

## Development of Management Solutions to Increase Runoff from the Past to the Future (Case Study: Zayandeh Rooud Watershed, Eskandari sub-watershed)

Zeinab Karimi\*, Ali Talebi

Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yaz, Iran

\*Corresponding Author: karimi.modares@gmail.com

(Received: 17 December 2023

Revised: 11 January 2024

Accepted: 06 February 2024)

### Extended Abstract

**Introduction:** Eskandari sub-watershed is one of the most important water supply sources for agriculture, drinking and industry in Isfahan region and province. Therefore, better understanding of the problems within this watershed is crucial for planning and proper management. Moreover, a concerted effort to engage all stakeholders in the integrated management of this watershed is necessary. This research aims to investigate the reasons for the increase of runoff in the years 2011, 2021, and 2031, providing management solutions with the active participation of stakeholders.

**Materials and methods:** First, the height of the runoff was estimated using the curve number method. In this regard, Landsat 5 and 8 satellite images from 2011 and 2021 were used to prepare a land-use map of the Eskandari sub-watershed. Additionally, the prediction of land-use changes in the future (2031) was done using the Markov model. To prepare the curve number map, the combination of the land-use map and hydrological groups was used, and then the runoff height was estimated in the studied years. Following this, through collaborative workshops, stakeholders were asked to create a problems and objectives tree based on the main reasons for the runoff progress in the watershed, consulting with each other. Subsequently, based on the objective tree, the initial list of proposed solutions for the Eskandari sub-watershed was presented. The proposed solutions were then refined, classified, and prioritized by experts. Continuing with the goals of the current research, the most important indicators affecting the current situation of the Eskandari sub-watershed were selected based on the opinions of experts and stakeholders. To model, the multi-criteria decision-making method was used to select solutions and prioritize them. Therefore, initially, the researcher's questionnaire was distributed among stakeholders for scoring the selected solutions according to the assessment criteria. Finally, the results obtained from experts' scoring were prioritized using the TOPSIS method.

**Results and Discussion:** The results reveal a significant reduction in natural lands in the region. Consequently, by 2031, rangelands with good and mediocre cover have been completely destroyed, while those with poor cover, irrigation, and rainfed agriculture dominate the region. Based on soil science information, 57.18% of the area is related to hydrological group B with a medium runoff production capacity. Hydrological groups C and D, with percentages of 24.98 and 17.82, respectively, are the next priorities. Following this, by combining the hydrological group map of the watershed with the land-use map in GIS environment, the CN map with curve numbers ranging from 61 to 96 was obtained. Finally, the average infiltration in 2011, 2021, and 2031 was 79.15, 62.82, and 55.12 mm, respectively, while the average runoff in those years was 10.99, 13.15, and 13.38 mm, respectively. According to the results, the losses decrease over time, while the runoff increases. Residential lands and rocky outcrops have the highest amount of runoff production, i.e. 34.38 mm, whereas rangeland with good cover (0.33) has the lowest amount of runoff. In subsequent collaborative workshops, based on the opinions and consensus of stakeholders and experts, improper agriculture was identified as one of the main reasons for increase of runoff in the studied area. Due to a lack of water, insufficient income, and a lack of laws and supervision in the region, watershed farmers and residents are changing land use and cultivating low-yielding lands in an unprincipled manner. Also, in line with the research goals, 11 management solutions and 12 effective indicators (economic, social, and environmental sectors) were identified for the current situation of the watershed. The prioritization results based on the TOPSIS method showed that the solution of creating cover farming to increase surface coverage has been assigned the highest priority.

**Conclusion:** In this research, efforts have been made to address and mitigate the runoff in the study area. Management solutions have been presented based on the preferences and participation of stakeholders. Therefore, to prevent further runoff in the region, it is suggested to establish institutions tailored to the watershed's situation, considering patterns of cultivation and conservation agriculture, and integrating the cooperation of subordinate institutions and organizations.

**Keywords:** Objectives tree, Eskandari sub-watershed, TOPSIS method, Stakeholders, Curve number.

Citation: Karimi, Z., & Talebi, A. (2024). Development of Management Solutions to Increase Runoff from the Past to the Future (Case Study: Zayandeh Rooud Watershed, Eskandari sub-watershed). *Integrated Watershed Management*, 4(1), 61-75. doi: 10.22034/iwm.2024.2018157.1119

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





## تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب از گذشته تا آینده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده‌رود- زیر آبخیز اسکندری)

زینب کریمی\*، علی طالبی

گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

\*نویسنده مسئول: karimi.modares@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶

### چکیده مبسوط

**مقدمه:** زیرآبخیز اسکندری یکی از مهم‌ترین منابع اصلی تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت در منطقه و استان اصفهان است. بنابراین، آگاهی و درک بهتر از مشکلات موجود در این زیرآبخیز می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح در این حوزه باشد. ضمن اینکه، تلاشی مضاعف در جذب تمام ذینفعان در مدیریت جامع این حوزه، امری ضروری است. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی دلایل پیشرفت رواناب در بازه سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ و ارائه راهکارهای مدیریتی با مشارکت ذینفعان برنامه‌ریزی شده است.

**مواد و روش‌ها:** ابتدا ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی برآورد شد. در این راستا، از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 5 و 8 مربوط به سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی زیرآبخیز اسکندری استفاده شد. هم‌چنین، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده (۲۰۳۱) با استفاده از مدل مارکوف انجام پذیرفت. سپس برای تهیه نقشه شماره منحنی از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک استفاده و سپس ارتفاع رواناب در سال‌های مورد مطالعه برآورد گردید. در ادامه، با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی، از ذینفعان خواسته شد ضمن مشورت با یکدیگر درخت مشکلات و اهداف را بر مبنای دلایل اصلی پیشرفت رواناب در حوزه ترسیم نمایند. سپس، بر اساس درخت اهداف فهرست اولیه راهکارهای پیشنهادی برای زیرآبخیز اسکندری ارائه شد. هم‌چنین، راهکارهای پیشنهادی از نظر کارشناسی مورد پالایش، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی قرار گرفت. در ادامه، بر اساس اهداف پژوهش حاضر، مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر وضعیت کنونی زیرآبخیز اسکندری بر اساس نظرات کارشناسان و ذینفعان انتخاب شدند. سپس، به منظور مدل‌سازی برای انتخاب راهکارها و اولویت‌بندی آن‌ها از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. بنابراین ابتدا پرسشنامه محقق به منظور امتیازدهی به راهکارهای منتخب با توجه به معیارهای ارزیابی بین ذینفعان توزیع شد. در نهایت، نتایج حاصل از امتیازدهی کارشناسان با استفاده از روش TOPSIS اولویت‌بندی شدند.

**نتایج و بحث:** نتایج کاهش چشمگیر اراضی طبیعی را در منطقه نشان می‌دهد. به طوری که در سال ۲۰۳۱ مراتع با تاج پوشش خوب و متوسط کاملاً نابود شده‌اند و مراتع با تاج پوشش ضعیف و زراعت آبی و دیم در منطقه غالب شده‌اند. هم‌چنین، بر اساس اطلاعات خاک‌شناسی ۵۷/۱۸ درصد سطح منطقه مربوط به گروه هیدرولوژیک B با توانایی تولید رواناب متوسط است. گروه‌های هیدرولوژیک C و D با ۲۴/۹۸ و ۱۷/۸۲ درصد به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در ادامه، از تلفیق نقشه گروه هیدرولوژیک خاک حوزه با نقشه کاربری اراضی در نرم‌افزار GIS، نقشه CN دارای شماره منحنی ۶۱ تا ۹۶ به دست آمد. در نهایت، میانگین نفوذ در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۷۹/۱۵، ۶۲/۸۲ و ۵۵/۱۲ میلی‌متر و میانگین رواناب در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۱۳/۳۸، ۱۳/۱۵ و ۱۳/۳۸ میلی‌متر به دست آمد. طبق نتایج به‌دست‌آمده، مقدار تلفات با گذشت زمان کاهش و مقدار رواناب افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج، اراضی مسکونی و رخنمون سنگی بیش‌ترین میزان تولید رواناب یعنی ۳۴/۳۸ میلی‌متر و مرتع با تاج پوشش خوب (۰/۳۳) کم‌ترین میزان رواناب را به خود اختصاص داده‌اند. در ادامه با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی، بر اساس نظرات و هم‌فکری ذینفعان و کارشناسان، یکی از دلایل اصلی پیشرفت رواناب در منطقه را کشاورزی غیراصولی عنوان کردند. در واقع، به دلیل کم‌آبی، درآمد ناکافی، عدم وجود قوانین و نظارت در منطقه؛ آبخیز‌نشینان به تغییر کاربری اراضی و کشت در اراضی کم‌بازه به صورت غیراصولی می‌پردازند. هم‌چنین، با توجه به اهداف پژوهش ۱۱ راهکار مدیریتی و ۱۲ شاخص مؤثر (بخش اقتصادی- اجتماعی و محیطی) در وضعیت کنونی حوزه به دست آمد. نتایج حاصل از اولویت‌بندی بر اساس روش TOPSIS نشان داد که راهکار ایجاد زراعت پوششی بیش‌ترین اولویت را به خود اختصاص داده است.

**نتیجه‌گیری:** در این پژوهش سعی شده است به منظور جلوگیری یا کاهش پیشرفت رواناب در منطقه مورد مطالعه راهکارهای مدیریتی بر اساس ترجیحات و مشارکت ذینفعان ارائه شود. بنابراین، به منظور جلوگیری از پیشرفت رواناب در منطقه ایجاد نهادهای مطابق با وضعیت حوزه در خصوص الگوهای کشت و کشاورزی حفاظتی و یکپارچه‌سازی همکاری‌های نهادها و سازمان‌های زیربند پیشنهاد می‌شود.

**واژگان کلیدی:** درخت اهداف، زیرآبخیز اسکندری، روش TOPSIS، ذینفعان، شماره منحنی.

**استناد:** کریمی، ز؛ و طالبی، ع. (۱۴۰۳). تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب از گذشته تا آینده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده‌رود- زیر آبخیز اسکندری). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۱)، ۴(۱)، ۷۵-۶۱.



**حق چاپ:** حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

کاربری اراضی، مقدار رواناب حاصل از یک بارش را در بخش‌های مختلف حوزه آبخیز برآورد می‌کند (Mahdavi, 2011). به عبارت دیگر، گروه هیدرولوژیکی خاک، نوع کاربری اراضی و پوشش گیاهی مهم‌ترین ویژگی‌های استفاده شده حوضه برای به دست آوردن CN می‌باشند. در این راستا، مطالعات متعددی توسط پژوهشگران مختلف در ایران و جهان انجام شده است. Soulis و Valiantzas (۲۰۱۲) مقادیر شماره منحنی را در دو سیستم ناهمگن در منطقه Lykorrema ایالات متحده آمریکا بر اساس داده‌های بارش و رواناب محاسبه کرده و بیان کردند که برآورد شماره منحنی در دو سیستم دقت قابل قبولی داشته است. Mostafazadeh و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به ارزیابی CN رویدادهای بارش و رواناب و تغییرات آن در حوزه آبخیز جعفرآباد پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد میانگین مقادیر CN در فصل‌های تابستان و زمستان حدود ۷۳ و در فصل‌های بهار و پاییز به ترتیب ۲۳ و ۲۷ است. ضمن اینکه، مقدار CN در بارش‌هایی با شدت‌های بیش از ۱۰ و ۴۰ میلی‌متر در ساعت برآورد شدند. هم‌چنین، در رخدادهایی با ضریب رواناب ۸۰-۴۰ درصد، مقدار CN برآورد شده بیش از ۷۰ است. Satheeshkumar و همکاران (۲۰۱۷) میزان رواناب شمال هند را با استفاده از روش CN برآورد کردند. نتایج آن‌ها کاربرد این مدل را برای تخمین رواناب در حوزه آبخیز مذکور تأیید کردند. هم‌چنین، Bahrami و Imeni (۲۰۱۹) در پژوهشی به برآورد ارتفاع رواناب سالیانه و حداکثر دبی اوج سیل حوضه حصارک و مقایسه مقادیر رواناب برآورد شده با استفاده از روش ICAR، Justin، Sousa، Angeli di و SCS-CN در حوزه آبخیز حصارک پرداختند. نتایج مقایسه مقادیر رواناب برآورد شده در روش‌های مختلف با مقادیر رواناب مشاهداتی نشان داد روش SCS-CN انطباق بیشتری با رواناب و دبی مشاهداتی دارد. Lotfi Far (۲۰۲۲) در مقاله‌ای به بررسی توان

تخمین رواناب یکی از مهم‌ترین فرآیندهایی است که در مدیریت جامع آبخیز برای اهداف مختلف از جمله مدیریت و کنترل رواناب، برنامه‌ریزی منابع آب یک آبخیز و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dehban *et al.*, 2022). ضمن اینکه، مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی به‌موقع و اصولی رواناب می‌تواند در راستای حل مشکلات آب آشامیدنی، کشاورزی، صنعت و خشک‌سالی بسیار مفید باشد (Javadi *et al.*, 2011). در این راستا، روش‌های مرسوم اندازه‌گیری رواناب در ایران به خاطر عدم دسترسی به اکثر حوزه‌های آبخیز، یک امر پرهزینه، وقت‌گیر و مشکل است. علاوه بر این، در بیش‌تر حوزه‌های آبخیز ایران، ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش یا رواناب وجود ندارد و یا داده‌های موجود ناقص می‌باشند (Hossein Zadeh *et al.*, 2017). بدین منظور، برای برآورد رواناب از روش‌های تجربی مختلفی استفاده می‌شود. از جمله این روش‌ها، تخمین رواناب با استفاده از نفوذپذیری خاک، روش استدلالی، روش مبتنی بر سطح حوضه به روش کریگر، فولر و ایکار و هم‌چنین روش مبتنی بر شماره منحنی (CN)<sup>۱</sup> است (Bahrami & Imeni, 2019) که در بین این روش‌ها، روش سازمان حفاظت خاک آمریکا<sup>۲</sup> (SCS) معروف به روش شماره منحنی به‌صورت دقیق‌تر و مطمئن‌تر کاربرد فراوانی در اقلیم‌های مختلف دنیا دارد (Chow Vent *et al.*, 1988). در هیدرولوژی، CN برای تعیین مقدار نفوذ بارش در زمین یا آبخوان و مقدار بارشی که تبدیل به رواناب می‌شود استفاده می‌گردد. زمانی که مقدار CN بالا باشد به معنای رواناب بالا و نفوذ کم است. اگر مقدار CN پایین باشد رواناب کم و نفوذ بالا است. در واقع، این روش با در نظر گرفتن ویژگی‌های خاک، وضعیت هیدرولوژیکی زمین و نیز

1. Curve Number  
2. Soil Conservation Service

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

زیرآبخیز اسکندری (۵۰°۲۰' تا ۵۰°۳۰' طول شرقی و ۳۲°۴۲' تا ۳۳°۱۱' عرض شمالی) دارای مساحتی بالغ بر ۱۶۴۹ کیلومتر مربع، میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۹ میلی‌متر و دمای ۹/۸ درجه سانتی‌گراد است. این زیرآبخیز در حوزه آبخیز زاینده‌رود و در استان اصفهان واقع شده است. هم‌چنین، رودخانه پلاسجان که از ارتفاعات استان اصفهان سرچشمه می‌گیرد، در این زیرآبخیز جاری است و سپس به ایستگاه هیدرومتری اسکندری می‌رسد (Effectiveness studies of watershed operation in Zayandehroud dam basin, 2021). موقعیت و اطلاعات مهم در مورد این زیرآبخیز در شکل ۱ ارائه شده است.

### روش تحقیق

ابتدا، نقشه کاربری اراضی زیرآبخیز اسکندری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست 5 و 8 مربوط به سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ تهیه شد. در ادامه، با شناخت کلی تصویر و با استفاده از روش‌های مختلف پردازش تصویر، هر یک از کلاس‌ها در مرحله‌های جداگانه و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده از یکدیگر تفکیک شدند (Karimi et al., 2022). سپس، با توجه به اهداف طرح و نوع پوشش‌های موجود در زیرآبخیز اسکندری، طبقه‌های مختلف تصویر با استفاده از روش حداکثر احتمال<sup>۳</sup> طبقه‌بندی گردیدند (Lillesand & Kiefer, 2003). هم‌چنین، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده (۲۰۳۱) با استفاده از مدل مارکوف<sup>۴</sup> انجام پذیرفت (Singh et al., 2015). روش زنجیره‌ای مارکوف، تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی تغییرات برای سال افق را ارائه می‌دهد.

تولید رواناب در حوزه آبخیز رازآور کرمانشاه با روش SCS و کلاس‌بندی و وزن‌دار کردن مؤثرترین عوامل سیل‌خیزی پرداخت. نتایج حاصل از پژوهش ایشان نشان داد که عوامل زمین‌شناسی با میانگین  $R=۳/۳۳$  و پوشش گیاهی با میانگین  $R=۲/۲۰$  و ضریب رواناب CN با میانگین  $R=۷۲/۷۳$  مؤثرترین عوامل در تولید رواناب حوضه می‌باشند.

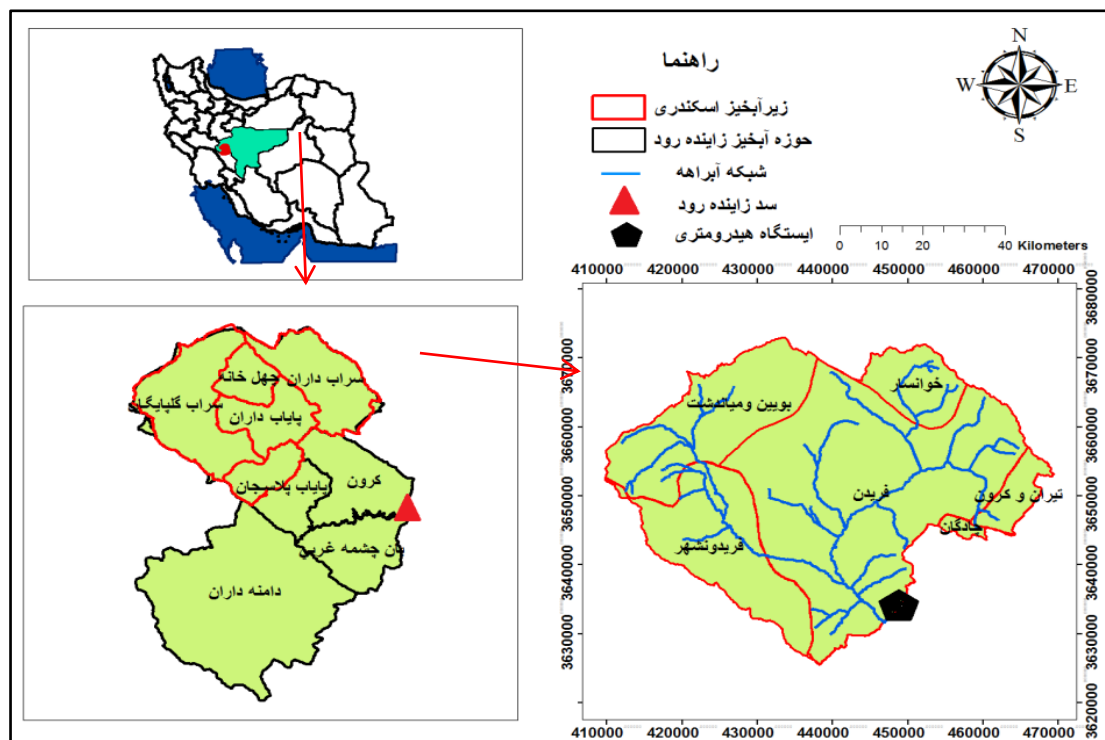
هم‌چنین، Baghel و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به برآورد توان تولید رواناب بر اساس روش CN در حوزه آبخیز Mand طی دوره آماری ۲۰۱۵-۲۰۱۹ پرداختند. مقدار رواناب برآورد شده با روش CN در منطقه مورد مطالعه ۵۰۷۰/۰۰ میلی‌متر مکعب به دست آمد. هم‌چنین، بر اساس روش AHP میزان تولید رواناب در ۱۳ زیرآبخیز منطقه مورد مطالعه یکسان نبوده و زیرحوضه‌های ۷ و ۱۱ بیش‌ترین میزان رواناب را تولید می‌کنند. ضمن اینکه، روش مورد مطالعه در پژوهش می‌تواند به‌طور گسترده در حوزه‌های آبخیز جهان استفاده شود.

جمع‌بندی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد اگرچه پژوهش‌های متعددی در خصوص استفاده از روش CN به‌منظور برآورد رواناب و تأکید استفاده از این روش به دلیل دقت بالای آن نسبت به سایر روش‌ها صورت گرفته است، اما کمتر پژوهشی به بررسی تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب در حوزه آبخیز پرداخته است.

بر این اساس پژوهش حاضر با اهداف ذیل در زیرآبخیز اسکندری، واقع در حوزه آبخیز زاینده‌رود برنامه‌ریزی شده است:

۱- برآورد ارتفاع رواناب در زمان گذشته (۲۰۱۱)، فعلی (۲۰۲۱) و آینده (۲۰۳۱)؛

۲- تدوین راهکارهای مدیریتی با مشارکت ذینفعان در خصوص دلایل افزایش رواناب طی دوره آماری مورد مطالعه.



شکل ۱- موقعیت و اطلاعات مهم زیرآبخیز اسکندری در ایران و حوزه آبخیز زاینده رود

Figure 1- Location and important information of Eskandari sub-watershed in Iran and Zayandeh roud watershed

در ادامه، مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته برای منطقه مورد مطالعه برآورد شد. این مقدار در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ به ترتیب ۴۷ و ۴۰ میلی‌متر محاسبه گردید. همچنین؛ پیش‌بینی حداکثر بارش ۲۴ ساعته در سال ۲۰۳۱، ۳۹/۳۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. به عبارت دیگر؛ پیش‌بینی بارش بر اساس میانگین ۱۰ ساله حداکثر بارش ۲۴ ساعته از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ و همچنین، با فرض ثابت بودن سایر شرایط و با توجه به اطلاعات و داده‌های سناریوی تغییر اقلیم در حوزه آبخیز زاینده رود انجام پذیرفت (Enteshri & Najafabadi, 2019).

در نهایت، مقدار تلفات (نگهداشت) و ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی با استفاده از رابطه ۱ و ۲ برآورد شد (Verma et al., 2021). در این روابط، S تلفات کل (حداکثر توان نگهداری و نفوذ در خاک) برحسب میلی‌متر (mm)، Q ارتفاع رواناب (mm) و P حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته (mm) است.

ماتریس احتمال تغییر نشان می‌دهد که با چه احتمالی هر کلاس از کاربری اراضی طبقه‌بندی شده در آینده به کاربری دیگری تغییر خواهد یافت (Ghaderi et al., 2020). سپس، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک<sup>۱</sup> منطقه مورد مطالعه بر اساس اطلاعات خاک زیرآبخیز اسکندری و جدول ۱ تهیه شد (Kumar et al., 2021).

جدول ۱- وضعیت گروه‌های هیدرولوژیک خاک

Table 1- The status of hydrological soil groups

تولید رواناب	نوع خاک	شدت نفوذ (inch/h)	گروه‌های هیدرولوژیک
کم	شنی و قلوه‌سنگی	3<	A
متوسط	شنی لومی- شنی رسی	1.5-3	B
نسبتاً زیاد	لومی، لومی رسی دارای لایه سخت در عمق خاک	0.5-1.5	C
زیاد	رسی، خاک‌های شور، سنگ، جاده آسفالت، بتون خاک‌های کم‌عمق	0.5>	D

### 1. Hydrologic soil groups

رفع مشکل یادداشت می‌شود ( Karimi & Talebi, 2022).

سپس، بر اساس درخت اهداف فهرست اولیه راهکارهای پیشنهادی برای زیرآبخیز اسکندری ارائه شد. هم‌چنین، راهکارهای پیشنهادی از نظر کارشناسی مورد پالایش، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی قرار گرفت. در ادامه، بر اساس اهداف پژوهش حاضر، مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر وضعیت کنونی زیرآبخیز اسکندری بر اساس نظرات کارشناسان و ذینفعان انتخاب شدند. سپس، به منظور مدل‌سازی برای انتخاب راهکارها و اولویت‌بندی آنها از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد ( Karimi et al., 2022). بنابراین ابتدا پرسشنامه محقق به منظور امتیازدهی به راهکارهای منتخب با توجه به معیارهای ارزیابی بین ذینفعان توزیع شد. در نهایت، نتایج حاصل از امتیازدهی کارشناسان با استفاده از روش TOPSIS اولویت‌بندی شدند. TOPSIS یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که به طور گسترده‌ای در موقعیت‌های تصمیم واقعی به کار گرفته می‌شود ( Yang & Hung, 2007).

### نتایج

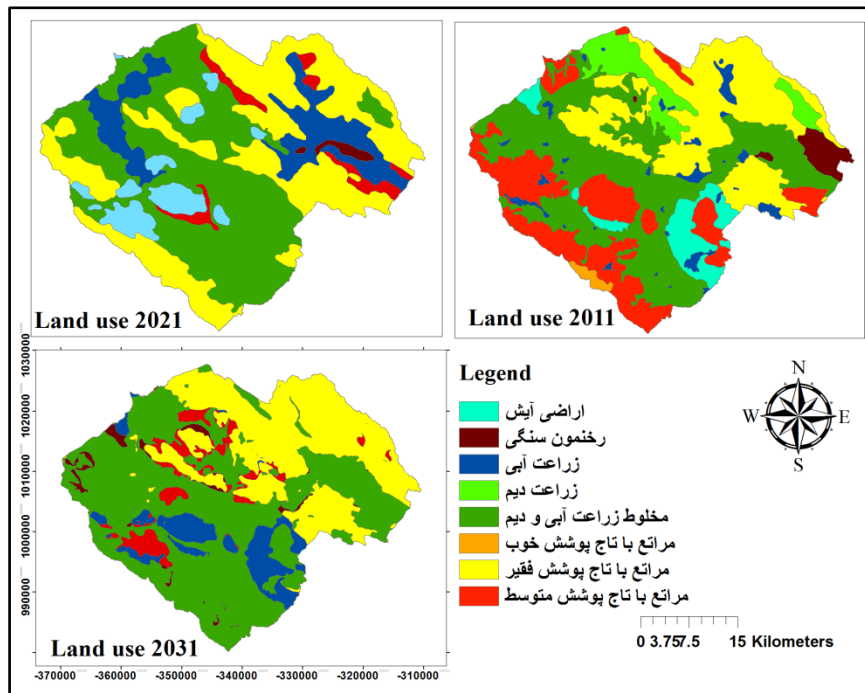
ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در زمان گذشته، حاضر و آینده تهیه شد (شکل ۲). بر اساس نتایج، با گذشت زمان از پوشش طبیعی منطقه کاسته و اراضی کشاورزی در منطقه روند افزایشی داشته است. به طوری که مراتع با پوشش خوب و متوسط کاملاً از منطقه مورد مطالعه حذف و مراتع با تاج پوشش ضعیف و زراعت آبی و دیم در منطقه غالب شده‌اند.

$$S = \frac{25400}{CN} - 25.4 \quad (1)$$

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

### مرحله دوم: تدوین راهکارهای عملیاتی

در این مرحله، ابتدا گروه کارشناسی و ذینفعان زیرآبخیز اسکندری شناسایی شدند که شامل رهبران و اعضای شوراهای روستا، کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، آب منطقه‌ای، محیط‌زیست، جهاد کشاورزی و اعضای هیئت علمی دانشگاه یزد و صنعتی اصفهان بودند. لازم به ذکر است، انتخاب و حضور ذینفعان مختلف با توجه به ترجیحات و انتظارات متفاوت یک چالش جدی در پژوهش حاضر بود. بنابراین؛ از روش ماتریس علاقه- قدرت ذینفعان که بر مبنای دو معیار قدرت تأثیرگذاری و منفعتی که برای ذینفعان از فعالیت‌ها در حوضه ایجاد می‌شود، در پژوهش حاضر استفاده شده است. بر اساس این روش، ذینفعان در چهار گروه از لحاظ قدرت و منفعت (زیاد-کم) در ماتریس قرار می‌گیرند. سپس، ذینفعانی که بیش‌ترین تأثیرگذاری را در حوزه آبخیز داشتند، برای پژوهش حاضر در اولویت قرار گرفتند. در ادامه، با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی از ذینفعان خواسته شد ضمن مشورت با یکدیگر درخت مشکلات و اهداف را بر مبنای دلایل اصلی افزایش رواناب در منطقه مورد مطالعه ترسیم نمایند. مشکل اصلی در درخت مشکلات روی تنه درخت فرضی یادداشت شد. سپس در ریشه‌های این درخت علت مشکل و در شاخه‌های آن پیامدهای مشکل یادداشت می‌شود (Sheikh et al., 2018). هم‌چنین، در تنه درخت اهداف، ریشه‌ها و در شاخه‌ها به ترتیب کاهش یا رفع مشکل، علت به وجود آورنده مشکل و دستاوردهای ناشی از کاهش یا

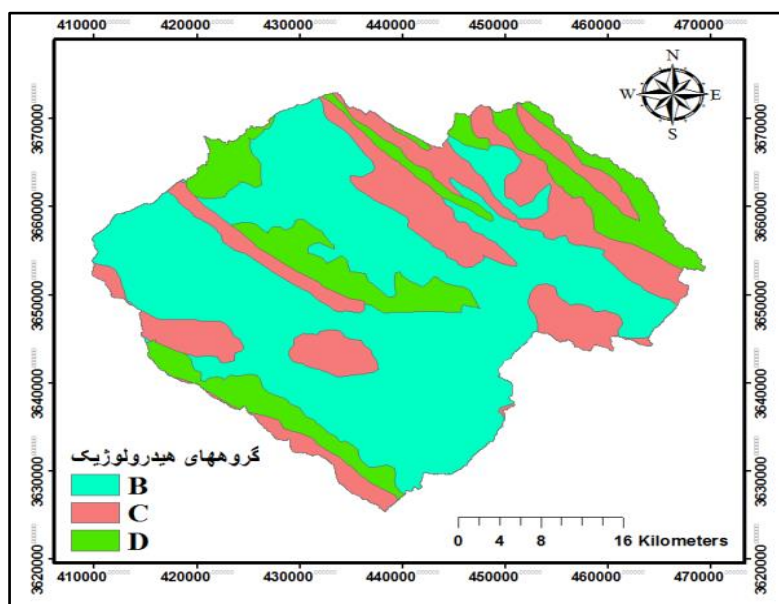


شکل ۲- نقشه کاربری اراضی زیرآبخیز اسکندری در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱، و ۲۰۳۱

Figure 2- Land use map of Eskandari sub-watershed in 2011, 2021 and 2031

(توانایی تولید رواناب کم) است و بیش‌ترین سطح منطقه مربوط به گروه هیدرولوژیکی B با ۵۷/۱۸ درصد است. هم‌چنین، گروه‌های هیدرولوژیکی C و D با ۲۴/۹۸ و ۱۷/۸۲ درصد به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

سپس، بر اساس اطلاعات خاک‌شناسی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک زیرآبخیز اسکندری تعیین شد (شکل ۳). منطقه مورد مطالعه شامل گروه‌های هیدرولوژیکی B، C و D است. مساحت هر یک از این گروه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، منطقه مورد مطالعه فاقد گروه هیدرولوژیکی A



شکل ۳- نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک زیرآبخیز اسکندری

Figure 3- Map of soil hydrological groups of Eskandari sub-watershed

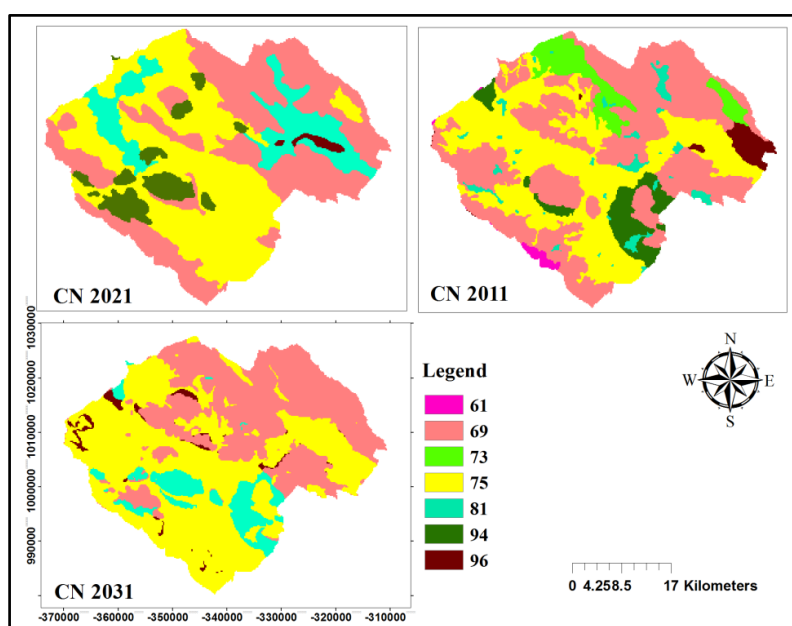
جدول ۲- مساحت گروه‌های هیدرولوژیک خاک در حوزه آبخیز اسکندری

Table 2- The area of soil hydrological groups in the Eskandari sub-watershed

D	C	B	A	گروه‌های هیدرولوژیک
29331.10	41106.60	94078.50	0	مساحت (ha)
17.82	24.98	57.18	0	مساحت (%)

۴). با توجه به نقشه CN، منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۱ دارای شماره منحنی ۶۱ تا ۹۶ و در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ دارای شماره منحنی ۶۹ تا ۹۶ است.

در ادامه، از تلفیق نقشه گروه هیدرولوژیک خاک حوزه با نقشه کاربری اراضی در محیط GIS و امتیازدهی بر اساس جدول تعیین CN، نقشه شماره منحنی برای سال‌های مورد مطالعه تهیه شد (شکل



شکل ۴- نقشه شماره منحنی زیرآبخیز اسکندری در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱

Figure 4- Curve number map Eskandari sub-watershed in 2011, 2021 and 2031

به‌دست‌آمده، مقدار تلفات با گذشت زمان کاهش و مقدار رواناب افزایش می‌یابد.

درنهایت، مقادیر تلفات و ارتفاع رواناب در کاربری‌های مختلف برای سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ در منطقه مورد مطالعه برآورد شد (جدول ۳). طبق نتایج

جدول ۳- مقادیر تلفات و ارتفاع رواناب در کاربری‌های مختلف زیرآبخیز اسکندری

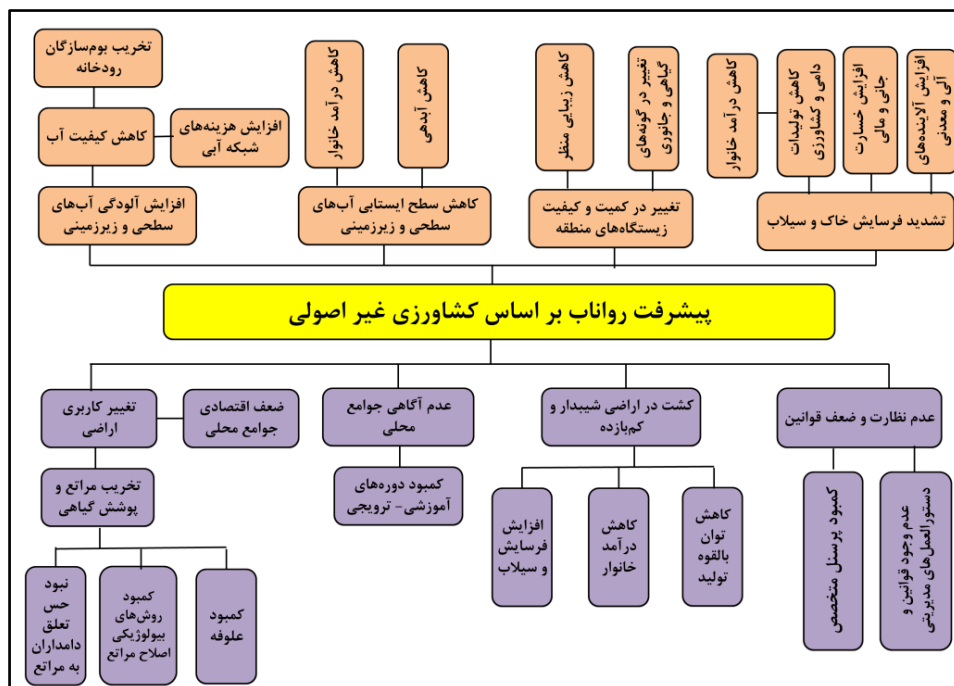
Table 3- Amounts of losses and height of runoff in different land uses of Eskandari sub-watershed

ارتفاع رواناب (mm/day)	تلفات (mm)	نوع کاربری	سال
4.40	89.24	زراعت آبی	2011
3.90	93.94	زراعت دیم	
4.93	84.66	مخلوط زراعت آبی و دیم	
0.33	162.39	مراتع خوب	
2.24	114.11	مرتع با تاج پوشش متوسط	
7.46	67.51	مرتع با تاج پوشش فقیر	
25.50	16.21	ارضای آیش	
34.38	5.18	رخنمون سنگی	
10.99	79.15	میانگین	

4.40	89.24	زراعت آبی	2021
4.93	84.66	مخلوط زراعت آبی و دیم	
2.24	114.11	مرتع با تاج پوشش متوسط	
7.46	67.51	مرتع با تاج پوشش فقیر	
25.50	16.21	اراضی آیش	
34.38	5.18	رخنمون سنگی	
13.15	62.82	میانگین	
8.62	59.58	زراعت آبی	
4.93	84.66	مخلوط زراعت آبی و دیم	
2.07	114.11	مرتع با تاج پوشش متوسط	
11.25	48.38	مرتع با تاج پوشش فقیر	
33.69	5.18	رخنمون سنگی	
13.38	55.12	میانگین	

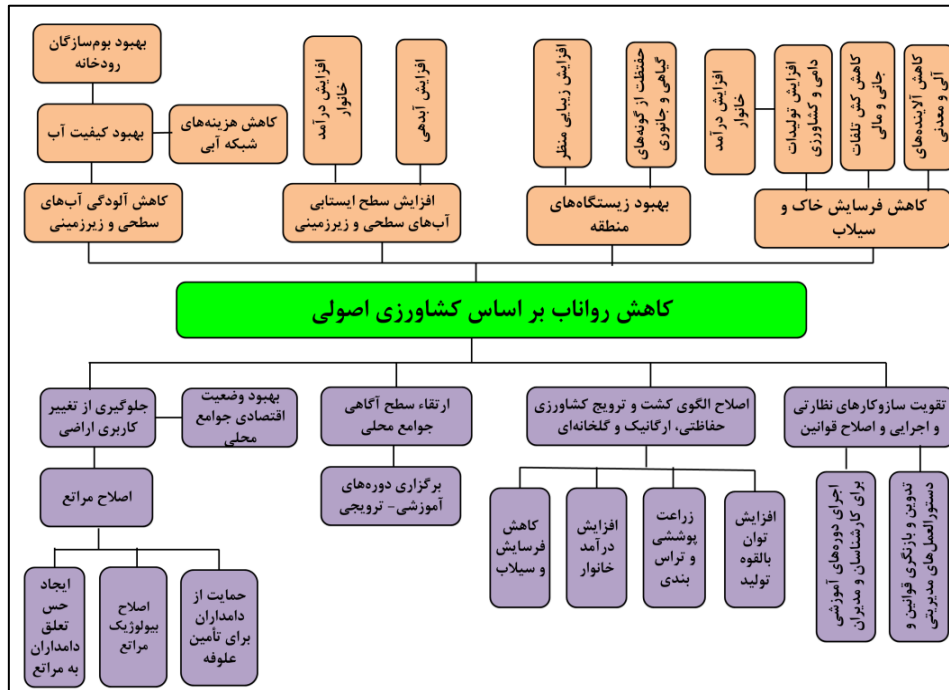
رواناب در منطقه کشاورزی غیراصولی در اراضی زراعی زیرآبخیز اسکندری است.

در ادامه، نتایج مربوط به درخت مشکلات و اهداف در شکل ۵ و ۶ ارائه شده است. بر اساس نظرات کارشناسی و ذینفعان، مهم‌ترین دلیل اصلی افزایش



شکل ۵- درخت مشکلات افزایش رواناب بر مبنای کشاورزی غیراصولی

Figure 5- The problem tree of increasing runoff based on unproper agriculture



شکل ۶- درخت اهداف افزایش رواناب بر مبنای کشاورزی غیراصولی

Figure 6- The objective tree of increasing runoff based on proper agriculture

برای زیرآبخیز اسکندری در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است، راهکار اصلاح الگوی آبیاری و کشت محصولات سازگار با شرایط منطقه هر دو اولویت دوم را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، اولویت‌بندی راهکارها بر اساس طیف لیکرت انجام پذیرفت.

در مرحله بعد، فهرست راهکارهای پیشنهادی بر اساس درخت اهداف از نظر کارشناسی مورد پالایش، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی قرار گرفت و فهرست راهکارهای مدیریت زیرآبخیز اسکندری مطابق جدول ۴ به دست آمد. طبق اطلاعات به دست آمده، ۱۱ راهکار مدیریتی توسط نظرات کارشناسی و ذینفعان

جدول ۴- فهرست راهکارهای پیشنهادی پس از طبقه‌بندی و اولویت‌بندی

Table 4- List of proposed solutions after classification and prioritization

راهکارها	
۱-	ترویج کشاورزی ارگانیک و گلخانه‌ای
۲-	اصلاح الگوی آبیاری
۲-	کشت محصولات سازگار با شرایط منطقه
۳-	تدوین دستورالعمل‌های کشاورزی حفاظتی
۴-	برگزاری دوره‌های آموزشی- ترویجی به منظور ارتقای آگاهی و توانمندسازی جوامع محلی
۵-	آموزش کارشناسان و تسهیلاتگران متخصص به منظور افزایش توانمندی
۶-	نظارت و اعمال قوانین به منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی
۷-	ترانس‌بندی در اراضی شیب‌دار به منظور حفاظت آب‌و خاک و افزایش تولید
۸-	تدوین برنامه جامع کاهش فقر
۹-	ایجاد زراعت پوششی به منظور افزایش پوشش سطح
۱۰-	تشکیل تعاونی‌های بازاریابی به منظور عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی و دامی

مورد مطالعه در دو بخش اجتماعی- اقتصادی و محیطی شناسایی شدند (جدول ۵).

در ادامه، بر اساس نظرات کارشناسی و ذینفعان مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر وضعیت منطقه

جدول ۵- لیست شاخص‌های اثربخشی به‌منظور ارزیابی راهکارها

Table 5- List of effectiveness indicators to evaluate solutions

شاخص‌های اثربخشی	بخش
- عدم رعایت حق‌آبه، تولیدات کشاورزی و دامی، معیشت‌های جایگزین، مشارکت جوامع محلی، دسترسی به خدمات، مهاجرت	اجتماعی- اقتصادی
- برداشت بیش‌ازحد از منابع آب، تغییر کاربری اراضی، وضعیت پوشش گیاهی، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، سیل و خشک‌سالی، فرسایش خاک	محیطی

در ادامه، به‌منظور امتیازدهی به راهکارها، از پرسشنامه محقق ساخته‌شده، بر اساس روش TOPSIS استفاده شد. سطرهای این پرسشنامه را شاخص‌های اثربخشی و ستون‌های آن را راهکارهای

منتخب تشکیل می‌دهند. در ادامه، پرسشنامه تهیه‌شده بین جمعی از ذینفعان زیرآبخیز اسکندری توزیع شد. نتایج اولویت‌بندی راهکارها بر اساس روش TOPSIS در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- اولویت‌بندی راهکارهای پیشنهادی با استفاده از روش TOPSIS

Table 6- Prioritization of suggested solutions using TOPSIS method

اولویت‌بندی	راهکارها
1	ایجاد زراعت پوششی به‌منظور افزایش پوشش سطح
2	نظارت و اعمال قوانین به‌منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی
3	تدوین دستورالعمل‌های کشاورزی حفاظتی
4	اصلاح الگوی آبیاری
5	تراس‌بندی در اراضی شیب‌دار به‌منظور حفاظت آب‌و خاک و افزایش تولید
6	کشت محصولات سازگار با شرایط منطقه
7	ترویج کشاورزی ارگانیک و گلخانه‌ای
8	برگزاری دوره‌های آموزشی- ترویجی به‌منظور ارتقای آگاهی و توانمندسازی جوامع محلی
9	آموزش کارشناسان و تسهیلاتگران متخصص به‌منظور افزایش توانمندی
10	تدوین برنامه جامع کاهش فقر
11	تشکیل تعاونی‌های بازاریابی به‌منظور عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی و دامی

## بحث

پوشش خوب و متوسط کاملاً نابود خواهند شد. ضمن اینکه، مساحت اراضی زراعی آبی و دیم افزایش یافته است که مؤید تخریب اراضی طبیعی و افزایش رواناب در منطقه است. در این راستا؛ نتایج پژوهش با یافته‌های Machado و همکاران (۲۰۲۲) و Yulianto و همکاران (۲۰۲۲) مبنی بر تأثیر مثبت وقوع تغییر کاربری اراضی بر افزایش رواناب مطابقت دارد. Machado و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی که در برزیل انجام داده بودند، دلایل تفاوت در مقادیر رواناب را به تنوع و تغییر کاربری اراضی نسبت دادند. ضمن اینکه، Yulianto و همکاران (۲۰۲۲) اثر معنی‌دار افزایش رواناب را در حوضه‌های اندونزی به

یکی از روش‌های بررسی چگونگی شکل‌گیری رواناب، روش CN است که در آن به پوشش گیاهی (کاربری اراضی) و شرایط خاک توجه شده است. در این راستا، در پژوهش حاضر، از روش CN برای برآورد رواناب استفاده شد؛ بنابراین، به‌منظور دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ تهیه شد. سپس پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۳۱ بر اساس مدل مارکوف انجام پذیرفت. نتایج کاهش چشمگیر اراضی طبیعی را در منطقه نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در سال ۲۰۳۱ مراتع با تاج

نفوذ در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۷۹/۱۵، ۶۲/۸۲ و ۵۵/۱۲ میلی‌متر به دست آمد. با توجه به نتایج، اراضی مسکونی و رخنمون سنگی بیش‌ترین میزان تولید رواناب یعنی ۳۴/۳۸ میلی‌متر را دارد. هم‌چنین، اراضی آیش (۲۵/۵۰)، مرتع با تاج پوشش فقیر (۷/۴۶)، مخلوط زراعت آبی و دیم (۴/۹۳)، زراعت آبی (۴/۴۰)، زراعت دیم (۳/۹۰)، مرتع با تاج پوشش متوسط (۲/۲۴) و خوب (۰/۳۳) به ترتیب بیش‌ترین میزان رواناب را به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین، میانگین رواناب در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۱۰/۹۹، ۱۳/۱۵ و ۱۳/۳۸ میلی‌متر به دست آمد. نتایج حاصل با یافته‌های Karimi و همکاران (۲۰۲۲) مبنی بر افزایش رواناب در اراضی زراعی مطابقت دارد.

در ادامه با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی؛ بر اساس نظرات و هم‌فکری ذینفعان و کارشناسان، یکی از دلایل اصلی افزایش رواناب در منطقه مورد مطالعه را کشاورزی غیراصولی عنوان کردند. در واقع، به دلیل کم‌آبی، درآمد ناکافی، عدم وجود قوانین و نظارت در منطقه؛ آبخیزنشینان به تغییر کاربری اراضی و کشت در اراضی کم بازده به‌صورت غیراصولی می‌پردازند. این امر، منجر به کاهش پوشش گیاهی طبیعی، افزایش رواناب، افزایش فرسایش آبی و بادی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و مخاطرات طبیعی دیگر می‌شود. ضمن اینکه، منطقه مورد مطالعه به دلیل وقوع رگبارهای شدید و کوتاه‌مدت و هم‌چنین ریزش بارش‌های طولانی‌مدت در اثر بالا رفتن درجه حرارت در معرض خطر سیلاب قرار دارد. بنابراین با توجه به دخالت‌های بی‌رویه انسان در منطقه و کاهش اراضی طبیعی و محافظتی، اجرای اقدامات مدیریتی به‌منظور کاهش یا حل مشکلات رواناب ضروری است. بر این اساس، درخت مشکلات و اهداف با توجه به این مشکل ترسیم گردید. در ادامه، با توجه به اهداف پژوهش ۱۱ راهکار مدیریتی و ۱۲ شاخص مؤثر (بخش اقتصادی- اجتماعی و محیطی) در وضعیت

تغییر کاربری اراضی نسبت داده و بیان نمودند که علاوه بر تخریب اراضی طبیعی بایستی تفاوت مکانی را در برنامه‌ریزی‌ها مد نظر قرار داد.

در ادامه، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تعداد کشاورزان نیز در منطقه افزایش یافته است. در این راستا، نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش با مطالعات Soleimani و Hojati (۲۰۱۷) در این زمینه هم‌خوانی دارد. در ادامه، با تلفیق لایه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک، نقشه CN برای سال‌های مورد مطالعه تهیه شد. بر اساس اطلاعات خاک‌شناسی، ۵۷/۱۸ درصد سطح منطقه مربوط به گروه هیدرولوژیک B با توانایی تولید رواناب متوسط است. هم‌چنین، گروه C و D با توانایی تولید رواناب نسبتاً زیاد و زیاد در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

با توجه به نقشه CN، زیرآبخیز اسکندری دارای شماره منحنی ۶۱ تا ۹۶ است. در واقع اراضی مسکونی و رخنمون سنگی به دلیل نفوذپذیری خیلی کم، بالاترین مقدار CN را در منطقه مورد مطالعه دارند و بعداز آن مراتع با تاج پوشش خوب، دارای بالاترین CN هستند. هم‌چنین، منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ دارای شماره منحنی ۶۹ (مراتع با تاج پوشش فقیر) تا ۹۶ است. ضمن اینکه، با تغییر کاربری مراتع با تاج پوشش خوب (۶۱) و متوسط (۶۹) به زراعت آبی (۸۱)، مخلوط زراعت آبی و دیم (۷۵)، زراعت دیم (۷۳) و اراضی آیش (۹۴) مقدار CN افزایش یافته است.

در ادامه، پس از تهیه نقشه‌های CN، از طریق روابط ذکرشده در روش پژوهش و مقادیر به‌دست‌آمده از CN منطقه، مقدار تلفات (نفوذ) برحسب میلی‌متر محاسبه شد. مقدار نفوذ در منطقه مورد مطالعه از ۱۶۲/۳۹ میلی‌متر تا ۵/۱۸ میلی‌متر متغیر است. کمترین مقدار نفوذ مربوط به اراضی مسکونی و رخنمون سنگی و بیش‌ترین مقدار نفوذ منطبق با مراتع خوب محاسبه شده است. هم‌چنین، میانگین

- کاهش فرسایش خاک؛
- بهبود زیستگاه‌های منطقه؛
- بهبود وضعیت اقتصادی جوامع محلی؛
- جلوگیری از تخریب و تغییر اراضی طبیعی؛
- ظرفیت‌سازی و افزایش آگاهی جوامع محلی؛
- مشارکت بیشتر جوامع محلی و کارشناسان؛
- اصلاح الگوی کشت و کشت گیاهان سازگار با شرایط منطقه؛
- متنوع سازی محصولات کشاورزی.

بنابراین؛

۱- تقویت قوانین نظارتی به‌منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی طبیعی به اراضی کم بازده پیشنهاد می‌شود.

۲- ایجاد نهادهای مطابق با وضعیت حوضه در خصوص الگوهای کشت و کشاورزی حفاظتی پیشنهاد می‌شود.

۳- به‌منظور جلوگیری از افزایش رواناب در منطقه، یکپارچه‌سازی همکاری‌های نهادها و سازمان‌های زیربند پیشنهاد می‌شود.

### سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه یزد به‌منظور حمایت مالی و از اعضای هیئت‌علمی دانشگاه یزد و اصفهان و کارشناسان اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان برای ارائه داده‌ها و اطلاعات و همچنین اعضای شورا، رهبران و جوامع محلی منطقه مورد مطالعه در راستای مشارکت در کارگاه‌ها و هم‌فکری تشکر می‌کنند.

کنونی حوضه به دست آمد. نتایج حاصل از اولویت‌بندی بر اساس روش TOPSIS نشان داد که راهکار ایجاد زراعت پوششی به‌منظور افزایش پوشش سطح، بیش‌ترین اولویت را به خود اختصاص داده است. همچنین، راهکارهای نظارت و اعمال قوانین به‌منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی و تدوین دستورالعمل‌های کشاورزی حفاظتی در اولویت دوم و سوم قرار دارند. ضمن اینکه، راهکار تشکیل تعاونی‌های بازاریابی به‌منظور عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی و دامی کم‌ترین اولویت را از دیدگاه کارشناسی و ذینفعان به خود اختصاص داده است.

### نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش سعی شده است به‌منظور جلوگیری یا کاهش افزایش رواناب در منطقه مورد مطالعه راهکارهای مدیریتی بر اساس ترجیحات و مشارکت ذینفعان ارائه شود. ضمن اینکه، محدودیت شدید حاکم بر منابع آب و پیش‌بینی خشک‌سالی در آینده، احتمال به خطر افتادن معاش و رفاه اقتصادی کشاورزان را بالا برده است. لذا با اجرای برنامه‌های مدیریتی، دستاوردهای ذیل حاصل خواهد شد:

- تدوین و بازنگری قوانین و دستورالعمل‌های مدیریتی؛
- استفاده از آبخیزنشینان در برنامه‌های پایش و ارزیابی؛
- کاهش رواناب و افزایش نفوذ در خاک؛

### References

Baghel, S., Kothari, M., Tripathi, M. P., Das, S., Kumar, A. & Kuriqi, A. (2023). Water conservation appraisal using surface runoff estimated by an integrated SCS-CN and MCDA-AHP technique. *Journal of Earth System Science*, 132 (3), 127. <https://doi.org/10.1007/s12040-023-02133-x>.

Bahrami, Sh. & Imeni, S. (2019). Evaluation of Several Empirical Models in Estimating Annual Runoff (Case Study: Hesarak Catchment in Northwest of Tehran). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 30 (2), 55-74. <https://doi.org/10.22108/gep.2019.116956.1151> (In Persian)

- Chow Vent, e., Maidment, D. & Mays Larry, W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill international editions civil Engineering series, pp: 572.
- Dehban, H. Modaresi, F. & Ebrahimi, K. (2022). Evaluation of Fuzzy Logic in Verifying of Runoff Curve Number Estimation Based on Remote Sensing of Gorganrood Basin. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 15 (55), 1-10. (In Persian)
- Effectiveness studies of watershed operation in Zayandehroud dam basin. Groundwater report; 2021. (In Persian)
- Enteshri Najafabadi, S. (2019). *Compilation of water resources management framework in Zayandeh Roud watershed with emphasis on social, economic and environmental aspects*. PhD Thesis, Faculty of Civil Engineering, Isfahan. (In Persian)
- Ghaderi, Sh., Zare Chahuki, M.A., Azarnivand, H., Tavili, A. & Raigani, B. (2020). Prediction of land use changes using CA-Markov model (case study: Eshtehard). *Journal of Rangeland Scientific*, 14 (1), 147-160.
- Hossein Zadeh, M.M. & Nourozi Tiola, R. (2017). Estimation of runoff height using curve number method and Arc CN-Runoff tool, case study: Keshar Watershed, Tehran. *Journal of Geography and Development (GD)*, 15(53), 151-164. (In Persian)
- Javadi, M.R., Mirdar Harijani, F. & Chatersimab, Z. (2011). Estimation of runoff height using curve number method in Arc GIS software environment with Arc CN-Runoff tool. *Journal of Application of Remote Sensing and Geographic Information System in Quarterly Planning*, 2 (3), 55-62. (In Persian)
- Karimi, Z. & Talebi A. (2022). Integrated land management or Integrated watershed management. *Extension and Development of Watershed Management*, 10, 37: 57-66. <https://doi.org/20.1001.1.20089597>. 1401.10.37.9.1. (In Persian)
- Karimi, Z., Sadoddin, A. & Sheikh, V. (2022). Effects of watershed management practices on the quadric services of Chehel-Chai Watershed, Golestan Province. *Water and Soil Management and Modeling*, 2(4): 18-36. <https://doi.org/10.22098/MMWS.2022.10523.1087>. (In Persian)
- Kumar, A., Kanga, S., Taloor, A. K., Singh, S. K. & Durin, B. (2021). Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques. *Hydrology Research*, 4, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.hydrres.2021.08.001>.
- Lillesand, T.M. & Kiefer R.W. (2003). *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1017/S0016756800012024>.
- Lotfi Far, T. (2022). Classification and weighing of Razavar Runoff coefficient in Kermanshah. *Journal of Geographical Sciences*, 18 (40), 106-131. (In Persian)
- Machado, R.E., Cardoso, T.O. & Mortene, M.H. (2022). Determination of runoff coefficient (C) in catchments based on analysis of precipitation and flow events. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(2), 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.09.001>
- Mahdavi, M. (2011). *Applied hydrology*. Volume Two, Seventh Edition, Tehran, Tehran University Press. 727 pp.
- Mostafazadeh, R., Mirzaei, Sh. & Nadiri, P. (2016). Determining the curve number of precipitation and runoff events and its changes with precipitation components in a forest watershed. *Journal of Water and Soil Sciences*, 21 (4), 15-28. (In Persian)
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S. & Kannan, R. (2017). Rainfall-runoff estimation using SCS- CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(24), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0301-4>
- Sheikh, V.B., Zaregarizi, A., Asadinalivan, A., Alvandi, A. & Khosravi, G.R. (2018). Strategic document of comprehensive management of Chelchai watershed (with IWM approach). <https://civilica.com/doc/1012164/>. (In Persian)
- Singh S.K., Mustak S., Srivastava P.K., Szabo S. & Islam T. (2015). Predicting spatial and decadal LULC changes through cellular automata Markov Chain models using earth observation datasets

- and geo-information. *Environ. Processes*; 2, 61–78. <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0062-x>
- Soleimani, A. & Hojati, M. (2017). Investigation and Quantification of Variations of Landscape Measures using Remote Sensing and Biodiversity Indices (Case Study: Dez Protected Area). *Human & Environment*, (46), 67-76. <https://doi.org/20.1001.1.15625532.1397.16.3.5.0>. (In Persian)
- Soulis, K.X & Valiantzas, J.D. (2012). SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watershed-the two-CN system approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 1001-1015. <https://doi.org/10.5194/hess-16-1001-2012>
- Verma, R.K., Verma, S., Mishra, S.K. & Pandey, A. (2021). SCS-CN-based improved models for direct surface runoff estimation from large rainfall events. *Journal of Water Resource Management*, 35(7), 2149–2175. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02831-5>.
- Yang, T. & Hung, C.C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem, *Robotics and Computer Integrated*, 23 (1), 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2005.12.002>
- Yulianto, F., Khomarudin, M.R., Hermawan, E., Nugroho, N.P., Chulafak, G.A., Nugroho, G. & Priyanto, E. (2022). Spatial and temporal distribution of estimated surface runoff caused by land use/land cover changes in the upstream Citarum watershed, West Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 9(2), 3293-3305. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.092.3293>