



Prioritizing areas affected by gully erosion in Qazvin Province

Reza Bayat^{1*}, Majid Zanjani Jam² and Majid Soufi³

¹ Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research,

Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

² Researcher, Agricultural, educational and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran

³ Associated Professor, Agricultural, educational and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Fars, Iran

Received: 21 February 2024

Accepted: 29 June 2024

Extended abstract

Introduction

Soil erosion causes land degradation and reduces their land fertility potential in watershed areas. Choosing the right methods and strategies for watershed management and designing appropriate soil protection programs for regional conditions is of great importance and identifying the main areas of sediment production plays a significant role in formulating these strategies. Gully erosion is one of the forms of water erosion and the intensified type caused by human activities and is one of the important factors of soil degradation that causes soil loss and sediment production in different regions of Iran. Today, gully erosion has received more attention than other forms of water erosion due to its importance and development caused by disproportionate human activities, and one of the reasons for this, is the share of sediment production between 10 to 94 percent in some worldwide studied watersheds. The extensive destruction of agricultural, pastoral and residential lands, roads, gas and oil pipelines and relocation of villages are from other reasons for the importance of gully erosion. Despite of conducted surveys and many studies on Iranian gullies, still there is no accurate, comprehensive, and up-to-date information on the characteristics of gullies with respect to climate, land use, formation and soil type, sediment production, and economic damages. Therefore, this study attempted to prioritize them for planning management and conservation measures by studying gully characteristics in Qazvin Province and estimating their economic damages.

Materials and methods

The studied area covers the lands of Qazvin Province with an area of 15,559 km². Its highest elevation is 4,061 m above sea level in the Shahroud Watershed and its lowest point is 275 m at the the Qezelouzn River in the Lower Tarom region. The average rainfall in the province is about 316 mm yr⁻¹. Quaternary geological units include alluvial fan deposits and low-elevation river terraces, andesite and dacite volcanic tuffs, and Quaternary including alluvial fan deposits and high-elevation river terraces are the first three formations of the province with 392,000, 119,000 and 6,500 km², respectively. The gully erosion areas of the province were identified according to the available information and referring to the relevant departments. Then, according to the initial identification, the accuracy of the gullies erosion locations was checked by field visits and the geographical coordinates of 24 gullies were recorded by GPS. Using the extensive Demarton climate map of the country, a climate map of the province was prepared digitally. In the next step, the maps of the gullies and the climate of the province were overlayed in a GIS environment and a map of the distribution of gullies in different climates of the province was prepared. From each climate, two areas with an area of more than 500 ha and three sample gullies from each area were selected as representative areas for field sampling and the dimensional characteristics of the gullies, soil, past and current land use, and economic damages from the expansion of gullies in the representative areas were measured. For each area, the type and the amount of damage resulting from the creation and expansion of gullies were determined based on the functional value of the land in fodder production (2.5 million Rials ha⁻¹). Prioritization of gully erosion areas for watershed management and soil conservation operations was carried out based on the proposed method. First, the indices of area, length, width, depth, width-to-depth ratio, and damage amount indices were determined. Then, the value of each factor was divided by the average factor in the province and assigned to the region in ascending order, with a score of one for the

* Corresponding author: bayat52@gmail.com

lowest index value and a score of 10 for the highest value, and the prioritization of each factor was determined. Then, the sum of the priority scores of the indices was calculated and assigned in ascending order, with the highest score as the region with the first priority and the lowest score as the region with the last priority.

Results and discussion

The results of this study showed that gullies are distributed in all five climates of the province like cold semi-arid, super-cold semi-arid, temperate semi-arid, warm semi-humid, and warm Mediterranean, but they are more frequent and have more area in Mediterranean and semi-arid climates. Gullies in Qazvin Province have a general claw plan and a point frontal plan, which indicates the effect of surface runoff in their creation and expansion. Gullies are generally created at the bottom of valleys and have a greater lateral expansion and are located in the middle class (less than five meters) in terms of depth. The soil in the gullies has a heavy to semi-heavy texture and the lands are pastures. The economic damages on province's pastures due to the expansion of gullies has been estimated at 3,984 billion Rials. Gully erosion areas in Qostyn-Rud in the temperate semi-arid climate, the Abdareh with the cold semi-arid climate, and the Durchak in the warm Mediterranean climate are in the first, second, and third priorities for soil conservation operations, while Yalabad, Dastjerdeh, and Maallem-Kelayeh areas have lower priorities.

Conclusions

The economic damages caused to the rangelands of the province due to the expansion of gullies is estimated at 39.84 billion Rials. According to the results, based on the developed Demarton climatology, the Qostyn-Rud gullies in the temperate semi-arid climate, the Abdareh with a cold semi-arid climate, and the Durchak gullies in the warm Mediterranean climate are in the first, second, and third priorities for soil conservation operations, which can be used to make decisions regarding the allocation of funds and the implementation of soil conservation and watershed management programs. For more appropriate management of erosion and sediment caused by gullies in Qazvin Province, other plans should be implemented, such as the studying the impact of gullies on rangeland soil moisture and biomass production, the diversity of palatable and invasive rangeland species, the rate of gullies advancing in medium and long-term periods, and gully erosion prediction models, so that they can be managed more effectively.

Keywords: Conservation operations, Development of gullies, Economic damages, Gully expansion, Soil loss

Cite this article: Bayat, R., Zanjani Jam, M., Soufi, M., 2025. Prioritization of gullied area in Qazvin Province. *Water. Eng. Manag.* 17(2), 140-151.

© 2025, The Author(s). Published by Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



اولویت‌بندی مناطق دچار فرسایش آب‌کندی در استان قزوین

رضا بیات^{۱*}، مجید زنجانی جم^۲ و مجید صوفی^۳

^۱ استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
^۲ کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
^۳ دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲

چکیده مبسوط

مقدمه

فرسایش خاک موجب تخریب اراضی و کاهش پتانسیل باروری آنها در حوزه‌های آبخیز می‌شود. انتخاب روش‌ها و راهبردهای درست برای مدیریت حوضه‌ها و طراحی برنامه‌های متناسب حفاظت خاک با شرایط منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است و شناسایی مناطق اصلی تولید رسوب نقش به‌سزایی در تدوین این راهبردها دارد. فرسایش آب‌کندی یکی از اشکال فرسایش آبی و نوع تشدیدشده ناشی از فعالیت بشر و از عوامل مهم تخریب خاک است که در مناطق مختلف ایران باعث هدررفت خاک و تولید رسوب می‌شود. امروزه فرسایش آب‌کندی به دلیل اهمیت و توسعه آن در اثر فعالیت‌های نامتناسب توسعه‌ای انسان در طبیعت، بیشتر از سایر شکل‌های فرسایش آبی مورد توجه واقع شده و یکی از دلایل آن سهم تولید رسوب بین ۱۰ تا ۹۴ درصد در برخی از حوزه‌های آبخیز مطالعه شده دنیا است. از دلایل دیگر، اهمیت موضوع، می‌توان تخریب وسیع اراضی زراعی، مرتعی، مسکونی، راه‌ها، خطوط گاز و نفت و تغییر مکان روستاها را نام برد. با بررسی‌های به‌عمل آمده و با وجود مطالعات زیاد بر روی آب‌کندهای ایران، هنوز اطلاعات دقیق، جامع و بروزی برای ویژگی‌های آب‌کندها با توجه به اقلیم، کاربری، نوع سازند و خاک و تولید رسوب و خسارت اقتصادی ناشی از آنها ارائه نشده است. بنابراین، در این پژوهش سعی شد تا با بررسی ویژگی‌های آب‌کندهای استان قزوین و برآورد خسارت اقتصادی ناشی از آنها، اولویت‌بندی آنها برای برنامه‌ریزی اقدامات مدیریتی و حفاظتی انجام شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی در برگیرنده عرصه اراضی استان قزوین با مساحتی حدود ۱۵۵۵۹ کیلومتر مربع است. بلندترین نقطه ارتفاع آن برابر ۴۰۶۱ متر از سطح دریا واقع در حوضه شاهرود و حداقل آن برابر ۲۷۵ متر واقع در پایاب رودخانه قزل‌اوزن در منطقه طارم سفلی است. متوسط بارندگی استان حدود ۳۱۶ میلی‌متر در سال است. واحدهای زمین‌شناسی کوارترنر شامل نهشته‌های مخروط افکنه‌ها و تراس‌های رودخانه‌ای کم ارتفاع، توف‌های آتشفشانی داسیت آندیزیت و کوارترنر شامل نهشته‌های مخروط افکنه‌ها و تراس‌های رودخانه‌ای مرتفع به ترتیب با ۳۹۲۰۰۰، ۱۱۹۰۰۰ و ۶۵۰۰ کیلومتر مربع سه رتبه اول سازندهای استان هستند. مناطق آب‌کندی استان با توجه به اطلاعات موجود و مراجعه به ادارات مرتبط، شناسایی شد. سپس با توجه به شناسایی اولیه، کنترل صحت مکان‌های فرسایش آب‌کندی با بازدید میدانی انجام و مختصات جغرافیایی تعداد ۲۴ منطقه آب‌کندی توسط GPS ثبت شد. با استفاده از نقشه اقلیم دومارتن گسترده کشور، نقشه اقلیم استان به صورت رقومی تهیه شد. در گام بعدی،

نقشه‌های مناطق آبکندی و اقلیم استان در محیط GIS بر روی هم قرار گرفت و نقشه پراکنش آبکندها در اقلیم‌های مختلف استان تهیه شد. از هر اقلیم دو منطقه که مساحتی بیش از ۵۰۰ هکتار داشتند و از هر منطقه سه آبکند نمونه برای برداشت‌های صحرایی به‌عنوان مناطق معرف انتخاب و مشخصه‌های ابعادی آبکندها، خاک، کاربری اراضی گذشته و فعلی و خسارت اقتصادی گسترش آبکندها در مناطق معرف اندازه‌گیری شد. برای هر منطقه نوع و میزان خسارت حاصل از ایجاد و گسترش آبکندها بر حسب ارزش کارکردی زمین در تولید علوفه (۲/۵ میلیون ریال در هر هکتار) تعیین شد. اولویت‌بندی مناطق آبکندی برای اجرای عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک بر اساس روش پیشنهادی انجام شد. بدین ترتیب که ابتدا شاخص‌های مساحت، طول، عرض، عمق، نسبت عرض به عمق و مقدار خسارت تعیین شد. سپس مقدار هر عامل بر متوسط عامل در استان تقسیم و به‌ترتیب افزایشی مرتب و نمره یک برای کمترین مقدار شاخص و نمره ۱۰ برای بیشترین مقدار به منطقه اختصاص یافت و اولویت‌بندی هر عامل مشخص شد. سپس، جمع نمره اولویت‌های شاخص‌ها محاسبه، به‌ترتیب صعودی مرتب و بیشترین نمره به‌عنوان منطقه با اولویت اول و کمترین نمره به‌عنوان منطقه با آخرین اولویت تعیین شد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که آبکندها در هر پنج اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک فراسرد، نیمه‌خشک معتدل، نیمه‌مرطوب گرم و مدیترانه‌ای گرم استان پراکنش دارند، ولی در اقلیم‌های مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک از فراوانی و مساحت بیشتری برخوردار هستند. آبکندهای استان قزوین با پلان عمومی پنجه‌ای و پلان پیشانی نقطه‌ای هستند که معرف تأثیر رواناب سطحی در ایجاد و گسترش آنها است. آبکندها عموماً در خط‌القعر دره‌ها ایجاد و دارای گسترش عرضی بیشتر و از نظر عمق در طبقه متوسط (کمتر از پنج متر) قرار می‌گیرند. خاک مناطق آبکندی دارای بافت سنگین تا نیمه سنگین بوده و کاربری اراضی مرتع است. خسارت اقتصادی وارده به مراتع استان در اثر گسترش آبکندها بالغ بر ۳۹/۸۴ میلیارد ریال برآورد شده است. مناطق آبکندی قسطنین‌رود در اقلیم نیمه‌خشک معتدل، آبدره با اقلیم نیمه‌خشک سرد و دورچاک در اقلیم مدیترانه‌ای گرم در اولویت‌های اول، دوم و سوم برای عملیات حفاظت خاک قرار دارند و مناطق یل‌آباد، دستجرده و معلم‌کلایه از اولویت کمتری برخوردارند.

نتیجه‌گیری

خسارت اقتصادی وارده به مراتع استان در اثر گسترش آبکندها بالغ بر ۳۹/۸۴ میلیارد ریال برآورد شده و حسب نتایج به‌دست آمده، بر اساس اقلیم نمای دمارتن توسعه یافته مناطق آبکندی قسطنین‌رود در اقلیم نیمه‌خشک معتدل، آبدره با اقلیم نیمه‌خشک سرد و دورچاک در اقلیم مدیترانه‌ای گرم در اولویت‌های اول، دوم و سوم برای عملیات حفاظت خاک قرار دارند که می‌توان برای تصمیم‌گیری در رابطه با تخصیص اعتبار و اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری از این نتایج استفاده نمود. برای مدیریت مناسب‌تر فرسایش و رسوب ناشی از فرسایش آبکندی در استان قزوین، بایستی طرح‌های دیگری نظیر تأثیر فرسایش آبکندی بر رطوبت خاک مراتع و بیوماس تولیدی و تنوع گونه‌های مرتعی خوش خوراک و تهاجمی، میزان پیشروی آبکندها در دوره‌های زمانی متوسط و بلندمدت و مدل‌های پیش‌گویی فرسایش آبکندی اجرا شود تا بتوان با اثرگذاری بیشتری به مدیریت آنها پرداخت.

واژه‌های کلیدی: اقدامات حفاظتی، پیشروی آبکندها، خسارت اقتصادی، گسترش آبکندها، هدررفت خاک

مقدمه

طراحی برنامه‌های متناسب حفاظت خاک با شرایط منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است و شناسایی مناطق اصلی تولید رسوب نقش به‌سزایی در تدوین این راهبردها دارد (Noor and Arabkhedri, 2023). در همین

فرسایش خاک موجب تخریب اراضی و کاهش پتانسیل باروری آنها در حوزه‌های آبخیز می‌شود. انتخاب روش‌ها و راهبردهای درست برای مدیریت حوضه‌ها و

Heede آب‌کندها را بر اساس دوره تکاملی به دو دسته ناپیوسته (جوان) و پیوسته (مسن) تقسیم نموده و با توجه به نظر FAO (1982) آب‌کندها را بر اساس عمق به سه دسته کوچک (کمتر از یک متر)، متوسط (۵-۱ متر) و بزرگ (عمیق‌تر از ۵ متر) تقسیم نمود.

علل و ویژگی‌های فرسایش آب‌کندی در ایران توسط Soufi et al., (2020) بررسی شده است که نتایج آنها بیانگر این است که آب‌کندها در شرایط اکولوژیک و اقلیم‌های خاصی در ایران تمرکز داشته و بیشتر در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد و عمدتاً اطراف اراضی زراعی دیم‌زار ایجاد شده‌اند. مقطع آنها U شکل بوده و خسارت زیادی بر پل‌ها، راه‌های ارتباطی و مزارع وارد می‌نمایند. همچنین اغلب آنها در کلاس عمق کم (کمتر از یک متر) تا متوسط (یک تا ۱۰ متر) قرار گرفته و دارای پلان عمومی پنجه‌ای است. نتایج منتشر شده طرح ملی شناخت آب‌کندها در ایران، نشان می‌دهد که فرسایش آب‌کندی با وسعتی بالغ بر یک و نیم میلیون هکتار در گستره وسیعی از اراضی زراعی، مرتعی، جنگلی و اقلیم‌های مختلف کشور فعال است.

پژوهش Soufi et al., (2022) نشان داد که در بیش از ۲۴ درصد از مناطق آب‌کندی ایران، اقدامات مدیریتی، حفاظتی و احیائی صورت نگرفته است، به‌طوری که در برخی از استان‌ها، ۱۴ درصد آب‌کندها فاقد اقدامات و در برخی دیگر، ۳۴ تا ۲۴ درصد هیچ‌گونه اقدام حفاظتی انجام نشده است. بنابراین و باتوجه به محدودیت منابع مالی و امکانات، اولویت‌بندی آب‌کندها ضرورت پیدا کرده و لازم است هرچه سریع‌تر برای مناطق دارای خسارت بیشتر مطالعات پایه انجام و تخصیص اعتبار و اقدامات حفاظتی برای آنها صورت پذیرد.

براساس نتایج پژوهش Asadi et al., (2023) Nalivan در میان انواع کاربری‌ها، مسیل‌ها، مراتع فقیر و کاربری کشاورزی، دارای بیشترین حساسیت به ایجاد فرسایش آب‌کندی هستند. این در حالی است که مناطق جنگلی دارای کمترین میزان حساسیت به این فرسایش بوده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که در دامنه بارندگی ۲۲۰ تا ۴۲۰ میلی‌متر، احتمال رخداد فرسایش آب‌کندی افزایش پیدا کرده است و از دامنه ۴۲۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر، بالاترین میزان حساسیت را نشان داده است و با افزایش

خصوص (Sabouri, 2023) بیان کرده است که فرسایش خاک یکی از مخاطرات مهم تهدیدکننده سکونتگاه‌های روستایی و اراضی کشاورزی آنها است. آثار اقدامات آب‌خیزداری در روستای قرقاق بر کیفیت زندگی، کاهش مهاجرت روستائیان و میزان رضایت آنها از آب‌خیزداری به کمک تکمیل پرسشنامه، بررسی شده است. باتوجه به نحوه انجام اجرای سازه‌های آب‌خیزداری در این روستا که همزمان با برگزاری کلاس‌های توجیهی-آموزشی به ساکنین و بهره‌برداران و مشارکت آنها بوده و باعث افزایش کارایی سازه‌ها، بهبود کیفیت زندگی و افزایش میزان رضایت ساکنین شده است.

فرسایش آب‌کندی، یکی از شکل‌های فرسایش آبی و نوع تشدیدشده ناشی از فعالیت بشر و از عوامل مهم تخریب خاک است که در مناطق مختلف ایران باعث هدررفت خاک و تولید رسوب می‌شود. امروزه فرسایش آب‌کندی به دلیل اهمیت و توسعه آن در اثر فعالیت‌های نامتناسب توسعه‌ای انسان در طبیعت، بیشتر از سایر شکل‌های فرسایش آبی مورد توجه واقع شده و یکی از دلایل آن سهم تولید رسوب بین ۱۰ تا ۹۴ درصد در برخی از آب‌خیزهای مطالعه شده دنیا است (Poesen et al., 2003). از دلایل دیگر اهمیت موضوع، می‌توان تخریب وسیع اراضی زراعی، مرتعی، مسکونی، راه‌ها، خطوط گاز و نفت و تغییر مکان روستاها را نام برد (Sabouri, 2023; Soufi et al., 2020).

فرسایش آب‌کندی با شرط حداقل عرض و عمق آن بیش از ۳۰ سانتی‌متر (سطح مقطع بزرگ‌تر از ۹۲۹ سانتی‌مترمربع) تعریف شده (Poesen et al., 2003) و امکان تردد ماشین آلات برای اجرای عملیات زراعی و یا عبور و مرور در اراضی تحت تأثیر آنها وجود ندارد (FAO, 1965).

Soufi et al., (2020) تحقیقات Ireland et al., (1939) را از اولین اقدامات برای طبقه‌بندی آب‌کندها دانسته که براساس نتایج حاصل از این پژوهش، شش نوع مختلف از آب‌کندها در مناطق کوهپایه‌ای در ایالت کارولینای جنوبی ایالات متحده آمریکا شناسائی شده‌اند که شامل آب‌کندهای خطی، حبابی (پیازی شکل)، پنجه ای، شبکه‌ای، موازی و آب‌کندهای مرکب هستند. همچنین Poesen et al., (2003) به نقل از (1970)

می‌توان از مهم‌ترین عوامل تخریب فزاینده خاک به‌شمار آورد. (Sokouti Oskoei and Besharati, 2022) با هدف بررسی ارزش خاک و بیان پیچیدگی‌های ارزش‌گذاری آن پژوهشی را انجام دادند. آنها با بررسی تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف، روش‌های محاسبه و تعیین کمی ارزش اقتصادی خاک مناسب کشور را معرفی کردند. در حال حاضر ارزش‌گذاری اقتصادی محیط زیست و منابع خاکی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی تشکیل دهنده آن در قالب چهارچوب "خدمات اکوسیستم"^۱ و "ارزش اقتصادی کل"^۲ انجام می‌گیرد و در بین روش‌های مختلف موجود، روش‌های هزینه مینا^۳ شامل برآورد هزینه جایگزینی^۴، هزینه فرصت از دست رفته^۵ و هزینه خسارت اجتناب شده^۶ و هزینه جان‌شین^۷ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ارزش اقتصادی فرآورده‌های مرتعی شامل تولید علوفه و فرآورده‌های غیرعلوفه‌ای است که این جدای از ارزش‌های دیگر مراتع مثل آثار محیط‌زیستی، حفاظت خاک و غیره است. (Agha Zamani, 2013) بر اساس مطالعات سازمان خوار و بار جهانی، بیان کرده که ارزش کارکردی مستقیم و بازاری هر هکتار مرتع ۲۳۲ دلار است که ۵۷ دلار آن مربوط به تولید علوفه و مابقی (۷۵ درصد) ارزش زیست محیطی مراتع را شامل می‌شود. اما برای ایران و با فرض تولید علوفه خشک به میزان متوسط ۱۰۰ کیلوگرم در هر هکتار در سال برای مراتع با وضعیت ضعیف تا متوسط و با در نظر گرفتن ارزش هر کیلو گرم علوفه خشک ۲۵۰۰۰ ریال مبلغی معادل ۲/۵ میلیون ریال به‌عنوان حداقل ارزش یک هکتار مرتع باید در نظر گرفته شود. هرچند با اجرای اقدامات مدیریتی، بیولوژیک و مکانیکی و افزایش مشارکت بهره‌برداران، می‌توان تولید علوفه و دیگر اثرات مرتع را بالا برد.

در خصوص برآورد اقتصادی فرسایش خاک می‌توان به نتایج Hosseini and Ghorbani, (2014) اشاره کرد. آنها با بررسی اقتصاد فرسایش خاک، سناریوهای مختلفی را مورد توجه قرار داده‌اند و خسارت اقتصادی ناشی از هدررفت عناصر غذایی اصلی (ازت، فسفر و پتاس) را

بارندگی از ۵۰۰ میلی‌متر، حساسیت فرسایش آب‌کنندی کاهش یافته است که می‌تواند شاخص ساده‌ای برای اولویت‌بندی مناطق باشد.

(Servati et al., 2009) عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و گسترش فرسایش آب‌کنندی در لس‌های منطقه عرب‌قره حاجی را مطالعه نمودند. نتایج پژوهش آنها مبین آن است که شیب، نوع سازند، عمق خاک، میزان املاح محلول، SAR، هدایت الکتریکی و میزان سدیم قابل تبادل موجود در خاک بیشترین نقش را در شکل‌گیری و گسترش فرسایش آب‌کنندی و مشخصات مورفومتریکی آب‌کنندها دارند.

بررسی‌های (Zanjani jam, 2014) در آب‌کنندهای استان زنجان نشان داد که آب‌کنندها در سه اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک فراسرد و نیمه‌خشک معتدل پراکنش دارند. پلان‌ها عموماً پنجه‌ای و خطی، شکل مقطع عرضی آنها U و V شکل، پلان پیشانی‌ها مایل و نقطه‌ای و شکل نیم‌رخ پیشانی آنها مایل و مکان آب‌کنندها در خط القعر شیب‌ها و در امتداد زهکش‌های طبیعی منطقه هستند. میزان خسارات وارده به مراتع، اراضی کشاورزی و جاده‌ها در استان زنجان برابر ۲۲۲۶/۹ میلیارد ریال برآورد و گزارش شده است.

مطالعه تغییرات رطوبت خاک و پویایی آن در زمین‌های کناری آب‌کنند و توجه به آن نشان‌دهنده که فرسایش خاک یکی از عوامل مهم بیابان‌زایی در شمال مدیریت‌شده است که نقش کانال‌های حاصل از فرسایش، در ایجاد و حمل رسوب و افزایش خشکی منطقه را تأیید می‌نماید (Zucca et al., 2006). در واقع کاهش رطوبت خاک در اثر زهکشی و از دست دادن پوشش در دیواره‌ها باعث افزایش خشکی خاک زمین‌های اطراف آب‌کنند شده و محیط را به سمت بیابانی شدن سوق می‌دهد.

یکی از مهم‌ترین علت‌های عدم توجه و تشدید فرایند فرسایش خاک، عدم آگاهی از ارزش ذاتی خاک به‌عنوان موهبت الهی است. منظور نکردن هزینه فرسایش خاک در تحلیل‌های هزینه-منفعت مراتع و دیمکاری‌ها و استفاده از خاک به‌عنوان نهاده رایگان در فرایند تولید را

^۱ Opportunity cost method

^۲ Damage cost avoided method

^۳ Replacement cost

^۱ Ecosystem services

^۲ Total Economic Value (TEV)

^۳ Cost based

^۴ Replacement cost method

با بررسی‌های به‌عمل آمده و با وجود مطالعات زیاد بر روی آبکندهای ایران، هنوز اطلاعات دقیق و جامعی برای ویژگی‌های آبکندها با توجه به اقلیم، کاربری، نوع سازند و خاک و تولید رسوب و خسارت اقتصادی ناشی از آنها ارائه نشده است. بنابراین در این پژوهش سعی شد تا با بررسی ویژگی‌های آبکندهای استان قزوین و برآورد خسارت اقتصادی ناشی از آنها، اولویت‌بندی برای اقدامات مدیریتی و حفاظتی انجام شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد بررسی در برگرفته عرصه اراضی استان قزوین با مساحتی حدود ۱۵۵۵۹ کیلومتر مربع است که در فاصله عرض جغرافیایی ۳۵° و ۲۷° الی ۳۶° و ۴۵' شمالی و طول جغرافیایی ۴۸° و ۴۵' الی ۵۰° و ۵۰' شرقی قرار دارد (شکل ۱). بلندترین نقطه ارتفاع آن برابر ۴۰۶۱ متر از سطح دریا واقع در حوضه شاهرود و حداقل آن برابر ۲۷۵ متر واقع در پایاب رودخانه قزل‌اوزن در منطقه طارم سفلی است.

متوسط بارندگی استان حدود ۳۱۶ میلی‌متر در سال است. واحدهای زمین‌شناسی کوارترنر شامل نهشته‌های مخروط افکنه‌ها و تراس‌های رودخانه‌ای کم ارتفاع، توف‌های آتشفشانی داسیت آندیزیت و کوارترنر شامل نهشته‌های مخروط افکنه‌ها و تراس‌های رودخانه‌ای مرتفع به‌ترتیب با ۳۹۲۰۰۰، ۱۱۹۰۰۰ و ۶۵۰۰ کیلومتر مربع سه رتبه اول سازندهای استان هستند.

روش تحقیق: مناطق آبکندی استان با توجه به اطلاعات موجود و مراجعه به ادارات مرتبط، شناسایی شد. سپس با توجه به شناسایی اولیه، کنترل صحت مکان‌های فرسایش آبکندی با بازدید میدانی انجام و مختصات جغرافیایی تعداد ۲۴ منطقه آبکندی توسط GPS ثبت شد. با استفاده از نقشه اقلیم دومارتن گسترده کشور (Soufi, 2014)، نقشه اقلیم استان به‌صورت رقومی تهیه شد. در گام بعدی، نقشه‌های مناطق آبکندی و اقلیم استان در محیط GIS بر روی هم قرار گرفت و نقشه پراکنش آبکندها در اقلیم مختلف استان تهیه شد.

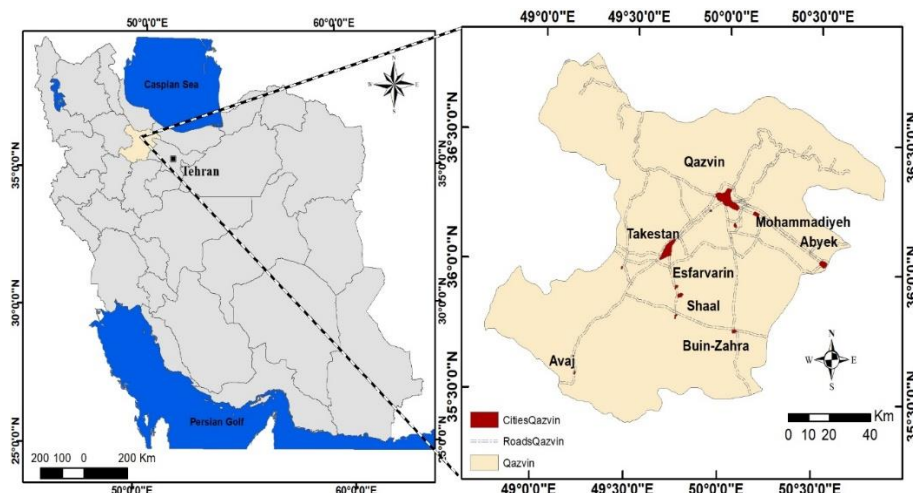
به‌طور متوسط در هکتار و برای شرایط مختلف برآورد کرده‌اند.

(Mobarghaee, 2001) پژوهشی را برای برآورد ارزش کارکرد حفاظتی اکوسیستم‌های جنگلی در نگهداری مواد غذایی خاک انجام داده که در آن ارزش این عملکرد با توجه به عواملی چون نوع خاک، میزان فرسایش و شیب منطقه مطالعاتی متفاوت بوده و از حداقل ۲۱۲/۷۲ تا حداکثر ۴۰۱/۸۴ هزار ریال در هکتار برآورد و گزارش شده است. همچنین نتایج حاصل از ارزش‌گذاری ریالی هدررفت مواد غذایی اصلی خاک در حوضه نوررود، برای سال پایه ۱۳۸۹ بر اساس متوسط سه روش مختلف، حدود ۷۰۰۰۰ ریال در هکتار تعیین شده است (Rastegar, 2013).

(Mousavi et al., 2014) برای ارزش‌گذاری اقتصادی نقش پوشش گیاهان مرتعی در حفاظت خاک، حوضه طالقان میانی را مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج، مراتع منطقه سالانه ۶۰۵۴۵ مترمکعب فرسایش خاک را کاهش می‌دهند. بدیهی است این کارکردها فقط بخشی از کارکردهای اکوسیستم‌های مرتعی را تشکیل می‌دهند و ارزش‌گذاری اقتصادی کلیه کارکردها می‌تواند ابزار مؤثری جهت حفظ اکوسیستم‌های مرتعی به‌کار گرفته شود.

بررسی و برآورد ارزش تفریحی حوزه آبخیز سد تهم به‌عنوان یکی از جاذبه‌های طبیعت‌گردی و گردشگری استان زنجان از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری نشان داد که ارزش تفریحی سالانه این منطقه ۳۹۰۰۰ ریال در هکتار است که با فرض تولید متوسط علوفه، هر هکتار آن ارزش قابل توجهی می‌یابد. ارزش اقتصادی هر هکتار مرتع برای کارکردهای حفاظت خاک نیز حدود ۱۰۴ هزار ریال تعیین شد (Yeganeh et al., 2016).

بخش زیادی از تحقیقات انجام شده بر روی فرسایش آبکندی، به پهنه‌بندی مناطق و یا تعیین حساسیت به آبکندی شدن انجام شده است و تحقیقاتی برای اولویت بندی مناطق آبکندی نپرداخته است که پژوهش‌های Jokar Sarhangi et al., و Madadi et al., (2022) (2022) آخرین تحقیقات در این زمینه هستند.



شکل ۱- موقعیت استان قزوین در ایران
Fig. 1. Location of Qazvin Province, Iran

مربوط به ارزش‌های محیط‌زیستی، نظیر حفظ آب و خاک، تنظیم گاز، دفع ضایعات، گرده افشانی، کنترل بیولوژیکی آفات و غیره است (Karim-Zadegan, 2004).

براساس اطلاعات به‌دست آمده، اولویت‌بندی مناطق آبکندی برای اجرای عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک برای اولین بار بر اساس روش پیشنهادی انجام شد. بدین ترتیب که اولویت‌بندی برخی شاخص‌ها مانند مساحت (هکتار)، طول (متر)، عرض متوسط (متر)، عمق متوسط (متر)، نسبت عرض به عمق و خسارت (میلیون تومان) تعریف شدند. ابتدا مقدار هر عامل بر متوسط عامل در استان تقسیم شد تا استانداردسازی اعداد انجام شود و سپس به ترتیب افزایشی مرتب و نمره یک برای کمترین مقدار شاخص و نمره ۱۰ برای بیشترین مقدار به منطقه اختصاص یافت. برای کمترین مقدار یا اولویت رتبه یک یا اولویت کمترین و برای بیشترین مقدار رتبه ۱۰ به‌عنوان بیشترین اولویت لحاظ شد. سپس مجموع نمره اولویت‌های شاخص‌ها برای هر منطقه محاسبه شد. سپس، ستون جمع امتیازها به‌ترتیب صعودی مرتب و منطقه دارای بیشترین مقدار جمع امتیاز، به‌عنوان اولویت اول و منطقه واجد کمترین جمع امتیاز، به‌عنوان آخرین اولویت انجام اقدامات حفاظتی تعیین شد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، در استان قزوین برای اقلیم‌نمای دمارتن، پنج اقلیم مختلف و ۲۴ منطقه آبکندی وجود دارد که آبکندها بر اساس نتایج ارائه شده در جدول

سپس از هر اقلیم دو منطقه با مساحت بیش از ۵۰۰ هکتار با توجه به مقیاس کاری ۱:۲۵۰۰۰۰ و از هر منطقه سه آبکند نمونه که از نظر طول، عرض، عمق، کاربری اراضی، پلان عمومی و سر آبکند، مشابه بخش اعظم آبکندهای منطقه باشد، به‌عنوان مناطق معرف جهت برداشت‌های صحرایی انتخاب شد و ویژگی‌هایی نظیر بارندگی، پستی و بلندی، دما، رژیم بارش، زمین‌شناسی، تیپ اراضی، کاربری اراضی اطراف آبکند، نوع و گرایش پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات موجود و بازدید صحرایی ثبت شد.

ویژگی‌های مورفومتریک آبکندهای منتخب شامل پلان عمومی، شکل سر آبکند، نیم‌رخ عمودی سر آبکند، طول، عرض، عمق و پلان آبکند، پروفیل طولی و مقاطع عرضی در سر آبکند، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد فاصله از رأس و همچنین شیب اراضی در بالادست سر آبکند تعیین شد. نمونه خاک سطحی و تحتانی به‌صورت مخلوط از مقاطع ۲۵ درصد سمت راست و ۵۰ درصد سمت راست و چپ هر آبکند جهت انجام آنالیزهای عمومی خاک برداشت شد.

سپس متوسط میزان خسارت حاصل از ایجاد و گسترش آبکندها برای هر منطقه برحسب ارزش کارکردی زمین در تولید علوفه و بر اساس منابع مختلف (Rastegar, 2013; Mobarghaee, 2001; Mousavi et al., 2014) ۲/۵ میلیون ریال در هر هکتار تعیین شد. هرچند بر اساس مطالعات سازمان خواربار کشاورزی (FAO, 1965)، ارزش سالیانه هر هکتار مرتع معادل ۲۳۲ دلار است که از این مقدار ۵۷ دلار (معادل ۲۴/۵ درصد) مختص ارزش علوفه‌ای است و مابقی

۱، به‌ترتیب وسعت در پنج اقلیم نیمه خشک فراسرد، نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک معتدل، نیمه‌مرطوب گرم و مدیترانه‌ای گرم پراکنده‌اند. با همپوشانی نقشه اقلیم منطقه با مناطق آب‌کندی شده، مشخص شد که اقلیم مدیترانه‌ای

گرم با نه منطقه آب‌کندی، دارای بیشترین فراوانی (۵۰/۵۴ درصد) و مساحت در استان است که Zanjani jam (2014) نیز برای استان زنجان به‌عنوان استان مجاور و تاحدودی مشابه، چنین توزیع اقلیمی را ارائه نموده است (جدول ۱).

جدول ۱- توزیع مناطق آب‌کندی در اقلیم‌های مختلف استان قزوین

Table 1. Distribution of gullied areas in different climates of Qazvin province

No	Climate	Area No.	Gully area (%)	Gully area (ha)
1	Semi Dry Cold	3	18/35	3267/9
2	Semi Dry Hyper Cold	6	14/37	2558/8
3	Moderately semi-arid	4	13/23	2356/6
4	Warm Semi-humid	2	3/51	624/7
5	Warm Mediterranean	9	50/54	8997/6

آب‌کندهای استان قزوین عمدتاً دارای پلان عمومی پنجه‌ای، پلان پیشانی نقطه‌ای، نیمرخ پیشانی مایل تا عمودی و شکل مقطع عرضی V شکل بوده و عموماً در داخل خط القعر دره‌ها ایجاد شده و گسترش یافته و عموماً پیوسته هستند. این ویژگی‌ها نشان از افزایش رواناب سطحی و یا کاهش مقاومت سطح بستر دره‌های زهکشی طبیعی دارد.

آب‌کندها، کلاس عمقی متوسط یعنی کمتر از ۱۰ متر دارند و عمدتاً بر روی خاک‌های با بافت رسی، رسی لومی و لومی ایجاد شده‌اند (جدول ۲). آب‌کندها از ارتفاع ۸۷۲ تا ۱۹۸۵ متر از سطح دریا پراکنش دارند و از بارندگی متوسط سالانه ۲۴۹ تا ۳۸۸ میلی‌متر برخوردار بوده‌اند. حداکثر باران روزانه بین ۴۳ تا ۶۲ میلی‌متر در بین مناطق آب‌کندی قزوین تغییر می‌کند. میزان متوسط رس، سیلت و شن در مناطق آب‌کندی بررسی شده قزوین به‌ترتیب معادل ۳۶/۵، ۳۲/۷ و ۳۰/۱ درصد بوده است. متوسط شوری خاک معادل ۴/۴۹ دسی‌زیمنس در متر بوده درحالی‌که مقدار شوری بین ۰/۵ تا ۲۹ دسی‌زیمنس در متر نیز بین مناطق آب‌کندی مورد تحقیق ثبت شده است.

متوسط ماده آلی خاک در مناطق آب‌کندی معادل ۰/۳۹ درصد است که نشان از فقر مواد آلی دارد. متوسط طول آب‌کندها ۱۶۳ متر بوده که حداقل طول معادل ۴۶ متر به قسطنین رود و حداکثر آن معادل ۲۵۰ متر به منطقه آب‌کندی علی آباد تعلق داشته است. متوسط عرض آب‌کندها معادل ۲/۱۵ متر به‌دست آمده که حداقل آن معادل ۱/۱۰ متر به آب‌کند کارخانه قند و حداکثر آن معادل ۳/۶۵ متر به آب‌کند دورچاک تعلق داشته است. عمق متوسط آب‌کندها معادل

۱/۵۲ متر بوده که حداقل آن با مقدار یک متر متعلق به آب‌کند سه را کارخانه قند و حداکثر آن معادل ۲/۵ متر متعلق به آب‌کند قسطنین رود بوده است.

شیب متوسط اراضی مرتعی در اطراف آب‌کندها معادل ۲۰ درصد با حداکثر ۳۵ درصد در اراضی آفتاب در و حداقل آن پنج درصد مربوط به اراضی سه راه کارخانه قند بوده است. متوسط حجم آب‌کندهای مورد پژوهش معادل ۲۶۳ مترمکعب بود که بین حداقل ۳۳ مترمکعب در آب‌کند معرف سه راه کارخانه قند و حداکثر ۵۴۰ مترمکعب در آب‌کند معرف علی آباد قرار داشت. شکل ۲، نمونه‌هایی از نمای کلی آب‌کندهای منطقه را نشان می‌دهد.

خسارت اقتصادی ناشی از پیشرفت فرسایش آب‌کندی و تخریب اراضی که باعث عدم تولید علوفه شده، در مناطق آب‌کندی استان قزوین معادل ۳۹۸۴۰ میلیون ریال در سال بوده است. منطقه آب‌کندی قسطنین‌رود در اقلیم نیمه‌خشک معتدل، آبدره با اقلیم و دورچاک در اقلیم مدیترانه‌ای گرم در اولویت‌های اول، دوم و سوم برای عملیات حفاظت خاک قرار دارند (جدول ۳). لازم به توضیح است که این برآورد مربوط خسارت ناشی از عدم تولید مرتع است و خاک هدررفته و خدمات محیط‌زیستی آن در این محاسبات لحاظ نشده است، چراکه فرسایش خاک تأثیر منفی مستقیم و غیرمستقیم بر چرخه تولید و اقتصاد دارد. Soufi et al., (2022) معتقد است که در زمینه مدیریت و کنترل فرسایش آب‌کندی، سازمان خاصی وظیفه‌مند نیست. لذا، بعد از وقوع سیلاب و ایجاد خسارت‌های فراوان، فقط بازدید از مناطق و تلاش برای ارائه راهکار صورت می‌گیرد ولی متولی خاص برای استمرار پیگیری‌ها وجود ندارد و به‌نظر می‌رسد، بایستی مانند شهرداری‌ها

اطراف اراضی خود اقدامات لازم را انجام دهند. سازمان‌های پژوهشی و دانشگاه نیز نیازهای پژوهشی آنان را بررسی و با همکاری اداره ترویج به آنها انتقال می‌دهند و در مناطق شهری به کمک شهرداری‌ها کنترل و در اراضی ملی نیز از طریق سازمان مدیریت اراضی یا حفاظت منابع طبیعی پیگیری و کنترل می‌شود.

که طبق ضوابطی اقدامات ساختمانی را کنترل کرده، پاسخگو هستند، بایستی این وظیفه‌مندی کنترل سیلاب و فرسایش نیز متولی مناسب با وظایف، بودجه و پاسخگویی وجود داشته باشد. در کشورهایی نظیر آمریکا و استرالیا با ارائه دستنامه‌هایی برای اقدامات مناسب کنترل سیلاب همه بهره‌برداران نظیر کشاورزان بایستی این راهنماها را مطالعه و آموزش‌های لازم را دیده، در

جدول ۲- مشخصات آبکندهای معرف استان قزوین

Table 2. Characteristics of the representative gullies of Qazvin Province

Aftabdar	Moalem Kelaye	Aliabad	Dorchak	Qostin roud	Dast-jerdeh	Ab-dareh	Khondab	Serahe Karkhane Ghand	Yalabad	Gullied area Charactrestic
Moderately semi-arid	Moderately semi-arid	Warm Mediterranean	Warm Mediterranean	Moderately semi-arid	Moderately semi-arid	Semi Dry Cold	Semi Dry Cold	Semi Dry Cold	Semi Dry Cold	Climate
Bulbous	Dendritic	Linear	Dendritic	Bulbous	Bulbous	Dendritic	Bulbous	Dendritic	Dendritic	Plan
Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Depth
Continious	Continious	Continious	Continious	Continious	Continious	Continious	Continious	Continious	Continious	Maturity
1850	872	872	938	1033	1258	1859	1968	1210	1985	Height m
Range	Range	Range	Range	Range	Range	Range	Range	Bareland	Range	Landuse
35	15	20	25	22	22	22	21	5	18	Slope %
324	324	324	324	324	324	388	388	250	249	Pricipitation mm
47	47	47	47	47	47	43	43	62	43	Max Daily Pricipitation mm
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	12.1	12.1	15.5	14.6	C° Annual Temperature
297	327	376	127	116	457	498	637	435	402	Area ha
250	150	250	125	46	112	220	235	60	180	Length m
2.00	2.70	2.70	3.65	2.55	2.10	2.17	1.35	1.10	1.15	Width m
1.10	1.90	1.60	2.25	2.50	1.20	1.20	1.15	1.00	1.25	Depth m
1.80	1.40	1.68	1.62	1.02	1.75	1.8	1.17	1.10	0.92	Width/ Depth
743	819	941	3194	2907	1140	1245	1683	-	1005	Damage (million Rials)



شکل ۲- نمایی کلی از آبکند معرف منطقه دورچاک (راست) و منطقه معلم کلایه (چپ)

Fig. 2. General view of the representative gullies of Dorchak region (right) and Moalem Kalaye region (left)

جدول ۳- نمرات و اولویت‌بندی نهایی مناطق آب‌کندی معرف استان قزوین

Table 3. Scores and final prioritization of representative gullied areas of Qazvin Province

Gullied area Characterstic	Aftabdar	Moalem Kelaye	Aliabad	Dorchak	Qostin roud	Dast- jerdeh	Ab-dareh	Khondab	Serahe Karkhane Ghand	Yalabad
Area	1	2	3	10	9	6	7	8	5	4
Length	10	6	10	5	2	4	8	9	3	7
Width	5	10	9	10	8	6	7	4	2	3
Depth	2	8	7	9	10	4	5	3	1	6
Width/ Depth	10	6	8	7	3	9	10	5	4	1
Damage	2	3	4	9	10	6	7	8	1	5
Total Score	25	29	36	45	37	30	39	32	11	21
Final Priority	8	7	4	2	3	6	2	5	10	9

نتیجه‌گیری

در این پژوهش شناسایی آب‌کندها و تعیین مشخصات آنها انجام و براساس مجموع شاخص‌های اقتصادی و شکل شناسی، اولویت‌بندی مناطق آب‌کندی انجام شد. توزیع آب‌کندها در اقلیم‌های مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک بیشتر بود. خسارت اقتصادی وارده به مراتع استان در سال ۱۳۹۴ به دلیل فعالیت آب‌کندها بالغ بر ۳۹/۸۴ میلیارد ریال برآورد شده است. حسب نتایج به‌دست آمده، مناطق آب‌کندی قسطنطنیه رود در اقلیم نیمه‌خشک معتدل، آبدره با اقلیم نیمه خشک سرد و دورچاک در اقلیم مدیترانه‌ای گرم در اولویت‌های اول، دوم و سوم برای عملیات حفاظت خاک قرار دارند و مناطق یل‌آباد، دست‌جرده و معلم‌کلايه از اولویت کمتری برخوردارند که می‌توان برای تصمیم‌گیری در رابطه با تخصیص اعتبار و اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری از این نتایج استفاده نمود.

به‌نظر می‌رسد برای مدیریت منابع اعتباری و اقدامات مناسب‌تر در جهت کاهش فرسایش و رسوب ناشی از فرسایش آب‌کندی در استان قزوین لازم است تا ابتدا نوع کاربری اراضی بر اساس تناسب، شرایط و استعداد مورد توجه قرار گیرند تا میزان فرسایش و هدررفت خاک بدون

انجام اقدامات هزینه‌بر کاهش یابد. سپس، لازم است طرح‌های دیگری نظیر تأثیر فرسایش آب‌کندی بر رطوبت خاک مراتع، زیست‌توده تولیدی و تنوع گونه‌های مرتعی خوش‌خوراک و ته‌اجمی، میزان پیشروی آب‌کندها در دوره های زمانی متوسط و بلند مدت و مدل‌های پیشگویی فرسایش آب‌کندی اجرا شود تا بتوان با اثرگذاری بیشتری به مدیریت آنها پرداخت و از اعتبارت و امکانات موجود به نحو احسن استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت فنی و مالی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و همکاری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، انجام شده که به این وسیله، نویسندگان مراتب قدردانی خود را اعلام می‌نمایند.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

منابع مورد استفاده

- Agha Zamani, J., 2013. Development of forest and green space. Rah Soban Publications. 128 page (in Persian).
- Asadi Nalivan, O., Rabet, A., Vakili Tajareh, F., Ramezani, M., Momeni, M., Heydari, K., 2023. Zoning gully erosion susceptibility using ANN, CART and RF models. Watershed Engineer. Manage. 15(2), 155-171 (in Persian).
- FAO., 1982. Gully erosion control. 62 pages.

- FAO., 1965. Soil erosion by water. Some measures for its control on cultivated lands. 81 pages.
- Hauge, C., 1977. Soil erosion definitions. *California Geology* 30, 202-203.
- Hayati, B., Khalilian, S., 2016. Estimation of the economic benefits of soil protection in dry wheat fields (case study: Char Oymaq city, East Azarbaijan Province). The 6th Iranian Agricultural Economics Conference. Ferdowsi University of Mashhad. 128 pages (in Persian).
- Heede, B.H., 1971. Characteristics and processes of soil piping in gullies. USDA Forest Service Research Paper RM-68.15 P.
- Hosseini, P., Ghorbani, M., 2014. Economics of soil erosion. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. 128 pages (in Persian).
- Ireland, H.A., Eargle, D.H., Sharpe, C.F.S., 1939. Principles of gully erosion in the piedmont of south Carolina (No. 633). US Department of Agriculture.
- Jokar Sarhangi, E., Safarrad T., Shotatzadeh, M., 2022. Evaluation and prioritization of gully erosion susceptibility using density area and TOPSIS models (case study: Chenarli Watershed, Golestan Province). *Environ. Erosion Res. J.* 12 (1), 58-75 (in Persian).
- Karim-Zadegan, H., 2004. Basics of environmental economics. Naqsh Mehr Publications, Tehran, 224 pages (in Persian).
- Madadi, A., Asghari Saraskanroud, S., Negahban, S., Marhamat, M., 2022. Evaluation of gully erosion sensitivity using Maximum Entropy model in Shoor river watershed (Mohr Township). *J. Geograph. Environ. Hazards* 11(2), 123-145 (in Persian).
- Mobarghaee, N., 2011. Estimated value of conservation of soil nutrients in forest ecosystems. *Environ. Studies* 1(2), 3 -12 (in Persian).
- Mousavi, S.A., Arzani, H., Sharzei, Gh., Azarnivand, H., Farahpour, M., Angel, A., Alizadeh, A., Nazari Samani, A.A., 2014. Economic evaluation of rangeland vegetation role in soil conservation, Taleghan case study area. *J. Range Watershed Manage.* 67(2), 317-331 (in Persian).
- Noor, H., Arabkhedri, M., 2023. Prediction of soil erosion and sediment delivery ratio using RUSLE at Sanganeh soil conservation research station. *Water Soil Manage. Modell.* 3(1), 42-53 (in Persian).
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50(2-4), 91-133.
- Rastegar, Sh., 2013. Estimation and comparison of the economic value of the functions of fodder production and soil protection of pasture vegetation (case study: Noorroud watershed, Mazandaran Province). Ph.D. Thesis. Faculty of Pasture and Watershed Management. Gorgan University of Agriculture and Natural Resources (in Persian).
- Sabouri, S., 2023. Watershed management and gully erosion control are an approach for sustainable rural development; a case study of Qarnaq village in Golestan province. *J. Housing Rural Environ.* 42(183), 47-62 (in Persian).
- Servati, M., Qudousi, J., Dadkhah, M., 2009. Effective factors in the formation and developing of gully erosion in loess. *J. Res. Construc. Nat. Resour.* 78, 20-33 (in Persian).
- Sokouti Oskoe, R., Besharati, H., 2022. A review of soil economic valuation. *Land Manage. J.* 10(1), 1-16 (in Persian).
- Soufi, M., 2014. Survey and morphoclimatic classification of Iran's gullies. Final Report of The Research Project. Research Institute of Soil Conservation and Watershed Management, 78pages (in Persian).
- Soufi, M., Bayat, R., Charkhabi, A., 2020. Gully erosion in I.R. Iran: characteristics, processes, causes, and land use. In Book *Gully Erosion Studies from India and Surrounding Regions* edited by Pravat Kumar Shit, Hamid Reza Pourghasemi and Gouri SANKAR Bhunia. Springer, 111 pages.
- Soufi, M., Bayat, R., Partovi, A., 2022. Methods of gully control and reclamation in different provinces of Iran. *Watershed Engineer. Manage.* 14(1), 1-16 (in Persian).
- Yeghaneh, H., Azarnivand, H., Saleh, I., Arzani, H., Amirnejad, H., 2016. Economic value estimation of soil conservation function (Case study: Taham area-Zanjan Province). *Iran. J. Range Desert Res.* 23(1), 161-176 (in Persian).
- Zanjani jam, M., 2014. Survey and morphoclimatic classification of Iran's gullies (Zanjani Province). Final Report of The Research Project. Research Institute of Soil Conservation and Watershed Management, 78 pages (in Persian).
- Zucca, C., Canu, A., Peruta, R., 2006. Effects of land use and landscape on spatial distribution and morphological features of gullies in an agropastoral area in Sardinia (Italy). *Catena* 68(2), 87-95.