

GES	Journal of Geography and Environmental Studies, 13 (50), Summer 2024 https://sanad.iau.ir/journal/ges ISSN: 2008-7845 Doi: 10.71740/ges.2024.979190
-----	---

Research Paper

Received: 08 February 2024

Revised: 07 May 2024

Accepted: 11 July 2024

Economic Analysis of Soil Erosion in Nehzatabad Watershed in Kohgiluyeh County

Vajiheh Ghorbannia^{1*}, Mohsen Armin²

1. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran. (Corresponding Author)

E-Mail: ghorbannia2008@gmail.com

2. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran.

Abstract

The phenomenon of soil erosion in Iran is one of the serious problems in the fields of agriculture and natural resources, the effects of which appear in various forms and the result of which is the creation of direct and indirect costs for the country. Most of the soil erosion researches in Iran have dealt with the technical investigation of this phenomenon, and the lack of scientific information on the economic consequences of soil erosion is quite noticeable. In this study, the direct economic cost of soil erosion using the Nutrient Replacement Cost Method (NRCM) and the analysis of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) losses in sediments deposited behind check-dams in the Nehzatabad watershed with an area of 5570 hectares in Kohgiluyeh County was estimated. The results showed that in the studied time period (2018-2019), a total of 378.42 tons of sediment was deposited behind the 11 study Check-dams in the Nehzatabad watershed, and these sediments contain 0.03, 0.53 and 5 tons of nitrogen, phosphorus, and potassium, respectively. Taking into account the price of a 50 kg bag of triple superphosphate, urea and potassium sulfate 5500, 1500 and 6250 thousand rials respectively (government rate, year 1402), the cost of buying the chemical fertilizer necessary to maintain and restore soil productivity in the area the of Nehzatabad watershed is equivalent to 1620417.5 thousand rials. By calculating the amount of soil erosion through the volume of sediments deposited behind the Check-dams, it was also determined that the total direct cost of soil erosion losses in average, maximum and minimum NPK losses is 5328413.39, 26693396.77 and 52463.83 thousand rials, respectively. Of course, this amount of cost is based on soil erosion calculated from 0.001 to 1.08 tons per hectare per year in the upstream basins of the Check-dams built in the Nehzatabad watershed, which is compared to the average soil erosion rate in Iran, which in most the mentioned scientific documents of about 16 tons per hectare per year is a very small number.

Key words: Check dams, Sediment yield, Soil nutrients, Replacement Cost Method.

Citation: Ghorbannia, V.; Armin, M. (2024), Economic Analysis of Soil Erosion in Nehzatabad Watershed in Kohgiluyeh County, Journal of Geography and Environmental Studies, 13 (50), 24-36. Doi: 10.71740/ges.2024.979190

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقاله پژوهشی

تجزیه و تحلیل اقتصادی فرسایش خاک در حوزه آبخیز نهضت آباد در شهرستان کهگیلویه

وجیهه قربان‌نیا^{۱*}، محسن آرمین^۲

۱. استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

۲. استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

چکیده

پدیده فرسایش خاک در ایران یکی از مشکلات جدی عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی است که آثار آن به اشکال مختلف ظهور می‌یابد و نتیجه آنها ایجاد هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم برای کشور است. عمده تحقیقات فرسایش خاک در ایران به بررسی تکنیکی این پدیده پرداخته‌اند و خلاء اطلاعات علمی در زمینه پیامدهای اقتصادی فرسایش خاک کاملاً محسوس است. در این مطالعه هزینه اقتصادی مستقیم فرسایش خاک با استفاده از روش هزینه جایگزینی مواد مغذی (NRCM) و تجزیه و تحلیل تلفات نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) در رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی در حوزه آبخیز نهضت آباد با مساحت ۵۵۷۰ هکتار در شهرستان کهگیلویه برآورد شد. نتایج نشان داد که در دوره زمانی مورد مطالعه (۱۳۹۸-۱۳۹۶) جمعاً ۳۷۸/۴۲ تن رسوب در پشت ۱۱ بند اصلاحی مورد مطالعه در حوضه نهضت آباد نهشته شده است که این رسوبات به ترتیب حاوی ۰/۰۳، ۵۳/۰ و ۵ تن نیتروژن، فسفر و پتاسیم هستند. با در نظر گرفتن قیمت یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی کودشیمیایی سوپر فسفات تریپل، اوره و سولفات پتاسیم به ترتیب ۵۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۶۲۵۰ هزار ریال (نرخ دولتی، سال ۱۴۰۲)، هزینه خرید کود شیمیایی لازم برای حفظ و احیای بهره‌وری خاک در حوزه آبخیز نهضت آباد معادل ۱۶۲۰۴۱۷/۵ هزار ریال است. با محاسبه مقدار فرسایش خاک از طریق حجم رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی نیز مشخص شد که مجموع هزینه مستقیم تلفات فرسایش خاک در حالت میانگین، حداکثر و حداقل تلفات NPK، به ترتیب ۵۳۲۸۴۱۳/۳۹، ۲۶۶۹۳۳۹۶/۷۷ و ۵۲۴۶۳/۸۳ هزار ریال است، البته این میزان هزینه بر اساس فرسایش خاک محاسبه شده ۰/۰۱ تا ۱/۰۸ تن در هکتار در سال در حوضه‌های بالادست بندهای اصلاحی احداث شده در حوزه آبخیز نهضت آباد است که در مقایسه با میزان فرسایش خاک متوسط کشور ایران که در اکثر منابع علمی حدود ۱۶ تن در هکتار در سال ذکر شده عدد بسیار کمی است.

کلمات کلیدی: بندهای اصلاحی، تولید رسوب، مواد مغذی خاک، روش هزینه جایگزینی.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱

نویسنده مسئول: وجیهه قربان‌نیا، استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

ghorbannia2008@gmail.com

مقدمه

خاک حاصلخیز و آب با کیفیت مرغوب از با ارزش ترین سرمایه های هر کشور محسوب می شوند. در واقع خاک از اصلی ترین منابع طبیعی و نهاده اصلی در تولید محصولات کشاورزی است که می تواند در امنیت غذایی پایدار و سلامت جامعه نقش اساسی داشته باشد (آرمین و دهقانی، ۱۴۰۱: ۲). خاک رشد گیاهان را تضمین و بیش از ۹۷ درصد نیازهای غذایی جهان را برآورده می کند. خاک یک منبع طبیعی تخریب پذیر ولی شکننده است که برای تشکیل به هزاران سال نیاز دارد (Sulaeman and Westhoff, 2020: 3).

فرسایش خاک به عنوان یکی از مشکلات جدی منابع طبیعی و مهم ترین عامل تهدید کننده خاک زارعی به ویژه در کشورهای در حال توسعه، از طریق هدررفت فیزیکی خاک، کاهش عمق ریشه دوانی، آب قابل دسترس، خارج شدن سریع عناصر غذایی و ذخیره رطوبت خاک موجب کاهش تولید خاک و عملکرد محصولات کشاورزی می شود (آرمین و دهقانی، ۱۴۰۱: ۲). در اثر فرسایش خاک، میزان مواد غذایی خاک سطحی به شدت کاهش می یابد. این کاهش، موجب کم شدن مواد آلی (نیترژن، فسفر و پتاسیم) و سایر عناصری می شود که برای رشد محصولات زراعی ضروری هستند (کلسیم، منیزیم و غیره).

فرسایش خاک هر محل از یک سو، تحت تأثیر ویژگی های طبیعی قرار دارد و از سوی دیگر از فعالیت های انسان تأثیر می پذیرد (عاقلی کهنه شهری و صادقی، ۱۳۸۴: ۹۵). نظام بارشی مدیترانه ای و فرساینده گی زیاد آب، و سرعت زیاد خاک ها و سازندهای حساس به فرسایش، پوشش گیاهی طبیعی تنک در بسیاری از مناطق کشور و شرایط ناهمواری ها شماری از عوامل طبیعی مهم مؤثر بر فرسایش خاک در ایران هستند (عرب خدری، ۱۳۹۲: ۱۸). فرسایش خاک با فعالیت های گسترده انسانی و گرم شدن زمین تشدید می شود (Rosas and Gutierrez, 2020: 703) و یک مشکل جدی در کشورهای در حال توسعه است (Khalid Darvishan et al., 2019: 204). در مطالعه ای مهم ترین عوامل بوجود آورنده فرسایش خاک در ایران را آسیب پذیری خاک ها، تغییر کاربری اراضی، توسعه غیر ضروری و نامناسب زیرساخت ها و بهره برداری غیرقانونی از منابع طبیعی بیان کردند (Sadeghi, 2009: 15).

برآوردهای مختلفی از مقدار فرسایش در ایران وجود دارد و هنوز اجماع کاملی در خصوص آن بدست نیامده است. با این همه، آنچه کارشناسان بر آن توافق دارند، فزونی مقدار فرسایش از حد مجاز در ایران است. ادامه این وضعیت به سیر قهقاری محیط زیست، از تعادل خارج شدن زیست بوم، تهدید امنیت غذایی و حتی استقلال کشور منجر می شود (عرب خدری، ۱۳۹۲: ۱۸). نیک کامی (۱۴۰۲) بیان می کند که میزان فرسایش خاک در ایران به ۱۶/۲ تن در هکتار در سال رسیده در حالی که متوسط فرسایش خاک در آسیا ۳/۴۷ تن در هکتار است. ایشان هم چنین خسارت ناشی از فرسایش خاک را ۱۰/۷ میلیارد دلار در کشور عنوان کرد. Mohammadi و همکاران (۲۰۲۱) متوسط فرسایش خاک در ایران را ۱۶/۵ تن در هکتار در سال بیان می کنند که معادل ۲/۷ میلیارد تن تلفات خاک است (Mohammadi et al., 2021: 1019).

فرسایش آبی معمولاً باعث انتقال ذرات ریز خاک می شود که با توجه به چگالی ویژه معمولاً بالای مکان های جذب این ذرات، جابجایی آنها می تواند با انتقال مقدار قابل توجهی از مواد مغذی خاک و در نتیجه کاهش حاصل خیزی خاک همراه باشد.

اثرات فرسایش خاک شامل اثرات مستقیم^۱ و اثرات غیر مستقیم^۲ است. اثرات مستقیم (درجا) بر روی اراضی زراعی، توزیع مجدد ذرات خاک، جابجایی خاک و فروپاشی ساختار خاک را به دنبال دارد. تنزل مواد آلی و مواد مغذی به کاهش عمق خاک قابل کشت و کاهش بهره وری خاک منجر می شود. فرسایش، رطوبت خاک در دسترس را پایین آورده و به شرایط مستعد

1. On-Site
2. Off-Site

خشکی منجر می شود. برآیند این کار، کاهش بهره‌وری است که به افزایش مصرف کودهای شیمیایی و تغییر ویژگی طبیعی خاک منجر می شود (Morgan, 1995: 63). اثرات غیر مستقیم - که از عملیات رسوب گذاری یا وزش باد بوجود می آیند - ظرفیت رودخانه‌ها و مسیرهای زهکشی را کاهش، خطر طغیان رودخانه‌ها را افزایش، کانال‌های آبیاری را مبنود می کنند و عمر مفید مخازن بندها را کاهش می دهند. بسیاری از پروژه‌های برق آبی و آبیاری در اثر فرسایش نابود شده‌اند.

برای برآورد هزینه‌های مستقیم فرسایش خاک از نظر اقتصادی از دو روش کلی هزینه جایگزینی مواد مغذی^۱ (NRCM) که به هزینه تخلیه مواد مغذی هم معروف است و به دنبال احیای خاک فرسایش یافته به سطح قبل از فرسایش است و همچنین روش ارزش کاهش بهره‌وری^۲ (VLPM) یا روش افت تولیدات زراعی است که کاهش تولیدات زراعی را در اثر فرسایش به قیمت بازار اندازه‌گیری می کند، استفاده می شود (عاقلی کهنه شهری و صادقی، ۱۳۸۴: ۹۵). ضیایی جزئی و زارع بیدکی (۱۳۹۸) خسارت اقتصادی مستقیم ناشی از فرسایش خاک را در کاربری‌های مختلف اراضی در حوزه آبخیز بهشت آباد در استان چهارمحال بختیاری با استفاده از روش جایگزینی عناصر اصلی حاصل خیزی خاک با کود شیمیایی تعیین کردند. در این مطالعه، هم‌چنین خسارت غیرمستقیم فرسایش خاک بر اساس هزینه مصرف شده برای احداث بندهای اصلاحی^۳ به علاوه خسارت ناشی از رسوب گذاری در پشت بندهای مخزنی برآورد شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان خسارت اقتصادی ناشی از فرسایش خاک مربوط به کاربری کشت دیم معادل ۵۶ میلیون ریال در هر هکتار در سال و کمترین خسارت برآوردی مربوط به کاربری باغی با ۵/۴ میلیون ریال در هکتار در سال بوده است (ضیایی جزئی و زارع بیدکی، ۱۳۹۸: ۱۵۱). نور و همکاران (۱۳۹۲) تلفات اقتصادی فرسایش خاک مراتع حوزه آبخیز آسرخ را با استفاده از روش جایگزینی مواد غذایی برای سه عنصر اصلی خاک (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) برآورد کردند. نتایج نشان داد که هزینه فرسایش خاک مستقیم حوضه، ۶۰۳۰۴۷۷۳۳/۵۵ هزار ریال بوده است (نور و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۲۲). سکوتی اسکویی و بهشارتی (۱۴۰۱) با مروری بر ارزش گذاری اقتصادی خاک بیان کردند که در بیشتر موارد از روش‌های هزینه مبنا شامل برآورد هزینه جایگزینی، هزینه فرصت از دست رفته و هزینه خسارت اجتناب شده و هزینه جانشینی مورد استفاده قرار می گیرند (سکویی اسکویی و بهشارتی، ۱۴۰۱: ۱).

Cruz و همکاران (۱۹۹۸) در دو حوزه آبخیز در فیلیپین پس از تخمین میزان فرسایش خاک از روش معادله جهانی فرسایش خاک اصلاح شده^۴ (MUSLE)، هزینه مستقیم فرسایش خاک را از هزینه جایگزینی ۳۳۹۲ پزو معادل ۲۸۰/۳۱ هزار ریال در هکتار برآورد نمودند (Cruz et al., 1988: 85). Mosaffaie و Salehpour Jam (۲۰۱۸) در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های حفاظت آب و خاک آبخیزداری، میزان فرسایش ویژه خاک را ۱۰/۲۳ تا ۱۳/۹۸ تن در هکتار در سال بیان کردند (Mosaffaie and Salehpour Jam, 2018: 368). Shi و Shchulin (۲۰۱۸) نیز تلفات کربن، نیتروژن، فسفر و فلزات سنگین ناشی از فرسایش را در خاک‌های کشاورزی با مدیریت مواد آلی متفاوت بررسی کردند. نتایج همبستگی دوتایی بین عناصر و اندازه رسوب نشان داد که نیتروژن، مس و روی عمدتاً با ماده آلی خاک از دست می‌روند، در حالی که از دست رفتن فسفر بیشتر با بخش‌های معدنی خاک مرتبط است (Shi and Schchulin, 2018: 214).

عمده تحقیقات فرسایش خاک در ایران به بررسی فنی این پدیده پرداخته‌اند و خلاء اطلاعات علمی در زمینه پیامدهای فرسایش خاک و بویژه اقتصاد فرسایش خاک کاملاً محسوس است. با بررسی و مرور منابع مشخص می‌شود که موضوع اقتصاد فرسایش خاک در ایران به طور جدی کار نشده که بتوان هر ساله ارزش پولی مقدار خاک از دست رفته را بدست آورد. هر ساله مقدار

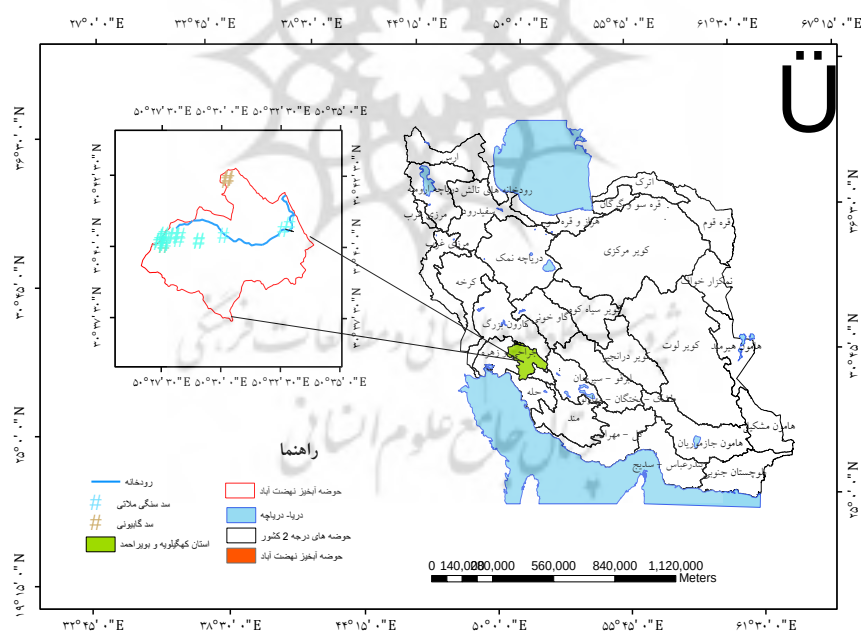
1. Nutrient Replacement Cost Method
2. Value of Loss of Productivity Method
3. Check dam
4. Modified Universal Soil Loss Equation

زیادی از خاک فرسایش می‌یابد که اگر این مقدار خاک از دست رفته به واحد ارزی و پولی تبدیل شود، این مبلغ هنگفت برای مدیران کشور ملموس‌تر خواهد بود. لذا این پژوهش با هدف تعیین میزان فرسایش خاک با استفاده از رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی و سپس محاسبه هزینه اقتصادی مستقیم این میزان تلفات خاک با استفاده از روش هزینه جایگزینی مواد مغذی انجام شده است. استفاده از روش تعیین حجم رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی برای محاسبه تلفات خاک دقیق‌ترین روش در این زمینه است که در مطالعات این‌چنینی که عمدتاً به برآورد کلی از تلفات خاک بسنده کرده‌اند، کمتر از آن استفاده شده است. بنابراین می‌توان ادعا کرد، در این پژوهش به تبع تعیین دقیق میزان تلفات خاک، محاسبه هزینه اقتصادی این تلفات نیز دقیق‌تر خواهد بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز نهضت آباد با وسعت ۵۵۷۰ هکتار بخشی از حوزه آبریز سرپری یکی از حوضه‌های فرعی آبریز جراحی زهره در جنوب غربی ایران، استان کهگیلویه و بویراحمد، شهرستان کهگیلویه است. منطقه مورد مطالعه از نظر جغرافیایی در ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۵۲۰ میلی‌متر است. شهرستان دهدشت مرکز شهرستان کهگیلویه نزدیک‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر به این حوضه است. شکل ۱ موقعیت حوضه نهضت آباد را در استان کهگیلویه و بویراحمد نشان می‌دهد.

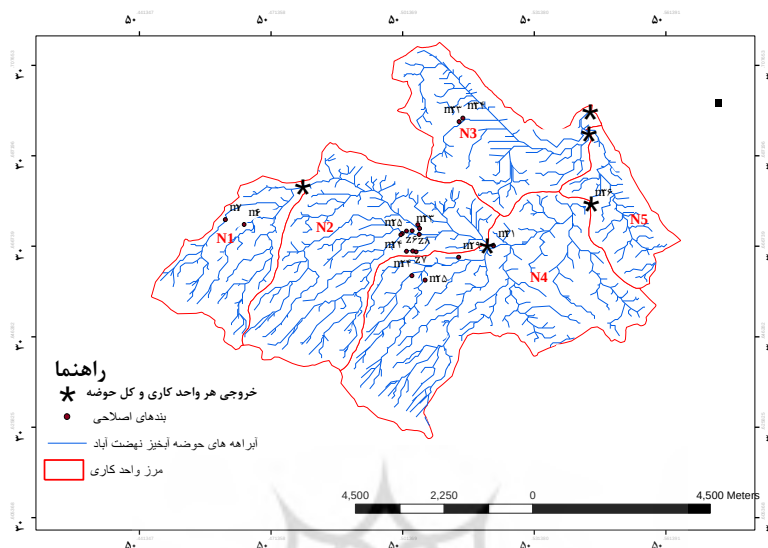


شکل (۱): موقعیت حوضه نهضت آباد در استان کهگیلویه و بویراحمد و ایران

بندهای اصلاحی ساخته شده در حوضه نهضت آباد

با توجه به شرایط بحرانی حوضه نهضت آباد از نظر فرسایش و به دنبال تهیه طرح اجرایی آن، تعدادی بند اصلاحی سنگ ملاتی با ارتفاع مفید یک تا دو متر طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ در آن احداث شده است. بندهای اصلاحی، سازه‌های ساده و نسبتاً کم هزینه هستند که به دلیل عدم نیاز به مصالح و تکنولوژی خاص، به طور گسترده‌ای جهت کنترل رسوب در حوزه‌های آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در راستای هدف تحقیق و با توجه به موقعیت بندهای ساخته شده، در مرحله اول، حوزه آبخیز به پنج

واحد هیدرولوژیکی Sub-W1 تا Sub-W5 تقسیم شد که هر واحد هیدرولوژیکی شامل یک یا چند آبراهه است. در واحد هیدرولوژیکی Sub-W1 دو بند اصلاحی، در واحد هیدرولوژیکی Sub-W2 دو بند، در واحد هیدرولوژیکی Sub-W3 دو بند، در واحد هیدرولوژیکی Sub-W4 چهار بند و در واحد هیدرولوژیکی Sub-W5 یک بند وجود دارد. شکل ۲ موقعیت واحدهای هیدرولوژیکی و بندهای اصلاحی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل (۲): موقعیت واحدهای هیدرولوژیکی و بندهای اصلاحی در منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

انتخاب بندهای اصلاحی و نمونه‌برداری از رسوب

پس از بررسی میدانی و بازدید از محل بندهای اصلاحی در حوزه آبخیز، ۱۱ بند برای مطالعه انتخاب شدند. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی بندهای اصلاحی انتخابی، سال ساخت و ابعاد آنها را نشان می‌دهد. در انتخاب بندهای اصلاحی دقت کافی صورت گرفته است تا بندها از رسوب پر نشده باشند، در داخل زیرحوضه‌ها پراکنده و شاخصی از انواع بندهای موجود (گابیون، سنگ ملاتی) در حوضه باشند. نمونه‌های رسوب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری از پشت هر بند اصلاحی جمع‌آوری شد. به منظور گرفتن یک نمونه کاملاً شاخص و معرف، هر نمونه شامل ۳ نمونه کوچک‌تر است که از سه مکان مختلف پشت بندهای اصلاحی گرفته شده است. به منظور جلوگیری از اختلاط نمونه‌های رسوب پشت بند با خاک‌های اطراف، سعی شده است که رسوبات از کناره‌های بندهای اصلاحی جمع‌آوری نشود. شکل ۳ اندازه‌گیری ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده در پشت بند اصلاحی را نشان می‌دهد.



شکل (۳): اندازه‌گیری ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده پشت بند اصلاحی

محاسبه حجم رسوبات ته نشین شده و میزان فرسایش خاک در زیر حوضه‌ها (واحدهای هیدرولوژیکی)

برای محاسبه حجم رسوبات و میزان فرسایش، ابعاد هر بند اصلاحی، ارتفاع رسوبات و مساحت گوه رسوب گذاری اندازه گیری شده است. حجم رسوبات انباشته شده در پشت هر بند با استفاده از یک شکل سه بعدی محاسبه شد که در اکثر بندهای اصلاحی هرمی عمودی با قاعده‌ای دوزنقه‌ای شکل ۱ است (Hernandez Laguna et al., 2004: 209; Romero Diaz et al., 2007) و فرمول محاسبه آن به شرح زیر است:

$$V = \frac{1}{3} * B * H \quad \text{رابطه ۱}$$

که V حجم رسوبات (m^3)، B مساحت قاعده گوه رسوب (m^2) و H طول گوه رسوبی (m) است. برای آن دسته از بندهایی که شکل گوه رسوب گذاری آنها با شکل تو صیف شده در بالا مطابقت نداشت، از اشکال هندسی دیگر یا حتی ترکیبی از چندین شکل هندسی استفاده شد. وزن رسوبات با تعیین چگالی ظاهری آنها محاسبه می شود. چگالی ظاهری رسوبات (t/m^3) در حجم رسوبات (m^3) ضرب شد، وزن رسوبات بر حسب تن به دست آمد:

$$t = \rho * V \quad \text{رابطه ۲}$$

با تقسیم وزن رسوبات (تن) بر مساحت زیر حوضه بالادست بند اصلاحی (هکتار)، میزان فرسایش بر حسب تن در هکتار بدست آمد که بر تعداد سال‌های عمر سازه (سال) تقسیم شد و میزان فرسایش بر حسب تن در هکتار در سال به دست آمد:

$$SY = \left(\frac{t}{A} \right) / T \quad \text{رابطه ۳}$$

که t وزن رسوبات (تن)، A مساحت حوضه بالادست بند اصلاحی (ha)، T طول عمر سازه (سال) و SY میزان فرسایش حوضه (تن بر هکتار) است.

جدول (۱): موقعیت جغرافیایی و مشخصات بندهای اصلاحی در حوضه نهضت آباد

نام بند	UTM		سال اجرا	نوع سازه	حجم مخزن (m^3)	حجم سازه (m^3)	ارتفاع کل (m)	ارتفاع مفید (m)
	X	Y						
Ch8	۴۵۲۵۲۴	۳۳۹۲۶۳۰	۱۳۹۸	سنگی ملاتی	۱۴۵	۹۵	۲	۱/۵
Ch23	۴۵۲۲۲۸	۳۳۹۳۰۹۵	۱۳۹۸	سنگی ملاتی	۱۲۲	۹۰	۲	۱/۳
Ch31	۴۵۴۲۲۲	۳۳۹۲۷۸۱	۱۳۹۶	سنگی ملاتی	۲۱۰۰	۷۰۰	۴/۸	۲/۷
Ch6	۴۴۸۷۷۶	۳۳۹۳۳۳۹	۱۳۹۶	سنگی ملاتی	۵۸۰	۲۱۰	۳	۲
Ch7	۴۴۸۳۶۱	۳۳۹۳۴۶۰	۱۳۹۶	سنگی ملاتی	۲۴۰	۱۰۰	۲	۱
Ch34	۴۵۳۵۶۰	۳۳۹۵۹۸۲	۱۳۹۶	گابیونی	۳۵۰	۱۰۰	۲	۱
Ch36	۴۵۶۳۴۱	۳۳۹۳۸۰۲	۱۳۹۶	سنگی ملاتی	۱۷۴۰	۷۵۰	۴	۲/۹
Ch21	۴۵۲۶۰۵	۳۳۹۳۲۱۹	۱۳۹۷	سنگی ملاتی	۲۱۴۰	۱۷۱/۴	۲/۴	۱/۴
Ch22	۴۵۲۵۹۴	۳۳۹۳۰۶۸	۱۳۹۷	سنگی ملاتی	۲۴۰	۱۸۷/۴	۲/۵	۱/۴
Ch24	۴۵۲۴۳۰	۳۳۹۲۰۳۸	۱۳۹۷	سنگی ملاتی	۱۳۰	۷۹/۴	۲	۱/۳
Ch25	۴۵۲۷۱۷	۳۳۹۱۹۲۵	۱۳۹۷	سنگی ملاتی	۱۲۰	۱۰۱/۲	۲	۱/۳۵

تعیین مقادیر عناصر مغذی خاک (N، P و K) در نمونه‌های رسوب

ابتدا نمونه‌های رسوب هوا خشک شده و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. عناصر مغذی خاک شامل نیتروژن (درصد)، فسفر (میلی گرم در کیلو گرم خاک) و پتاسیم (میلی گرم در کیلو گرم خاک) با استفاده از روش‌های معمول اندازه گیری شده‌اند.

برآورد هزینه اقتصادی فرسایش خاک

یکی از مهم‌ترین پیامدهای فرسایش خاک هم برای محیط منشأ آن و هم برای چرخه‌های اقتصادی، کاهش حاصل‌خیزی خاک است (آرمین و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۵). در این تحقیق از روش هزینه جایگزینی مواد مغذی (NRCM) خاک برای محاسبه هزینه اقتصادی مستقیم فرسایش خاک استفاده شده است. در این روش هزینه خرید کود شیمیایی لازم برای حفظ و احیای بهره‌وری خاک محاسبه می‌شود، در واقع هزینه‌های جایگزینی مواد غذایی به صورت مستقیم و بر مبنای تلفات (N، P و K یا نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و قیمت کود شیمیایی برآورد می‌شود. برای تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی از سه کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل (۴۶ درصد)، اوره (۴۶ درصد) و سولفات پتاسیم (۴۲ درصد) به ترتیب به قیمت ۵۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۶۲۵۰ هزار ریال استفاده شده است.

یافته‌ها و بحث

مقادیر عناصر مغذی (N، P و K) در نمونه‌های رسوب و تجزیه و تحلیل اقتصادی تلفات آنها

در جدول ۲ مقادیر عناصر مغذی در رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی نشان داده شده است.

جدول (۲): مقادیر عناصر مغذی خاک در رسوبات نهشته شده در بندهای اصلاحی

نام بند اصلاحی	N (g/kg soil)	P (g/kg soil)	K (g/kg soil)
Ch8	۰/۱۳	۱/۲۱	۱۲
Ch23	۰/۰۹	۰/۹	۱۱
Ch31	۰/۱۱	۱/۷۸	۸
Ch6	۰/۱۱	۱/۱	۱۴
Ch7	۰/۱۳	۱/۰۷	۱۳/۴
Ch34	۰/۰۹	۱/۰۵	۱۹
Ch36	۰/۰۱	۳/۷۳	۱۲
Ch21	۰/۰۹	۱/۱	۱۴
Ch22	۰/۱	۱/۲۱	۱۱/۹
Ch24	۰/۱۱	۱/۶	۱۷
Ch25	۰/۰۷	۱/۵	۲۰/۹

چنانچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان نیتروژن در رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی از ۰/۰۱ تا ۰/۱۳ گرم در هر کیلوگرم رسوب است. مقدار فسفر و پتاسیم نیز به ترتیب از ۰/۹ تا ۳/۷۳ و ۸ تا ۲۰/۹ گرم در کیلوگرم متغیر بوده است. بر اساس حجم رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی (مترمکعب) و وزن مخصوص آنها (تن بر مترمکعب)، وزن رسوبات در پشت بندهای اصلاحی محاسبه شده و سپس با استفاده از مقادیر عناصر مغذی (جدول ۲)، میزان وزن این عناصر در رسوبات نهشته شده در پشت بندها محاسبه شد (جدول ۳).

جدول (۳): میزان وزن عناصر مغذی نهشته شده در رسوبات پشت بندهای اصلاحی (وزن مخصوص رسوبات ۱/۷ تن بر مترمکعب)

نام بند اصلاحی	حجم رسوب (m ³)	وزن رسوب (t)	وزن رسوب (kg)	نیتروژن نهشته شده (kg)	فسفر نهشته شده (kg)	پتاسیم نهشته شده (kg)
Ch8	۲/۸۳	۴/۸۱۱	۴۸۱۱	۰/۶۲	۵/۸	۵۷/۷۳
Ch23	۳/۵۴	۶/۰۱۸	۶۰۱۸	۰/۵۴	۵/۴	۶۶/۱۹
Ch31	۲۰/۹	۳۵/۵۳	۳۵۵۳۰	۳/۹	۶۳/۱۷	۲۸۴/۲۴
Ch6	۲۶/۱۳	۴۴/۴۲	۴۴۴۲۱	۴/۸۸	۴۸/۹۵	۶۲۱/۸۹
Ch7	۲۳/۹۲	۴۰/۶۶	۴۰۶۶۴	۵/۲۸	۴۳/۴۲	۵۴۴/۹
Ch34	۳	۵/۱	۵۱۰۰	۴۵۹	۵/۳۵	۹۶/۹
Ch36	۱۸	۳۰/۶	۳۰۶۰۰	۰/۴۶	۱۱۴/۱۳	۳۶۷/۲
Ch21	۶۸/۷۵	۱۱۶/۸۷	۱۱۶۸۷۵	۱۰/۵۱	۱۲۸/۹۱	۱۶۳۶/۲۵
Ch22	۳۷/۳۳	۶۳/۴۶	۶۳۴۶۱	۶/۳۴	۷۶/۴۷	۷۵۵/۱۸
Ch24	۱۱/۲	۱۹/۰۴	۱۹۰۴۰	۲/۰۹	۳۰/۵۲	۳۲۳/۶۸
Ch25	۷	۱۱/۹	۱۱۹۰۰	۰/۸۳	۱۷/۸۱	۲۴۸/۷۱
مجموع	۲۲۲/۶	۳۷۸/۴۲	۳۷۸۴۲۰	۳۵/۸۳	۵۳۹/۹۵	۵۰۰۲/۸۸

چنانچه در جدول ۳ نشان داده شده است، مجموع نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ۱۱ بند اصلاحی مورد مطالعه که دارای ۳۷۸/۴۲ تن رسوب هستند، به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۵۳ و ۵ تن و تلفات NPK مجموعاً ۵/۵۸ تن در دوره زمانی مورد مطالعه است. اگر کودهای شیمیایی سوپر فسفات تریپل، اوره و سولفات پتاسیم به ترتیب حاوی ۴۶، ۴۶ و ۴۲ درصد فسفر، نیتروژن و پتاسیم خالص باشند، حداقل میزان کودهای شیمیایی از دست رفته از خاک و نهشته شده در رسوبات پشت بندهای اصلاحی معادل اعداد ارائه شده در جدول ۴ است.

جدول (۴): حداقل میزان کود شیمیایی نهشته شده در رسوبات پشت بندهای اصلاحی

انواع کود	حداقل کود شیمیایی از دست رفته (kg)	معادل کیسه ۵۰ کیلوگرمی	قیمت (هزار ریال)
کود اوره	۷۷/۹	۱/۵۶	۲۳۳۷
کود سوپر فسفات	۱۱۷۳/۸	۲۳/۴۸	۱۲۹۱۱۸/۹۹
کود سولفات پتاسیم	۱۱۹۱۱/۶	۲۳۸/۲۳	۱۴۸۸۹۵۰
مجموع کودهای شیمیایی لازم برای احیاء خاک	۱۳۱۶۳/۳	۲۶۳/۲۷	۱۶۲۰۴۰۵/۹۹

با توجه به اعداد در جدول ۴، چنانچه قیمت یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل، اوره و سولفات پتاسیم به ترتیب ۵۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۶۲۵۰ هزار ریال باشد (نرخ دولتی، سال ۱۴۰۲)، میزان هزینه مستقیم فرسایش خاک در حوزه آبخیز نهضت آباد معادل ۱۶۲۰۴۱۷۵۰۰ ریال است.

میزان فرسایش (SY) در هر یک از زیرحوضه‌های بالادست بندهای اصلاحی

جدول ۵ حجم رسوب ته‌نشست شده در پشت هر یک از بندهای اصلاحی و بر این اساس میزان فرسایش خاک در زیرحوضه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول (۵): حجم رسوب ته‌نشست شده در پشت هر یک از بندهای اصلاحی و میزان فرسایش در زیر حوضه هر بند (وزن مخصوص رسوبات ۱/۷ تن بر متر مکعب)

میزان فرسایش (t/ha/y)	مساحت زیر حوضه بندهای اصلاحی (ha)	حجم رسوب (m ³)	سال اجرا	نام بند اصلاحی
۰/۱۴	۱۶/۴	۲/۸۳	۱۳۹۸	Ch8
۰/۰۴۴	۶۷/۵۵	۳/۵۴	۱۳۹۸	Ch23
۰/۰۰۲	۳۰۲۷	۲۰/۹	۱۳۹۶	Ch31
۱/۰۸	۱۰/۲۴	۲۶/۱۳	۱۳۹۶	Ch6
۰/۰۵۸	۱۷۲/۵۴	۲۳/۹۲	۱۳۹۶	Ch7
۰/۰۱۳	۹۴/۷	۳	۱۳۹۶	Ch34
۰/۰۰۱	۴۰۰۶	۱۸	۱۳۹۶	Ch36
۰/۰۴۳	۸۸۸	۶۸/۷۵	۱۳۹۷	Ch21
۰/۰۷۱	۲۹۶	۳۷/۳۳	۱۳۹۷	Ch22
۰/۰۱۴	۴۳۷	۱۱/۲	۱۳۹۷	Ch24
۰/۰۱۹	۱۹۸/۶۳	۷	۱۳۹۷	Ch25
۰/۱۳۵				Mean
۱/۰۸				Max
۰/۰۰۱				Min

سال در بند شماره Ch36 تا ۱/۰۸ تن در هکتار در سال در بند شماره Ch6 متغیر است.

تلفات عناصر مغذی N، P و K در اثر فرسایش خاک

در جدول ۶، تلفات عناصر مغذی N، P و K در اثر فرسایش خاک نشان داده شده است.

جدول (۶): تلفات عناصر مغذی N، P و K در اثر فرسایش خاک

تلفات پتاسیم (g/ha/y)	تلفات فسفر (g/ha/y)	تلفات نیتروژن (g/ha/y)	میزان فرسایش خاک (kg/ha/y)	میزان فرسایش خاک (t/ha/y)	مساحت زیر حوضه بندهای اصلاحی (ha)	حجم رسوب (m ³)	سال اجرا	نام بند اصلاحی
۱۶۸۰	۱۶۸/۸۴	۱۸/۲	۱۴۰	۰/۱۴	۱۶/۴	۲/۸۳	۱۳۹۸	Ch8
۴۸۴	۳۹/۴۲	۳/۹۶	۴۴	۰/۰۴۴	۶۷/۵۵	۳/۵۴	۱۳۹۸	Ch23
۱۶	۳/۵۶	۰/۲۲	۲	۰/۰۰۲	۳۰۲۷	۲۰/۹	۱۳۹۶	Ch31
۱۵۱۲۰	۱۱۹۰/۱۶	۱۱۸/۸	۱۰۸۰	۱/۰۸	۱۰/۲۴	۲۶/۱۳	۱۳۹۶	Ch6
۷۷۷/۲	۶۱/۹۴	۷/۵۴	۵۸	۰/۰۵۸	۱۷۲/۵۴	۲۳/۹۲	۱۳۹۶	Ch7
۲۴۷	۱۳/۶۵	۱/۱۷	۱۳	۰/۰۱۳	۹۴/۷	۳	۱۳۹۶	Ch34
۱۲	۳/۷۳	۰/۰۱	۱	۰/۰۰۱	۴۰۰۶	۱۸	۱۳۹۶	Ch36
۶۰۲	۴۷/۴۳	۳/۸۷	۴۳	۰/۰۴۳	۸۸۸	۶۸/۷۵	۱۳۹۷	Ch21
۸۴۴/۹	۸۵/۵۶	۷/۱	۷۱	۰/۰۷۱	۲۹۶	۳۷/۳۳	۱۳۹۷	Ch22
۲۳۸	۲۲/۴۴	۱/۵۴	۱۴	۰/۰۱۴	۴۳۷	۱۱/۲	۱۳۹۷	Ch24
۳۹۷/۱	۲۸/۴۴	۱/۳۳	۱۹	۰/۰۱۹	۱۹۸/۶۳	۷	۱۳۹۷	Ch25

بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول ۶، آماره‌های میانگین (Mean)، حداکثر (Max) و حداقل (Min) تلفات نیتروژن، فسفر و پتاسیم محاسبه شده است (جدول ۷). بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول ۷، مجموع هزینه مستقیم تلفات فرسایش خاک در حالت میانگین، حداکثر و حداقل تلفات NPK، به ترتیب ۵۳۲۸۴۱۳/۴، ۲۶۶۹۳۳۹۶/۷۷ و ۵۲۴۶۳/۸۳ هزار ریال است.

جدول (۷): آماره‌های میانگین (Mean)، حداکثر (Max) و حداقل (Min) تلفات نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اثر فرسایش خاک

عناصر مغذی	آماره	تلفات (گرم در هکتار در سال)	کل تلفات خالص (کیلوگرم)	هزینه مستقیم فرسایش (تومان)
N	Mean	۱۴/۸۹	۸۲/۹۳	۵۴۰۸۹۵/۴۰
	Max	۱۱۸/۸	۶۶۱/۷۱	۴۳۱۵۵۳۹
	Min	۰/۰۱	۰/۰۵	۳۶۳/۲۶
P	Mean	۱۵۱/۳۸	۸۴۳/۱۸	۲۰۱۶۳۱۵۸
	Max	۱۱۹۰/۱۶	۶۶۲۹/۱۹	۱۵۸۵۲۴۱۳۵
	Min	۳/۵۶	۱۹/۸۲	۴۷۴۱۷۶/۵
K	Mean	۱۸۵۶/۲	۱۰۳۳۹/۰۳	۳۰۷۷۰۹۳۴۵/۲۰
	Max	۱۵۱۲۰	۸۴۲۱۸/۴	۲۵۰۶۵۰۰۰۰
	Min	۱۲	۶۶/۸۴	۱۹۸۹۲۸۵/۷۱

نتیجه گیری

خاک یکی از منابع اساسی نیمه تجدیدپذیر به شمار می‌آید که بیش از ۹۷ درصد نیازهای غذایی جهان را برآورده می‌سازد. عمده مطالعات در ایران از جنبه فنی و تکنولوژیکی به پدیده فرسایش خاک نگریسته‌اند و موضوعاتی از قبیل میزان فرسایش خاک، اندازه‌گیری و برآورد آن، انواع فرسایش خاک و عوامل مؤثر بر آن را بررسی کرده‌اند، در صورتی که آثار و پیامدهای فرسایش خاک جنبه مهم‌تر و کاربردی‌تر آن هستند. فرسایش خاک با تخریب و کاهش عمق خاک باعث افت حاصلخیزی اراضی می‌گردد. افت کیفیت خاک در اثر فرسایش نه تنها تأثیر نامطلوبی در عملکرد محصول دارد، بلکه در بلندمدت میزان تولید را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (Blackshaw and Lindawall, 1995: 96). در اکثر تحقیقات انجام شده در بحث هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم فرسایش خاک اعداد و ارقام متفاوتی برحسب واحد پولی، ارزی و یا در صدی از تولید ناخالص داخلی عمدتاً در مقیاس حوزه آبخیز ارائه شده است. در موضوع هزینه‌های مستقیم فرسایش خاک، عمده مطالعات بر تلفات سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأکید می‌کنند (عاقلی کهنه شهری و صادقی، ۱۳۸۴: ۹۵؛ نور و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۲۲؛ آرمین و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۵). در مطالعه نور و همکاران (۱۳۹۲) میزان هزینه مستقیم فرسایش خاک در یک حوزه آبخیز ۸۴۰۰ هکتاری، ۶۰۳۰۴۷۷۳۳/۵۵ هزار ریال برآورد شده است (نور و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۲۲). در مطالعه دیگری هزینه تلفات نیتروژن، فسفر و پتاسیم ناشی از فرسایش خاک از ۸۰۵ تا ۷۳۵۴ دلار برآورد شده است که به نوعی بیانگر هزینه‌های پنهان (غیرملموس) برای تولید محصولات کشاورزی است (Quansah et al., 2000: 35). با توجه به حجم رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی و تلفات سه عنصر N، P و K و هزینه خرید کود شیمیایی لازم برای حفظ و احیای بهره‌وری خاک، میزان هزینه مستقیم فرسایش خاک در حوزه آبخیز نهضت آباد معادل ۱۶۲۰۴۱/۷۵ هزار ریال است. با محاسبه مقدار فرسایش خاک از طریق حجم رسوبات نهشته شده در پشت بندهای اصلاحی نیز مشخص شد که مجموع هزینه مستقیم تلفات فرسایش خاک در حالت میانگین، حداکثر و حداقل تلفات NPK (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به ترتیب ۵۳۲۸۴۱۳/۳۹، ۲۶۶۹۳۳۹۶/۷۷ و ۵۲۴۶۳/۸۳ هزار ریال است، البته این میزان هزینه براساس فرسایش خاک محاسبه شده ۰/۰۱ تا ۱/۰۸ تن در هکتار در سال در زیرحوضه‌های بالادست بندهای

اصلاحی احداث شده در حوزه آبخیز نهضت آباد است که در مقایسه با میزان فرسایش خاک متوسط کشور ایران که در اکثر منابع علمی حدود ۱۶ تن در هکتار در سال ذکر شده (Mohammadi et al., 2021: 1019) عدد بسیار کمی است. باید با در نظر گرفتن همه اثرات فرسایش، هزینه‌های درون و برون منطقه‌ای فرسایش خاک و تولید رسوب را محاسبه کرد. لازم به ذکر است که فقط عناصر غذایی خاک نیستند که ترکیبات و عناصر ضروری موجود در خاک به شمار می‌روند. خصوصیات دیگری از جمله ساختمان فیزیکی خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک، میزان مواد آلی و ابعاد کمی و کیفی ارگانیسم‌های زنده حاضر در خاک نیز در حاصلخیزی خاک اثرگذار می‌باشند (WRI, 2003). بدیهی است که تبدیل ارزش کارکردهای غیربازاری اکوسیستم‌های طبیعی به پول به سادگی امکان‌پذیر نیست اما این نوع مطالعات می‌توانند مبنایی برای برآورد ارزش اقتصادی حفاظت از حوزه‌های آبخیز باشند و اطلاعاتی مفید در اختیار مدیران برای برنامه‌ریزی آینده قرار دهند.

منابع

- آرمین، محسن؛ دهقانی، محمد (۱۴۰۱، اسفند). اقتصاد فرسایش خاک: یک مطالعه مروری. هفدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه جیرفت. جیرفت. ایران.
- آرمین، محسن؛ رجبی، محمدرسلول؛ برزگری بنادکویی، فاطمه (۱۳۹۷). برآورد تلفات حاصلخیزی خاک با استفاده از ریبوات نهشته شده در بندهای اصلاحی (مطالعه موردی: سراب حوزه آبخیز صفارود شهرستان رامسر). مرتع و آبخیزداری، منابع طبیعی ایران. ۷۱ (۱)، ۴۴-۲۵.
- سکوتی اسکویی، رضا؛ بشارتی، حسین (۱۴۰۱). مروری بر ارزش‌گذاری اقتصادی خاک. مدیریت اراضی. ۱۰ (۱)، ۱۶-۱.
- ضیایی جزی، دلارام؛ زارع بیدکی، رفعت (۱۳۹۸). تعیین خسارت اقتصادی ناشی از فرسایش خاک در کاربری‌های مختلف اراضی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت آباد، استان چهارمحال و بختیاری). مرتع و آبخیزداری، منابع طبیعی ایران. ۷۲ (۱)، ۱۶۵-۱۵۱.
- عاقلی کهنه شهری، لطفعلی؛ صادقی، حسین (۱۳۸۴). برآورد آثار اقتصادی فرسایش خاک در ایران. پژوهش‌های اقتصادی. ۵ (۱۵)، ۸۴-۱۰۰.
- عرب خدری، محمود (۱۳۹۳). مروری بر عوامل مؤثر بر فرسایش آبی خاک در ایران. مدیریت اراضی. ۲ (۱)، ۲۶-۱۷.
- نور، فاطمه و دیگران (۱۳۹۲). برآورد تلفات اقتصادی فرسایش خاک مراتع با استفاده از روش جایگزینی مواد غذایی (NRCM). تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۲ (۳)، ۵۳۰-۵۲۲.

Blackshaw, R.E. & Lindwall, C.W. (1995). Management system conservation fallow on the southern Canadian prairies. *Journal of Soil science*, 75, 93-99.

Cruz, W.; Francisco, H.A. & Conway, Z.T. (1988). The on-site and downstream costs of Erosion in the Magat and Pantabangan Watershed. *Journal of Philippines Development*. XV (26), 85-111.

Hernandez Laguna, E.; Martinez Lioris, M. & Romero Diaz, A. (2004). Determination del volumen de sedimentos retenidos en diques de correccion hidrologica. *Riesgos Naturalesy Antropics en Geomorfologica: ESG y CSIC*. Bento G. D, Herrero A. (Eds.). 201-210.

<https://www.tasnimnews.com/fa/news/1402/05/03/2930858>.

Khaledi Darvishan, A. et al (2019). Assessment of soil erosion, sediment yield and maximum outflow, using IntErO model (case study: S8-Inta Shirindarreh Watershed, Iran). *Agricultural and Forest Meteorology*. 65 (4), 203-210. doi:10.17707/agricultforest.65.4.18.

Mohammadi, S.H. et al (2021). Country-scale spatio-temporal monitoring of soil erosion in Iran using the G2 model. *International Journal of Digital Earth*. 14 (8), 1019-1039.

Morgan, R.P.C. (1995). *Soil Erosion and Conservation*. UK: Longman Ltd.

Mosaffaie, J. & Salehpour Jam, A. (2018). Economic assessment of the investment in soil and water conservation projects of watershed management. *Arabian Journal of Geosciences*. 11 (368), 1-10. DOI:10.1007/s12517-018-3706-0.

Quansah, C. et al (2000). Soil fertility erosion and the associated cost of NPK removed under different soil and residue management in Ghana. *Ghana Journal of Agricultural Science*. 33 (1), 33-42.

Romero Diaz, A.; Martinez Lioris, M. & Belmonte Serrato, F. (2004). The construction of check dams of hydrological correction as policy to retain the erosion and to avoid the silting up of dams in the Segura basin (Spain). Faz A, Ortiz R, García G. (Eds.). *Fourth International Conference on Land Degradation*. Hauppauge, New York.

Rosas, M.A. & Gutierrez, R.R. (2019). Assessing soil erosion risk at national scale in developing countries: The technical challenges, A proposed methodology, and a Case History. *Science of the Total Environment*. 703, 135474. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135474

Sadeghi, S.H.R. (2009). An overview on sediment problems and management in Iran. *Sediment Problems and Sediment Management in Asian River Basins*. In Proceedings of the ICCE Workshop, Hyderabad, India, Sep. 349, 14–20. <https://www.researchgate.net/publication/288116328>.

Shi, P. & Schulin, R. (2018). Erosion-induced losses of carbon, nitrogen, phosphorus and heavy metals from agricultural soils of contrasting organic matter management. *Science of the Total Environment*. 618, 210–218.

Sulaeman, D., & Westhoff, T. (2020). The Causes and Effects of Soil Erosion, and How to Prevent It. *World Resources Institute*. 4 p.

WRI, Ecosystems & Human Well-being (2003). *A Report of the Conceptual Framework Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment*, Island Press.

نحوه ارجاع به مقاله:

قربان‌نیا، وجیهه؛ آرمین، محسن (۱۴۰۳)، تجزیه و تحلیل اقتصادی فرسایش خاک در حوزه آبخیز نهضت آباد در شهرستان کهگیلویه، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۳ (۵۰)، ۳۶–۲۴. Doi: 10.71740/ges.2024.979190

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی