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 Armin[2]

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 – acsses 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.

Doi: 10.71740/ges.2024.979190

مقاله پژوهشی

تجزیه و تحلیل اقتصادی فرسایش خاک در حوزه آبخیز نهضت‌آباد در شهرستان کهگیلویه

وجیهه قربان‌نیا[1*]، محسن آرمین[2]

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 نهضت‌آباد 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 نهضت‌آباد نهشته شده است که این رسوبات به ترتیب حاوی ۰/۰۳، ۰/۵۳ 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 نهضت‌آباد 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 ۰/۰۰۱ تا ۱/۰۸ تن در هکتار در سال در حوضه‌های بالادست بندهای اصلاحی احداث شده در حوزه آبخیز نهضت‌آباد 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 ارزش‌ترین سرمایه‌های هر کشوری محسوب می شوند. در واقع خاک از اصلی‌ترین منابع طبیعی و نهاده اصلی در تولید محصولات کشاورزی است که می‌تواند 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 می‌کند. خاک یک منبع طبیعی تخریب‌پذیر ولی شکننده است که برای تشکیل به هزاران سال نیاز دارد (Sulaeman and Westhoff, 2020: 3).

فرسایش خاک به‌عنوان یکی از مشکلات جدی منابع طبیعی و مهم‌ترین عامل تهدید کننده خاک زارعی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، از طریق هدرفت فیزیکی خاک، کاهش عمق ریشه‌دوانی، 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 می‌یابد. این کاهش، موجب کم شدن مواد آلی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و سایر عناصری می‌شود که برای رشد محصولات زراعی ضروری هستند (کلسیم، منیزیم و غیره).

فرسایش خاک هر محل از یک سو، تحت تأثیر ویژگی‌های طبیعی قرار دارد و از سوی دیگر از فعالیت‌های انسان تأثیر می‌پذیرد (عاقلی کهنه شهری و صادقی، ۱۳۸۴: ۹۵). نظام بارشی مدیترانه‌ای و فرسایندگی زیاد آب، وسعت زیاد خاک‌ها و سازندهای حساس به فرسایش، پوشش گیاهی طبیعی تنک در بسیاری از مناطق کشور و شرایط ناهمواری‌ها شماری از عوامل طبیعی مهم مؤثر بر فرسایش خاک در ایران هستند (عرب خدری، ۱۳۹۲: ۱۸). فرسایش خاک با فعالیت‌های 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 مطالعه‌ای مهم‌ترین عوامل بوجود آورنده فرسایش خاک در ایران را آسیب‌پذیری خاک‌ها، تغییر کاربری اراضی، توسعه غیرضروری و نامناسب زیرساخت‌ها و بهره‌برداری 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 قهقرایی محیط زیست، از تعادل خارج شدن زیست‌بوم، تهدید امنیت غذایی و حتی استقلال کشور منجر می شود (عرب خدری، ۱۳۹۲: ۱۸). نیک کامی (۱۴۰۲) بیان می‌کند 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 هم‌چنین 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 می‌کنند 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 مکان‌های جذب این ذرات، جابجایی آنها می‌تواند با انتقال مقدار قابل توجهی از مواد مغذی خاک و در نتیجه کاهش حاصل‌خیزی خاک همراه باشد.

اثرات فرسایش خاک شامل اثرات مستقیم[1] و اثرات غیرمستقیم[2] 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 بهره‌وری خاک منجر می شود. فرسایش، رطوبت خاک در دسترس را پایین آورده و به شرایط مستعد

1. On-Site
2. Off-Site

خ شکی منجر می شود. برآیند این کار، کاهش بهره‌وری ا ست که به افزایش م صرف کودهای شیمیایی و تغییر ویژگی طبیعی خاک منجر می شود (Morgan, 1995: 63). اثرات غیر م ستقیم -که از عملیات ر سوب‌گذاری یا وزش باد بوجود می‌آیند- ظرفیت رودخانه‌ها و م سیرهای زهک شی را کاهش، خطر طغیان روخانه‌ها را افزایش، کانال‌های آبیاری را مبندود می کنند و عمر مفید مخازن بندها را کاهش می‌دهند. بسیاری از پروژه‌های برق آبی و آبیاری در اثر فرسایش نابود شده‌اند.

برای برآورد هزینه‌های م ستقیم فر سایش خاک از نظر اقتصادی از دو روش کلی هزینه جایگزینی مواد مغذی[1] (NRCM) که به هزینه تخلیه مواد مغذی هم معروف ا ست و به دنبال احیای خاک فر سایش یافته به سطح قبل از فر سایش ا ست و هم‌چنین روش ارزش کاهش بهره‌وری[2] (VLPM) یا روش افت تولیدات زراعی ا ست که کاهش تولیدات زراعی را در اثر فر سایش به قیمت بازار اندازه‌گیری می کند، ا ستفاده می شود (عاقلی کهنه شهری و صادقی، ۱۳۸۴: ۹۵). ضیایی جزی و زارع بیدکی (۱۳۹۸) خ سارت اقت صادی م ستقیم نا شی از فر سایش خاک را در کاربری‌های مختلف ارا ضی در حوزه آبخیز بهـ شت‌آباد در ا ستان چهارمحال بختیاری با ا ستفاده از روش جایگزینی عناصر ا صلی حاصل‌خیزی خاک با کود شیمیایی تعیین کردند. در این مطالعه، هم‌چنین خسارت غیرمستقیم فرسایش خاک بر اساس هزینه مصرف شده برای احداث بندهای اصلاحی[3] به علاوه خسارت ناشی از ر سوب‌گذاری در پشت بندهای مخزنی برآورد شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان خسارت اقتصادی نا شی از فر سایش 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 ا ست (ضیایی جزی و زارع بیدکی، ۱۳۹۸: ۱۵۱). نور و همکاران (۱۳۹۲) تلفات اقت صادی فر سایش خاک مراتع حوزه آبخیز آبـ سرخ را با ا ستفاده از روش جایگزینی مواد غذایی برای سه عن صر ا صلی خاک (نیتروژن، فسفر و پتا سیم) برآورد کردند. نتایج نشان داد که هزینه فر سایش خاک م ستقیم حو ضه، ۶۰۳۰۴۷۷۳۳/۵۵ هزار ریال بوده ا ست (نور و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۲۲). سکوتی ا سکویی و بـ شارتی (۱۴۰۱) با مروری بر ارزش‌گذاری اقت صادی خاک بیان کردند که در بی شتر موارد از روش‌های هزینه مبنا شامل برآورد هزینه جایگزینی، هزینه فر صت از د ست رفته و هزینه خ سارت اجتناب شده و هزینه جانشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند (سکویی اسکوتی و بشارتی، ۱۴۰۱: ۱).

Cruz و همکاران (۱۹۹۸) در دو حوزه آبخیز در فیلیپین پس از تخمین میزان فر سایش خاک از روش معادله جهانی فر سایش خاک ا صلاح شده[4] (MUSLE)، هزینه م ستقیم فر سایش 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 اقت صادی پروژه‌های حفاظت آب و خاک آبخیزداری، میزان فر سایش 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 د ست می‌روند، در حالی که از د ست رفتن فـ سفر بی شتر 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 د ست رفته را بد ست آورد. هر ساله مقدار

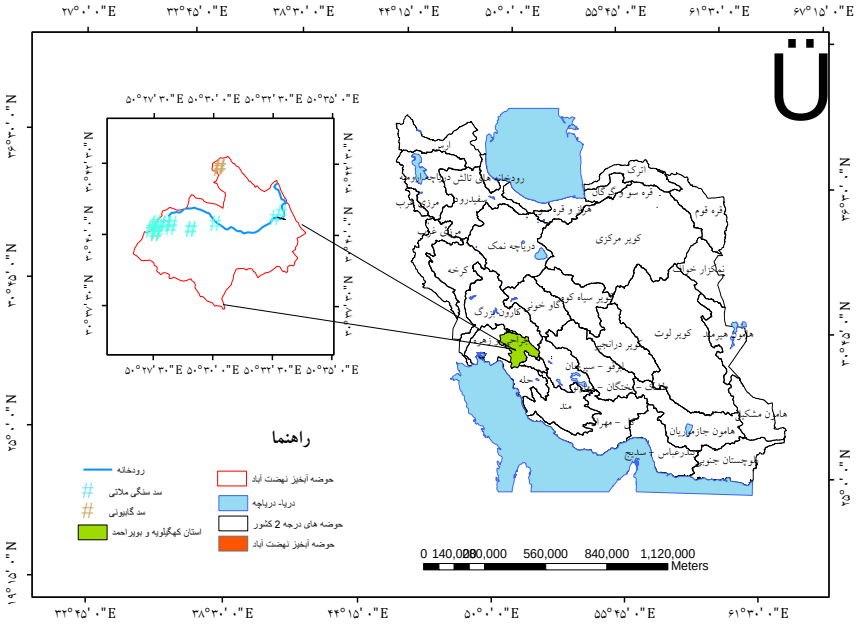
1. Nutrient Replacement Cost Method
2. Value of Loss of Productivity Method
3. Check dam
4. Modified Universal Soil Loss Equation

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 برآوردی 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 نهضت‌آباد 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 نهضت‌آباد را در استان کهگیلویه و بویراحمد نشان می‌دهد.

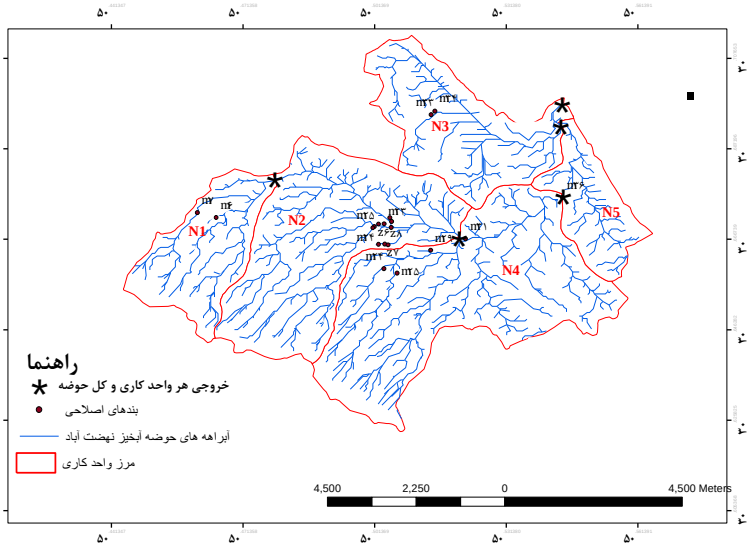


شکل (۱): موقعیت حوضه نهضت‌آباد در استان کهگیلویه و بویراحمد و ایران

بندهای اصلاحی ساخته شده در حوضه نهضت‌آباد

با توجه به شرایط بحرانی حوضه نهضت‌آباد 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 سانتی‌متری 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 یک 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 زیرحوضه‌ها (واحدهای هیدورلوژیکی)

برای محاسبه حجم رسوبات و میزان فرسایش، ابعاد هر بند اصلاحی، ارتفاع رسوبات و مساحت گوه رسوب‌گذاری اندازه‌گیری 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 ذوزنقه‌ای شکل ا ست (Hernandez Laguna et al., 2004: 209; Romero Diaz et al., 2007) و فرمول محاسبه آن به شرح زیر است:

$$V = {}^{1}/_{3} * B * H$$ 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 رسوب‌گذاری آنها با شکل توصیف 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 می‌شود. چگالی ظاهری رسوبات (t/m^3) در حجم رسوبات (m^3) ضرب شد، وزن رسوبات بر حسب تن به دست آمد:

$$t = \rho * V$$ 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:

$$SY = {}^{\left(\frac{t}{A}\right)}/_{T}$$ 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 نهضت‌آباد

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 (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) با استفاده از روش‌های معمول اندازه‌گیری 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 همکارن.، 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) به‌ترتیب 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 می شود، 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 به‌ترتیب 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 ر سوب ه ستند، به‌ترتیب ۰/۰۳، ۰/۵۳ و ۵ تن و تلفات NPK مجموعاً ۵/۵۸ تن در دوره زمانی مورد مطالعه ا ست. اگر کودهای شیمیایی سوپر فسفات تریپل، اوره و سولفات پتاسیم به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۵۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۶۲۵۰ هزار ریال با شد (نرخ دولتی، سال ۱۴۰۲)، میزان هزینه م ستقیم فر سایش خاک در حوزه آبخیز نهضت‌آباد 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 زیرحوضه هر بند (وزن مخصوص رسوبات ۱/۷ تن بر متر مکعب)

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

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

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

بر ا ساس 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، به‌ترتیب 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	۲۵۰۶۵۰۰۰۰۰
	Min	۱۲	۶۶/۸۴	۱۹۸۹۲۸۵/۷۱

نتیجه‌گیری

خاک یکی از منابع اساسی نیمه‌تجدیدپذیر 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 فر سایش خاک نگریسته‌اند و مو ضوعاتی از قبیل میزان فر سایش 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 ه ستند. فر سایش خاک با تخریب و کاهش عمق خاک باعث افت حا صل‌خیزی ارا ضی می‌گردد. افت کیفیت خاک در اثر فر سایش نه تنها تأثیر نامطلوبی در عمکرد محصول دارد، بلکه در یلند مدت میزان تولید را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (Blackshaw and Lindawall, 1995: 96). در اکثر تحقیقات انجام شده در بحث هزینه‌های م ستقیم و غیرم ستقیم فر سایش خاک اعداد و ارقام متفاوتی بر ح سب 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 نیتزوژن، ف سفر و پتا سیم تأکید می‌کنند (عاقلی کهنه شهری و صادقی، ۱۳۸۴: ۹۵؛ نور و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۲۲؛ آرمین و همکارن.، 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 ا ست (نور و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۲۲). در مطالعه دیگری هزینه تلفات نیتروژن، ف سفر و پتا سیم نا شی از فر سایش خاک از ۸۰۵ تا ۷۳۵۴ دلار برآورد شده ا ست 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 نهضت‌آباد معادل ۱۶۲۰۴۱/۷۵ هزار ریال ا ست. با محا سبه مقدار فر سایش خاک از طریق حجم ر سوبات 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 پتا سیم) به‌ترتیب ۵۳۲۸۴۱۳/۳۹، ۲۶۶۹۳۳۹۶/۷۷ و ۵۲۴۶۳/۸۳ هزارریال ا ست، البته این میزان هزینه بر ا ساس فر سایش خاک محا سبه شده ۰/۰۰۱ تا ۱/۰۸ تن در هکتار در سال در زیرحو ضه‌های بالاد ست بندهای

اصلاحی احداث شده در حوزه آبخیز نهضت‌آباد 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، محمدرسول؛ برزگری بنادکوکی، فاطمه (۱۳۹۷). برآورد تلفات حاصلخیزی خاک با استفاده از ریوبات 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 بهشت‌آباد، 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)، ۱۰۰-۸۴.

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. & Lindawall, 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, NewYork.

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 نهضت‌آباد 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 – acsses 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.