولوژیکی و رطوبت پیشین خاک در نظر گرفته می‌شود. پارامتر S به دلیل تغییرات در ویژگی‌های خاک، الگوی پوشش زمین،



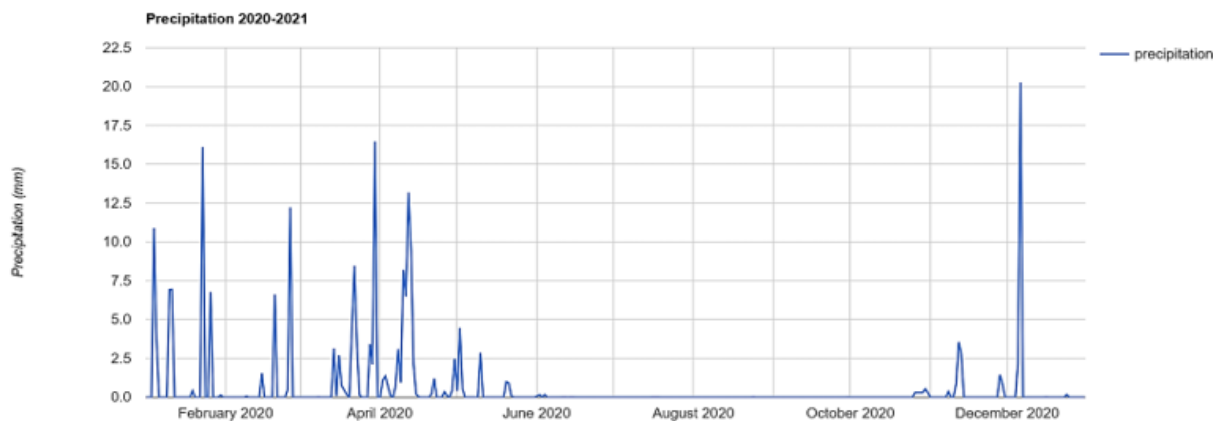
شکل ۳. نقشه میزان پارامتر S در منطقه مورد مطالعه.

Fig 6. S Parameter Map of The Study Area.

دسترس است. شکل ۷ نمودار بارش باران یک ساله ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ را نشان می‌دهد که بیشترین بارش در دسامبر ۲۰۲۰ اتفاق افتاده است.

محاسبه بارش با ماهواره Chirps

در این پژوهش برای محاسبه میزان بارش از داده‌های ماهواره Chirps استفاده شده است. این پرو داکت روزانه و با پیکسل ساین ۵۵۶۶ متر و از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۲۳ در



شکل ۷. نمودار بارش باران در منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱.

Fig 7. Rainfall Chart in The Study Area From 2020 to 2021.

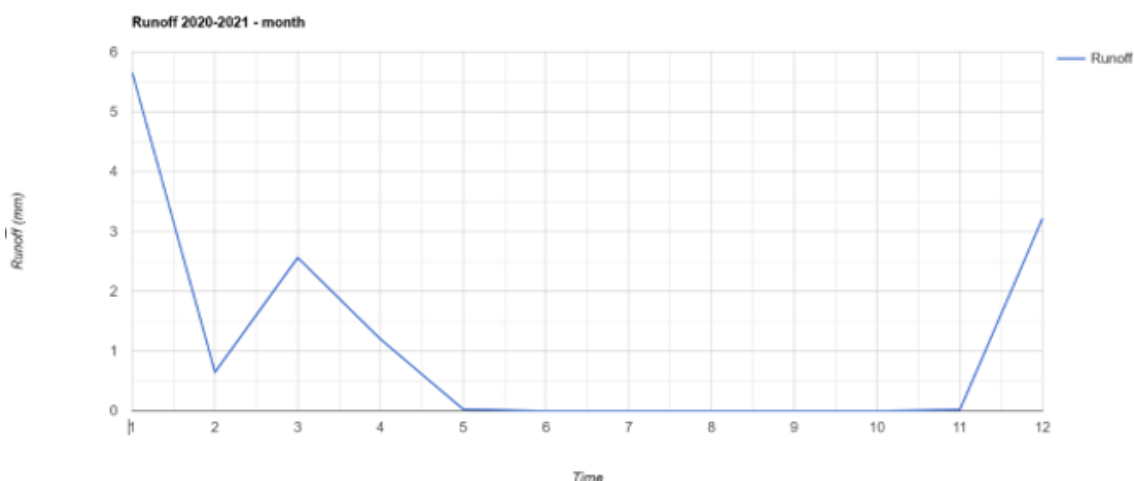
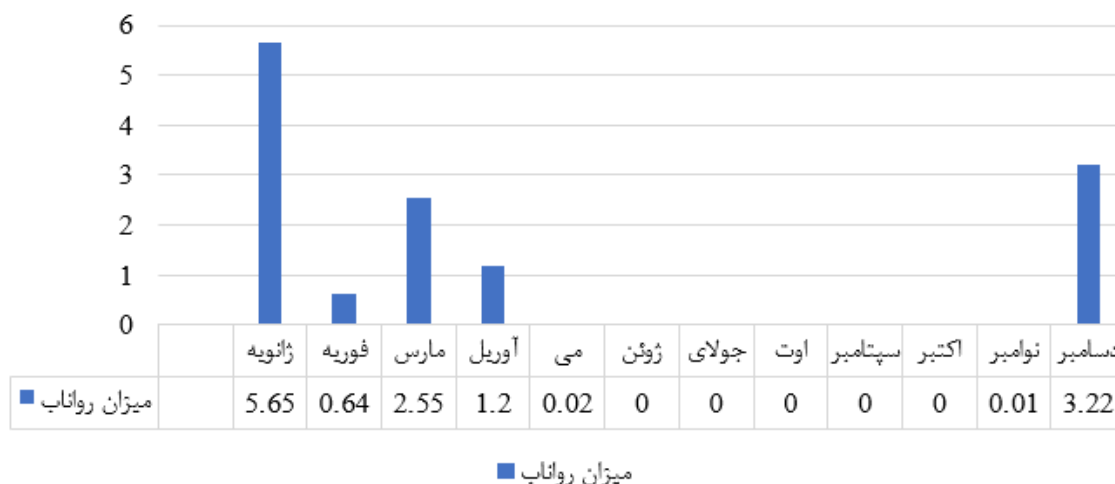
$$Q = \left(\frac{(P - 0.25)^2}{P + 0.85} \right) (p \geq 0.25) \quad (3)$$

S = ذخیره یا نگهداری حوضه (میلی‌متر)، Q = رواناب مستقیم واقعی (میلی‌متر) و P = مقدار کل بارندگی (میلی‌متر).

محاسبه ارتفاع رواناب به میلی‌متر

پس از به‌دست‌آوردن مقدار S و P در منطقه مورد مطالعه میزان ارتفاع رواناب به میلی‌متر (Q) باتوجه به رابطه ۳ به‌دست آمد:

مقدار رواناب ماهانه (میلی متر)

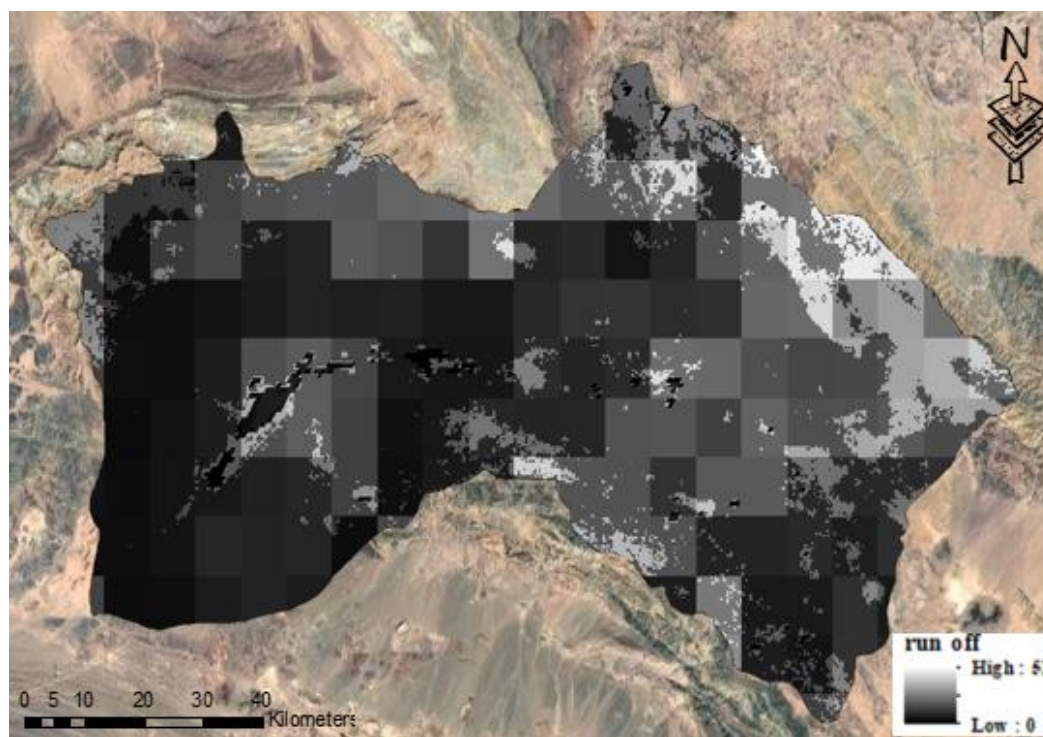


شکل ۴. نمودار مقدار رواناب ماهانه.

Fig 8. Monthly Runoff Volume Chart.

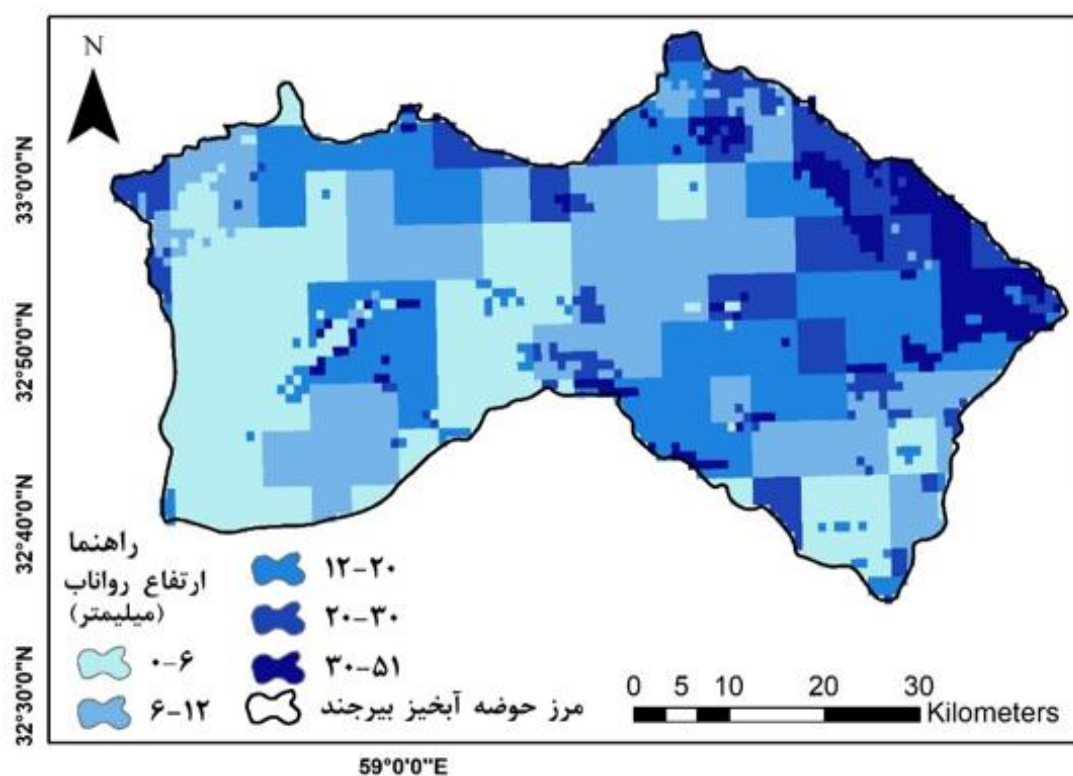
بر اساس نقشه توزیع رواناب، بیشترین رواناب در نواحی شمال شرقی و بخش‌هایی از مرکز حوضه مشاهده شد که می‌تواند به دلیل بارش‌های شدیدتر و نفوذپذیری کمتر خاک در این مناطق باشد. در مقابل، کمترین میزان رواناب در نواحی جنوب غربی حوضه دیده می‌شود که احتمالاً به دلیل نفوذپذیری بالای خاک و پوشش گیاهی بیشتر در این قسمت‌ها است (شکل ۹ و شکل ۱۰). براساس داده‌ها، بخش قابل توجهی از منطقه در طبقه‌های خیلی کم و کم قرار دارد، که نشان‌دهنده میزان کم رواناب در این مناطق است (جدول ۲).

در این مطالعه، مقادیر ماهانه رواناب برای منطقه موردنظر محاسبه و نشان‌داده شده است (شکل ۸). بیشترین میزان رواناب در ماه‌های دی و بهمن مشاهده شده و در ماه‌های تابستان (تیر تا مهر) به صفر رسیده است. این نشان‌دهنده تفاوت‌های فصلی در میزان بارش و رواناب در منطقه است. بررسی میزان رواناب نشان داد که ۲۷٪ از منطقه دارای رواناب بسیار کم (۰-۶ میلی‌متر) و ۲۸٪ دارای رواناب کم (۶-۱۲ میلی‌متر) است. همچنین، ۲۵٪ منطقه رواناب متوسط (۱۲-۲۰ میلی‌متر)، ۱۳٪ رواناب زیاد (۲۰-۳۰ میلی‌متر) و ۷٪ رواناب بسیار زیاد (۳۰-۵۱ میلی‌متر) دارد.



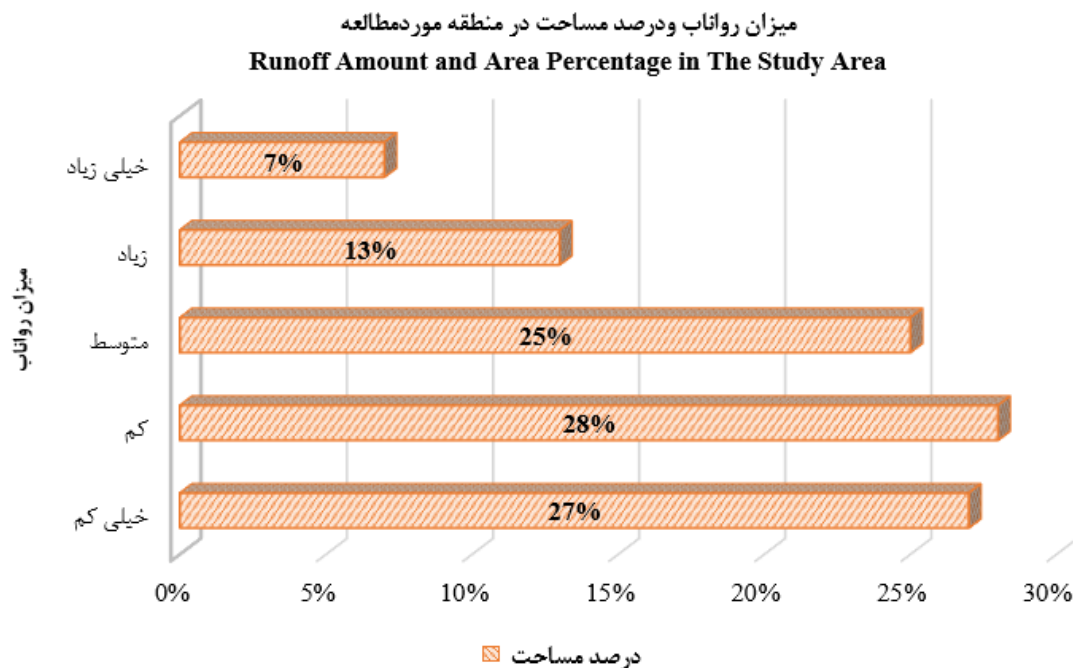
شکل ۵. میزان ارتفاع رواناب در حوضه آبخیز بیرجند .

Fig 9. Runoff Depth in The Birjand Watershed.



شکل ۶. نقشه طبقه بندی شدهی میزان رواناب حوضه آبخیز بیرجند.

Fig 10. Classified Runoff Map of The Birjand Watershed.



شکل ۱۱. میزان رواناب و درصد مساحت در منطقه مورد مطالعه.

Fig 11. Runoff Amount and Area Percentage in The Study Area.

جدول ۲. طبقات، مساحت و درصد وضعیت رواناب در منطقه مورد مطالعه

Table 2. Classes, area, and percentage of runoff status in the study area

درصد Percentage	مساحت (مترمربع) Area (Square Meters)	ارتفاع رواناب (میلی متر) Runoff Depth (Millimeters)	میزان رواناب Runoff Amount
27	927483190/4	0-6	خیلی کم Very Low
28	972951531/28	6-12	کم Low
25	834431773/8	12-20	متوسط Medium
13	445726591/5	20-30	زیاد High
7	239944727/8	30-51	خیلی زیاد Very High
1000	3420537814/8		مجموع Total

C به عنوان خاک‌های با نفوذپذیری بالا و رواناب کم شناسایی شدند، در حالی که گروه‌های A و D با نفوذپذیری کمتر و رواناب بیشتر همراه بودند.

در ادامه، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای MODIS و تصاویر گوگل ارث انجین، نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه شد. طبق این نقشه‌ها، بیشترین پوشش گیاهی در مناطق بوت‌زار و علفزار مشاهده گردید که تأثیر قابل توجهی بر میزان رواناب و ظرفیت ذخیره‌سازی آب در خاک داشتند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف ارزیابی خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبخیز بیرجند و تحلیل رواناب در این منطقه انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که بافت خاک و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (HSGs) تأثیر چشمگیری بر میزان رواناب در حوضه مورد مطالعه دارند. در این تحقیق، چهار نوع بافت خاک شناسایی شد که بر اساس آن، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک تهیه گردید. گروه‌های B و

ایران و دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیرد.

پیشنهاده‌ها

۱. گسترش مطالعه: تعمیم مدل‌های هیدرولوژیکی به مناطق مختلف برای شناسایی الگوهای منطقه‌ای و بهبود پیش‌بینی‌ها.
۲. تأثیر تغییرات اقلیمی: بررسی اثر تغییرات بارش و دما بر رواناب و ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاک.
۳. داده‌های دقیق‌تر: استفاده از داده‌های با تفکیک‌پذیری بالا، به‌ویژه تصاویر سنجش از دور، برای بهبود دقت مدل‌ها.
۴. تأثیر فعالیت‌های انسانی: ارزیابی نقش کشاورزی، صنعت و توسعه شهری در تغییرات هیدرولوژیکی.
۵. مدیریت منابع آب: استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی برای کاهش خطر سیلاب و بهینه‌سازی مصرف آب.

منابع

- Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K. R., Kirschbaum, D. B., Gourley, J., Adler, R., & Brakenridge, G. (2021). Artificial neural networks for flood susceptibility mapping in data-scarce urban areas. *Journal of Hydrology*, 603, 127046. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127046>
- Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K. R., Kirschbaum, D. B., Gourley, J., Adler, R., & Brakenridge, G. (2021). Artificial neural networks for flood susceptibility mapping in data-scarce urban areas. *Journal of Hydrology*, 603, 127046. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127046>
- Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K. R., Kirschbaum, D. B., Gourley, J., Adler, R., & Brakenridge, G. (2010). A digitized global flood inventory (1998–2008): Compilation and preliminary results. *Natural Hazards*, 55, 405–422. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9712-8>
- Ahern, M., Kovats, R. S., Wilkinson, P., Few, R., & Matthies, F. (2005). Global health impacts of floods: Epidemiologic evidence. *Epidemiology Reviews*, 27(1), 36–45. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxi033>
- Ahmadi, M., & Sohrabi, A. (2013). Analysis of hydrological characteristics of the Birjand watershed with emphasis on water resource management. *Journal of Regional Geography and Development*, (12), 45–60.
- Alam, H., Fallahi, M., & Nahas Faramaniyeh, S. (2019). Runoff estimation using the SCS-CN method based on GIS, case study (Shirvan, Bojnourd, Farooj, Safiabab, and Meshkan

محاسبه مقدار CN برای هر نوع کاربری اراضی و گروه هیدرولوژی خاک، به‌طور مؤثری در پیش‌بینی رواناب در حوضه آبخیز بیرجند به کار گرفته شد.

از سوی دیگر، داده‌های بارش ماهواره‌ای Chirps از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۲۳، به‌عنوان ورودی اصلی برای محاسبه رواناب استفاده شد. نتایج نشان داد که بافت خاک و گروه‌های هیدرولوژیکی تأثیر مستقیمی بر میزان رواناب دارند و نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی و داده‌های بارشی در تحلیل این پدیده نقش کلیدی ایفا می‌کنند. بررسی داده‌های بارش ماهواره‌ای Chirps طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۲۳ نشان داد که بیشترین رواناب در ماه‌های ژانویه و فوریه، هم‌زمان با بارش‌های شدید، رخ داده و کمترین میزان رواناب در ماه‌های تابستان مشاهده شده است.

بررسی توزیع مکانی رواناب نشان داد که ۲۷٪ از منطقه دارای رواناب بسیار کم (۰–۶ میلی‌متر) و ۲۸٪ دارای رواناب کم (۶–۱۲ میلی‌متر) است، درحالی‌که ۲۵٪ منطقه رواناب متوسط (۱۲–۲۰ میلی‌متر)، ۱۳٪ رواناب زیاد (۲۰–۳۰ میلی‌متر) و ۷٪ رواناب بسیار زیاد (۳۰–۵۱ میلی‌متر) دارد. بر اساس نقشه‌های توزیع رواناب، بیشترین میزان رواناب در نواحی شمال شرقی و بخش‌هایی از مرکز حوضه مشاهده شده است که این امر می‌تواند به دلیل بارش‌های شدیدتر، نفوذپذیری کمتر خاک و نوع پوشش سطحی زمین در این مناطق باشد. در مقابل، نواحی جنوب غربی حوضه دارای کمترین میزان رواناب هستند که این موضوع احتمالاً به دلیل نفوذپذیری بالاتر خاک و پوشش گیاهی متراکم‌تر در این بخش‌ها است.

این نتایج نشان می‌دهد که حوضه آبخیز بیرجند دارای تنوع بالایی در میزان رواناب است که تحت‌تأثیر ویژگی‌های هیدرولوژیکی، توزیع بارش و نوع کاربری اراضی قرار دارد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنای علمی برای مدیریت رواناب و کاهش خطر سیلاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده شود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده تأثیر تغییرات اقلیمی، مدیریت منابع آب و بهره‌برداری از اراضی بر میزان رواناب در این نواحی مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد. در نهایت، این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مبنای علمی برای پیش‌بینی و مدیریت رواناب و سیلاب‌ها در حوضه‌های آبخیز مشابه در

- estimation in the Rib watershed, upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 15(1), 2338533. <https://doi.org/10.1080/19475705.2024.2338533>
- Eskandari, M., et al. (2022). Integration of the SCS-CN model with remote sensing data for runoff estimation in Khorasan Razavi. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22, 100383. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100383>
- Eftekhari, M., Hajialiassi, A., & Islami Nejad, S. A. (2024). Evaluation of machine learning models in GIS for groundwater prediction in semi-arid areas of Eastern Iran. *Aquifer and Qanat*, 4(2), 49-66. <https://doi.org/10.22077/jaaq.2024.7282.1062>
- Gharshasbi, F., & Jokar Serhangi, I. (2024). Investigating the impact of land use changes and precipitation on soil erosion in the Ovard Nkarood basin. *Environmental Erosion Research Quarterly*, 14(1), 102-124
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.03>
- Hasami, N., Asakereh, H., & Raispour, K. (2024). Assessment of runoff response to decadal changes in land cover and climatic factors such as rainfall and snow in the Zayanderoud basin. *Iranian Water Resources Research Journal*, 20(1), 17-36.
- Hawkins, R. H., Theurer, F. D., & Rezaeianzadeh, M. (2019). Understanding the basis of the curve number method for watershed models and TMDLs. *Journal of Hydrologic Engineering*, 24(7), 06019003. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.19435584.0001710](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.19435584.0001710)
- Haynes, K., Coates, L., van den Honert, R., Gissing, A., Bird, D., de Oliveira, F. D., ... & Radford. (In *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, pp. 323-336).
- Hjelmfelt, A. T., Kramer, L. A., & Burwell, R. E. (1982). Curve numbers as random variables. In *Rainfall-Runoff Relationships* (pp. 365-370). Water Resources Publications.
- Hosseinzadeh, M. M., & Eimani, S. (2018). Estimation of runoff height using the curve number method and the Arc-CN Runoff tool in the Afjeh watershed. *Spatial Analysis of Environmental Hazards Journal*, 5(2), 91-106.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jahangir, M. H., Reineh, S. M. M., & Abolghasemi, M. (2019). Spatial prediction of flood zonation counties). *Innovative Findings in Applied Geology*, 13(26), 156-166.
- Alonso, A., Muñoz-Carpena, R., Kennedy, R. E., & Murcia, C. (2016). Wetland landscape spatio-temporal degradation dynamics using the new Google Earth Engine cloud-based platform: Opportunities for non-specialists in remote sensing. *Transactions of the ASABE*, 59(5), 1331-1342. <https://doi.org/10.13031/trans.59.11870>
- Asante, K. O., Macuacua, R. D., Artan, G. A., Lietzow, R., & Verdin, J. P. (2007). Developing a flood monitoring system from remotely sensed data for the Limpopo Basin. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(6), 1709-1714. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.899364>
- Askar, M. K. (2013). Rainfall-runoff model using the SCS-CN method and geographic information systems: A case study of Gomal River watershed. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 178, 159-170.
- Aziz, M. T., Islam, M. R., Kader, Z., Imran, H. M., Miah, M., Islam, M. R., & Salehin, M. (2023). Runoff assessment in the Padma River Basin, Bangladesh: A GIS and RS platform in the SCS-CN approach. *Journal of Sedimentary Environments*, 8(2), 247-260. <https://doi.org/10.2136/jse.2023.0892>
- Bansode, A., & Patil, K. A. (2014). Estimation of runoff by using the SCS curve number method and ArcGIS. *International Journal of Science and Engineering Research*, 5(7), 1283-1287.
- Bansode, M., et al. (2020). Hydrological modeling using the SCS-CN method in the Jajrood watershed, Iran. *Journal of Hydrology*, 578, 124-136. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124136>
- Bhura, C. S., Singh, N. P., Mori, P. R., Prakash, I., & Mehmood, K. (2015). Estimation of surface runoff for the Ahmedabad urban area using the SCS-CN method and GIS. *International Journal of Science, Technology and Engineering*, 1(11), 411-416.
- Caletka, M. (2021). Surface runoff modelling using the SCS-CN method and delineation of flood extents by a non-hydrodynamic GIS tool.
- Das, G. K. (2024). Google Earth Engine-based rainfall-runoff modelling for hydrological assessment in the Rasulpur River basin. *Knowledge-Based Engineering and Sciences*, 5(1), 81-97. <https://doi.org/10.1016/j.jkes.2024.01.001>
- Doocy, S., Daniels, A., Packer, C., Dick, A., & Kirsch, T. D. (2013). The human impact of earthquakes: A historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS Currents*, 5. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.02e7b417a0eafc859bdf9c5c07cf9f50>
- Eniyew, S., Meshesha, D. T., Zeleke, G. A., & Wassie, S. B. (2024). Combining geospatial information and SCS-CN for surface runoff

- Flood Risk Management, 14(3). <https://doi.org/10.1002/frm.1632>
- Muneer, A. S., Afan, H. A., Kamel, A. H., & Sayl, K. N. (2022). Runoff mapping using the SCS-CN method and artificial neural network algorithm, Ratga Basin, Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(7), 666. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09191-4>
- Namati Mansour, A. R., Kardaam Moghadam, H., & Javad, S. (2024). Estimation of groundwater balance using a remote sensing approach: Case study of the Qomsha plain. *Aquifer and Qanat*, 4(2), 35-48. <https://doi.org/10.22077/jaaq.2024.7258.1061>
- Rawat, K. S., & Singh, S. K. (2017). Estimation of surface runoff from semi-arid ungauged agricultural watershed using SCS-CN method and earth observation data sets. *Water Conservation Science and Engineering*, 1, 233-247. <https://doi.org/10.1007/s41101-017-0014-4>
- Ray, D. K., & Pijanowski, B. C. (2010). A backcast land use change model to generate past land use maps for the Muskegon River Watershed. *Land Use Policy*, 27(3), 611-622. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.003>
- Ross, C. W., Prihodko, L., Anchang, J., Kumar, S., Ji, W., & Hanan, N. P. (2018). HYSOGs250m, global gridded hydrologic soil groups for curve-number-based runoff modeling. *Scientific Data*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.88>
- Safari, A., Ghavanati, I., Behishti Javid, E., & Hosseini, H. (2013). Estimation and mapping of runoff caused by maximum 24-hour rainfall using the SCS-CN method (Yamchi dam basin, Ardabil). *Geography*, 11(38), 201-217.
- Sarvi, V. (2016). Locating rainwater harvesting potential areas for wildlife using GIS (Master's thesis, University of Guilan).
- Siddi Raju, R., Sudarsana Raju, G., & Rajasekhar, M. (2018). Estimation of rainfall runoff using SCS-CN method with RS and GIS techniques for Mandavi Basin in YSR Kadapa District of Andhra Pradesh, India. *Hydrospatial Analysis*, 2(1), 1-15.
- Study in an alpine valley in Italy. (2008). *Journal of Environmental Psychology*, 28(2), 164-173.
- The implications for policy and practice. (2017). *Journal of Environmental Science & Policy*, 76, 165-176.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2020). *The Human Cost of Disasters: An Overview of the Last 20 Years (2000-2019)*.
- USDA, S. C. S. (1986). *Urban hydrology for small watersheds (Technical Release No. 55, pp. 2-6)*. U.S. Department of Agriculture.
- Vinithra, R., & Yeshodha, L. (2016). Rainfall-runoff modelling using SCS-CN method: A case study of Krishnagiri District, Tamil Nadu. *International Journal of Scientific Research*, 5(3), 2319-7064.
- mapping in Kan River Watershed, Iran, using an artificial neural network algorithm. *Journal of Natural Hazards*, 55(2), 405-422. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9615-7>
- Jahani, M., Talaghani, S., & Akbari, M. (2024). Quantitative evaluation of soil erosion potential using the SLEMSA model (case study: Karakh watershed in Lorestan province, Iran). *Environmental Erosion Research Quarterly*, 14(2), 161-179.
- Javad, M. R., Mir Dareh Herijani, F., & Chatarsimab, Z. (2011). Estimation of runoff height using the curve number method in the ArcGIS software environment with the Arc CN-Runoff tool. *Remote Sensing and GIS Applications in Planning*, 2(3), 55-62.
- Kadam, A. K., Kale, S. S., Pande, N. N., Pawar, N. J., & Sankhua, R. N. (2012). Identifying potential rainwater harvesting sites of a semi-arid, basaltic region of Western India, using the SCS-CN method. *Water Resources Management*, 26, 2537-2554. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0025-6>
- Khayaat, A., Amirabadizadeh, M., Poorreza Bilandi, M., & Khazimehnajad, H. (2021). Prediction of groundwater levels in the Birjand plain using a fuzzy neural network under climate change impact. *Aquifer and Qanat*, 2(1), 38-51. <https://doi.org/10.22077/jaaq.2021.1863>
- Khosravi, K., Panahi, M., Golkarian, A., Keesstra, S. D., Saco, P. M., Bui, D. T., & Lee, S. (2020).
- Kirch, W., Menne, B., & Bertollini, R. (Eds.) (2005). *Extreme weather events and public health*. Springer Science & Business Media.
- Laishram, R. J., & Alam, W. (2024). Estimation of rainfall-runoff potential using SCS-CN and geospatial approach for Loktak Lake Watershed, India. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 18(1), 77-105.
- Li, H., Zhang, Y., Vaze, J., & Wang, B. (2012). Separating effects of vegetation change and climate variability using hydrological modelling and sensitivity-based approaches. *Journal of Hydrology*, 420, 403-418. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.12.044>
- Miceli, R., Sotgiu, I., & Settanni, M. (2008). Disaster preparedness and perception of flood risk. *PLoS Currents*, 5.
- Mir Dareh Herijani, F. (2011). Estimation and comparison of erosion potential with the EPM and MPSIAC models using GIS (Master's thesis, Islamic Azad University, Noor Branch, Watershed Management Department).
- Mirmousavi, S. H., & Esmaeili, H. (2021). Mapping flood-prone areas using GIS and remote sensing (RS), case study: Darab County. *Natural Environmental Hazards*, 10(27), 21-46. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04448-w>
- Mousavi, H., et al. (2021). Flood modeling using the SCS-CN method in the Dez River basin, Iran.

