



Economic Valuation of the Role of Rangeland Ecosystems in Soil Nutrient Conservation

Farshad Keivan Behjou^a

^aProfessor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding author: farshad.keivan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5581-8270>

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Soil is one of the most important components of rangeland ecosystems, serving as the primary medium that supports the survival and growth of rangeland vegetation. Maintaining soil quality and its nutrient content plays a fundamental role in sustaining productivity, enhancing biodiversity, and preserving ecosystem services. Improper grazing management and overgrazing reduce soil fertility, accelerate soil erosion, and ultimately decrease the productive capacity of rangelands. Despite considerable research, significant challenges remain in quantifying the economic impacts of grazing intensity and understanding its consequences for rangeland ecosystems. This study aimed to economically evaluate the role of rangeland ecosystems in conserving key soil nutrients, with a particular emphasis on nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), in the Moghan region. For this purpose, two rangelands with contrasting management conditions (well-managed and poorly managed) were selected. Using the transect sampling method, 30 soil samples were collected from each rangeland and transferred to the laboratory for the determination of N, P, and K concentrations. The annual soil erosion rate of the study area was estimated at $14.7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, while the total rangeland area was calculated to be 115,000 ha. Statistical analyses included an independent t-test to compare soil nutrient concentrations between the two rangelands and logistic regression to estimate the probability of rangeland degradation. Finally, the economic value of the conserved soil nutrients was estimated using the replacement cost method. The results indicated that the rangeland capital value regarding soil nutrients conservation was estimated 449190000 Iranian Rials per hectare. These findings highlight the critical importance of sustainable rangeland management in reducing the loss of natural capital, maintaining soil fertility, and minimizing the economic costs associated with rangeland degradation. The results can provide valuable scientific evidence for policymakers and land managers in developing effective strategies for the conservation and sustainable utilization of rangeland ecosystems.
Article history: Received: 2026/05/04 Received in revised form: 2026/05/14 Accepted: 2026/06/09 Available online: 2026/06/15	
Keywords: Economic valuation, Rangeland ecosystem, Replacement cost method.	

Introduction

Rangeland ecosystems are among the most valuable terrestrial ecosystems, providing a wide range of ecological, economic, and social services. Beyond supporting livestock production, they play a fundamental role in maintaining biodiversity, regulating hydrological processes, preventing soil erosion, storing carbon, and sustaining rural livelihoods. Among the various components of rangeland ecosystems, soil represents the primary natural capital that determines ecosystem productivity and resilience. Healthy soils provide essential nutrients, water, and physical support for vegetation while simultaneously regulating numerous biogeochemical processes that maintain ecosystem stability. Consequently, any deterioration in soil quality directly threatens the sustainability of rangeland ecosystems and reduces their capacity to deliver ecosystem services. In many arid and semi-arid regions, inappropriate grazing practices and poor rangeland management have accelerated soil degradation. Excessive grazing intensity reduces vegetation cover, weakens root systems, exposes the soil surface to erosive forces, and increases nutrient losses through both water and wind erosion. These processes lead to a gradual decline in soil fertility, diminished forage production, and increased restoration costs. Although the ecological impacts of rangeland degradation have been extensively documented, the economic consequences associated with the loss of soil nutrients have received comparatively less attention. Assigning an economic value to ecosystem functions provides a practical framework for integrating environmental considerations into natural resource management and policy-making.

One of the most effective approaches for valuing ecosystem services is the Replacement Cost Method, which estimates the monetary value of ecosystem functions based on the cost required to replace lost natural resources or ecosystem services through artificial means. In the context of rangelands, this approach enables researchers to quantify the economic losses resulting from the depletion of essential soil nutrients such as nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K). These nutrients are indispensable for plant growth, primary productivity, nutrient cycling, and maintaining soil fertility. Their depletion not only reduces agricultural and rangeland productivity but also increases dependence on costly chemical fertilizers.

The Moghan Plain, located in northwestern Iran, represents one of the country's most important rangeland regions. However, increasing grazing pressure and land-use changes have raised concerns regarding soil degradation and nutrient depletion. Therefore, this study was conducted to evaluate the economic value of soil nutrient conservation provided by rangeland ecosystems under different management conditions. Specifically, the study aimed to compare nutrient concentrations between well-managed and poorly managed rangelands, estimate the probability of rangeland degradation using logistic regression, and quantify the economic value of conserved soil nutrients through the replacement cost method. The findings are expected to provide scientific evidence supporting sustainable rangeland management and informed environmental decision-making.

Method

This study was conducted to evaluate the economic value of soil nutrient conservation as an ecosystem service provided by rangelands in the Moghan region. Two rangeland sites with contrasting grazing management conditions were selected, including a well-managed rangeland and a poorly managed (degraded) rangeland. Soil sampling was performed using the transect method, and 30 soil samples were collected from each site, resulting in a total of 60 samples. The collected samples were transferred to the laboratory for the determination of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) concentrations using standard analytical procedures. The annual soil erosion rate in the study area was estimated at $14.7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, and the total rangeland area was considered to be approximately 115,000 ha. Statistical analyses included an independent samples t-test to compare soil nutrient concentrations between the two rangelands.

and logistic regression analysis to estimate the probability of rangeland degradation under different management conditions. The replacement cost method was subsequently applied to estimate the economic value of soil nutrients conserved by the rangeland ecosystem based on the costs of replacing nutrients lost through soil erosion with commercial fertilizers.

Results

The findings revealed significant differences in soil nutrient concentrations between the two rangelands, indicating that grazing management strongly influenced soil fertility. The well-managed rangeland maintained higher concentrations of nitrogen, phosphorus, and potassium than the poorly managed site, reflecting its greater capacity to conserve soil nutrients and resist degradation. Logistic regression analysis further confirmed that poor grazing management substantially increased the probability of rangeland degradation. Based on the estimated annual soil erosion rate and the nutrient concentrations measured in the soil samples, considerable quantities of nitrogen, phosphorus, and potassium were estimated to be lost each year through erosion processes. Economic valuation using the replacement cost approach showed that the total annual value of these lost soil nutrients across the study area was approximately 449190000 Iranian Rials, demonstrating the substantial economic costs associated with declining soil fertility and ecosystem degradation. The comparison between the two management systems also demonstrated that maintaining adequate vegetation cover plays a fundamental role in protecting soil resources against erosion and nutrient depletion. Higher vegetation density in the well-managed rangeland improved soil stability, reduced runoff, and enhanced the retention of essential nutrients within the ecosystem. In contrast, reduced plant cover in the degraded rangeland increased soil exposure to erosive forces, resulting in greater nutrient losses and lower soil fertility. These findings reinforce the ecological importance of sustainable grazing practices as an effective measure for maintaining soil quality and supporting long-term ecosystem productivity. Furthermore, expressing nutrient losses in economic terms makes the consequences of land degradation more tangible and facilitates comparisons between the costs of preventive management and those of ecosystem restoration.

Conclusions

The results demonstrate that sustainable grazing management plays a critical role in maintaining soil fertility, conserving essential nutrients, and reducing the economic losses associated with soil erosion. The considerable monetary value assigned to conserved soil nutrients highlights the importance of recognizing soil fertility conservation as a valuable ecosystem service. Integrating ecological assessments with economic valuation provides a practical framework for quantifying the hidden costs of rangeland degradation and supports evidence-based decision-making. The findings suggest that implementing appropriate grazing management practices, including controlled stocking rates and restoration measures, can significantly reduce nutrient depletion, preserve natural capital, and improve the long-term sustainability of rangeland ecosystems. These results provide valuable scientific evidence for policymakers and land managers to develop effective conservation strategies that simultaneously enhance ecological resilience and economic efficiency. From a broader perspective, this study highlights the importance of incorporating ecosystem service valuation into rangeland management and land-use planning. Economic valuation supports evidence-based decision-making by demonstrating the long-term environmental and economic benefits of sustainable management. Future research should integrate additional ecosystem services to provide a more comprehensive basis for conservation planning and sustainable natural resource management.



ارزش گذاری اقتصادی نقش اکوسیستم های مرتعی در حفظ عناصر غذایی خاک

فرشاد کیوان بهجو^{a*}

^aاستاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* نویسنده مسئول: farshad.keivan@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	از اجزای مهم تشکیل دهنده اکوسیستم های مرتعی، خاک است که منبع زنده ماننی برای گیاهان مرتعی می باشد. حفظ کیفیت خاک و عناصر غذایی آن، نقش اساسی در پایداری تولید، افزایش تنوع زیستی و تداوم خدمات اکوسیستمی مراتع دارد. بهره برداری نامناسب و چرای بی رویه موجب کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش فرسایش و در نهایت افت توان تولیدی مراتع می شود. برای تقویم اقتصادی شدت استفاده از مراتع و درک اثرات منفی آن بر روی اکوسیستم های مرتعی نقص های زیادی وجود دارد. این پژوهش با هدف تحلیل اقتصادی ارزش وجودی اکوسیستم مرتع بر نگهداشت برخی عناصر غذایی مهم خاک در منطقه مغان از استان اردبیل انجام شد. بدین منظور ابتدا دو منطقه مرتعی انتخاب (با مدیریت مناسب و با مدیریت بد) و با روش خط نمونه، ۳۰ نمونه خاک برای هر مرتع از منطقه نمونه برداری شد و به آزمایشگاه جهت اندازه گیری مقادیر P ، N و K منتقل گردید. مقدار فرسایش منطقه $14/7$ تن بر هکتار در سال و همچنین مساحت مراتع منطقه 115 هزار هکتار به دست آمد. تحلیل آماری برای مقایسه مقادیر عناصر غذایی مورد نظر در دو مرتع با روش آزمون t و آنالیز رگرسیون لجستیک برای تعیین تابع احتمال آسیب به مرتع اجرا شد. از روش هزینه جایگزینی برای برآورد ارزش سرمایه ای اکوسیستم مرتع بر اساس ارزش خدمت اکوسیستمی حفظ عناصر غذایی خاک استفاده شد. نتایج نشان داد ارزش سرمایه ای مرتع از محل حفظ عناصر غذایی خاک به ازای هر هکتار برابر با 449190 هزار ریال است. این یافته ها بیانگر اهمیت مدیریت اصولی مراتع در کاهش اتلاف سرمایه های طبیعی، حفظ حاصلخیزی خاک و کاهش هزینه های اقتصادی ناشی از تخریب اکوسیستم های مرتعی است و می تواند مبنایی برای تصمیم گیری های مدیریتی و سیاست گذاری در حوزه حفاظت و بهره برداری پایدار از مراتع باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵	
کلیدواژه ها: ارزیابی اقتصادی، اکوسیستم مرتع، روش هزینه جایگزینی.	

مقدمه

حفظ حاصل‌خیزی خاک‌ها یکی از کارکردهای مهم اکوسیستم‌های مرتعی است به‌ویژه در مناطق پرشیب کوهستانی به میزان قابل‌توجهی آسیب‌پذیر به نظر می‌رسد. از بین رفتن پوشش گیاهی و در پی آن نابودی منابع خاک از جمله عوامل تهدیدکننده عرصه‌های مرتعی می‌باشد. دخالت نامعقول انسان در اکوسیستم‌های مرتعی موجب به هم خوردن تعادل آن‌ها می‌گردد که حاصل آن کاهش حاصل‌خیزی خاک مرتع و فقر عناصر غذایی می‌باشد. از طرفی اثبات شده است که از کارکردهای مهم غیرعلوفه‌ای پوشش گیاهی مراتع، حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش است (Eskandari et al., 2008). همچنین نتایج پژوهش‌ها ثابت نموده است که کاهش حاصل‌خیزی خاک در اثر فرسایش نه‌تنها میزان تولید را پایین می‌آورد، بلکه کیفیت محصول تولید شده را نیز کاهش می‌دهد. سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، از عناصر بسیار مهم و حیاتی در فرآیند حاصل‌خیزی خاک مراتع محسوب می‌شود. در واقع میزان مواد آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم، از جمله متغیرهایی است که بر میزان تولید علوفه تأثیر بسزایی می‌گذارند (Rastgar et al., 2015). بنابر آمار اعلام‌شده از سوی مسئولان سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، نرخ سالانه فرسایش خاک در کشور حدود ۱۶ تن در هکتار و در کل عرصه‌های کشور بالغ بر ۲ میلیارد تن در سال است. این در حالی است که بر اساس معیارهای جهانی نرخ متعادل سالانه فرسایش خاک باید ۶ تن در هکتار باشد. بنابراین، میزان فرسایش خاک در ایران حدود ۳ برابر متوسط شاخص جهانی است (Jafari et al., 1999).

در سال‌های اخیر، مراتع کشور به دلایل مختلف به‌طور فزاینده در معرض تخریب کمی و کیفی قرار گرفته‌اند تا جایی‌که که اصلاح و احیای مجدد آن‌ها نیاز به زمان زیاد و هزینه هنگفت دارد. در بسیاری از موارد این تخریب بیش از آنکه معلول عوامل طبیعی همچون خشک‌سالی و تغییر شرایط جوی باشد، معلول عملکرد غیرمعمول و غیرعلمی انسان در بهره‌برداری از این منابع است (Mousavi et al., 2014). بررسی منابع و نوشتارهای مربوط به بررسی‌های انجام‌شده در زمینه هدر رفت خاک و مواد مغذی آن، مبین این است که در ایران بیشتر تحقیقات انجام‌شده درباره مقدار فرسایش و میزان جابجایی خاک و مقادیر رسوب‌گذاری بوده‌است. در حالی‌که خسارات فرسایش به خارج شدن خاک از دسترس گیاه و پر شدن مخازن آب محدود نمی‌شود، بلکه هدر رفت و از دسترس خارج شدن عناصر غذایی موجود در خاک موجب کاهش حاصل‌خیزی خاک آن در اثر فرسایش می‌شود که موجب زیان‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از فرسایش به ویژه در دامنه‌های شیب‌دار می‌شود (Ghoddousi, 2007). با در نظر گرفتن لزوم و اهمیت روش‌های محاسبه هزینه‌های ناشی از فرسایش خاک، برخی از مهم‌ترین نتایج پژوهشی بدست‌آمده در جهان و ایران بدین شرح است. اولین بار (Bennett 1933)، در آمریکا هزینه فرسایش خاک را با استفاده از روش هزینه جایگزین برآورد نمود. ایشان به منظور تخمین هزینه‌های فرسایش خاک، هزینه جایگزینی عناصر مغذی خاک را با استفاده از قیمت تجاری کودهای شیمیایی قابل‌جانشین برآورد نمود. در این روش، با برآورد هزینه هر تن هدررفت خاک، مقدار هدر رفت مواد آلی و مغذی خاک مشخص شد. (Andreasen & Skovgaard 2009)، در تحقیقی که در مورد خاک‌های مناطق گرمسیری نیمه‌خشک انجام دادند نشان دادند که فرسایش و از دست رفتن مواد غذایی که به وسیله میزان زیاد رواناب ایجادشده بازدهی محصول را کاهش می‌دهد. (Ahmed 2009)، اثر تغییر درپوشش جنگل بر روی وضعیت خاک را در حوضه کهمیل موردبررسی قراردادند. هدف این مطالعه، کوشش برای نشان دادن وضعیت جنگل‌ها در کشمیر بود که تحت فشارهای خیلی زیاد انسانی قرار داشتند. نتایج نشان می‌دهد که جنگل‌زدایی در اثر فرسایش خاک تشدید شده‌است. همچنین ارزش اقتصادی فرسایش خاک را، براساس خاک فرسایش‌یافته و محتوای عناصر غذایی آن و با توجه به قیمت بازاری این عناصر در دو کاربری کشاورزی و مرتع در شمال شرق ترکیه، مطالعه کردند. ارزش اقتصادی خاک فرسایش یافته در اراضی مرتعی حدود ۵۹/۵۴ دلار در هکتار در سال و همچنین مقادیر هدر رفت N, P, K به ترتیب ۵/۳، ۴/۸۳ و ۴۸/۳۳ دلار در هکتار در سال برآورد شد. (Gulati & Rai 2014)، تخمین هزینه فرسایش خاک و

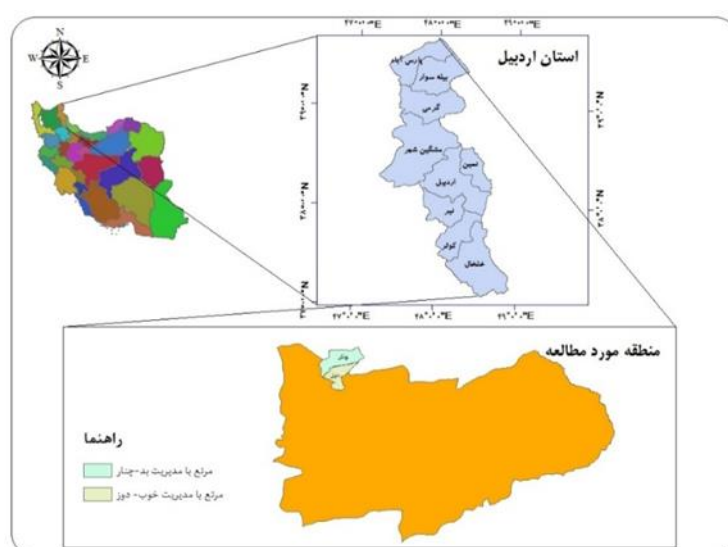
هدررفت مواد مغذی را در حوزه‌ی آبخیز چوتاناکپور در هند انجام دادند. آن‌ها با برآورد ۵۹۰ کیلوگرم هدررفت مواد مغذی خاک از سطح حوزه آبخیز، هزینه هدررفت مواد مغذی خاک (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را ۱۳۷ دلار در هکتار برآورد نمودند. Rife (2010)، به‌منظور تعیین ارزش خدمات اکوسیستمی در ایالت جنوب شرقی الغنی پسنیلوانیا آمریکا، هدررفت خاک را با استفاده از مدل USLE در محیط GIS محاسبه نمود. ایشان هزینه برداشت رسوب را ۱۲۹/۰۲۴ دلار در هکتار در سال برآورد نمودند. Bakhtiari (2007)، در تحقیقی که در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی کارکرد حفظ و نگهداشت عناصر غذایی خاک در جنگل‌های منطقه سبز کوه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ارزش اقتصادی سالانه جنگل در حفاظت از عناصر غذایی N, P, K و جلوگیری از هدر رفت آن‌ها در منطقه موردبررسی، معادل ۹۹۶ هزار ریال در هکتار می‌باشد. Panahi (2015)، با تحقیق در زمینه ارزش جنگل‌های خزری در نگهداشت عناصر غذایی خاک به این نتیجه رسیده‌است که ارزش جنگل‌های موردبررسی از طریق حفاظت خاک و جلوگیری از رخداد فرسایش و در نتیجه هدر رفت عناصر غذایی موجود در خاک سالانه حدود ۹۲/۶ میلیون ریال در هکتار می‌باشد. Noor et al., 2013 تلفات اقتصادی فرسایش خاک در مراتع حوزه آبخیز لرستان را با استفاده از روش جایگزینی مواد غذایی برآورد نمودند. کل میزان فرسایش در منطقه با استفاده از روش MPSIAC، ۱۰۷۵۰۰/۶ تن در سال برآورد نمودند.

Keyvan Behjou et al., 2016، پژوهشی با هدف ارزش‌گذاری اقتصادی عناصر غذایی اصلی و با تاکید بر خاک جنگل‌های منتخب منطقه حفاظت شده شیمبار در استان خوزستان انجام دادند که در آن میزان فرسایش را با روش EPM، تعیین و سپس هدررفت سه عنصر غذایی مهم (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را براساس اختلاف مقادیر عناصر غذایی دو تیمار شاهد و فرسایش‌یافته اندازه‌گیری شد. سپس ارزش پولی نگهداری عناصر غذایی خاک به وسیله پوشش جنگلی، بر اساس روش اقتصادی هزینه جایگزینی محاسبه گردید. نتایج تحقیق نشان داد که در محدوده مورد مطالعه به مساحت ۳۱۱۶ هکتار سالانه حدود ۵/۴۶۸ تن عناصر غذایی NPK در اثر فرسایش خاک از بین می‌رود که به معنای ایجاد هزینه‌ای معادل ۸۸۲۰۲۹۴۵۴۹۱ ریال به محیط زیست می‌باشد.

با توجه به مطالب عنوان‌شده در قسمت مقدمه و پیشینه تحقیق، مبنی بر اینکه مراتع استان اردبیل علاوه بر دامداری از لحاظ زنبورداری و تولید گیاهان دارویی و درکل از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت می‌باشند، لذا ضرورت دارد تحقیقاتی در ارتباط با تحلیل اقتصادی ارزش وجودی اکوسیستم مرتع بر نگهداشت برخی عناصر غذایی مهم خاک در این استان انجام شود تا بتوان برای مدیریت بهتر و بهره‌برداری خوب و پایدار از این اکوسیستم در کنار حفظ آن راهکارهایی را ارائه نمود.

روش‌شناسی پژوهش

یکی از مناطق مهم در استان اردبیل منطقه مغان است که در شمال شرقی اردبیل و در ۴۸ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی و ۳۹ درجه و یک دقیقه عرض شمالی واقع شده‌است. میزان مساحت آن، ۲۰۳۳۲۴ هکتار می‌باشد، که ۱۱۵ هزار هکتار از این مساحت را مراتع دشت مغان تشکیل می‌دهد (شکل ۱). مراتع این شهرستان علاوه بر دامداری، از لحاظ زنبورداری و تولید گیاهان دارویی حائز اهمیت است. به نظر می‌رسد شرایط اقلیمی مناسب و سودآوری بالای محصولات مرتعی حاصل از مرتع باعث شده این منطقه به‌عنوان یک قطب اقتصادی در تولید انواع محصولات بازاری مرتعی مطرح باشد که همین موضوع موجبات تخریب روزافزون مراتع این شهرستان را فراهم آورده است. با استناد به گزارش فرسایش رسوب منطقه مغان (۱۳۸۹) مقدار فرسایش برآوردی با استفاده از مدل MPSIAC برای منطقه در حدود ۱۴/۱۷ تن بر هکتار در سال بدست آمده‌است (جدول ۱).



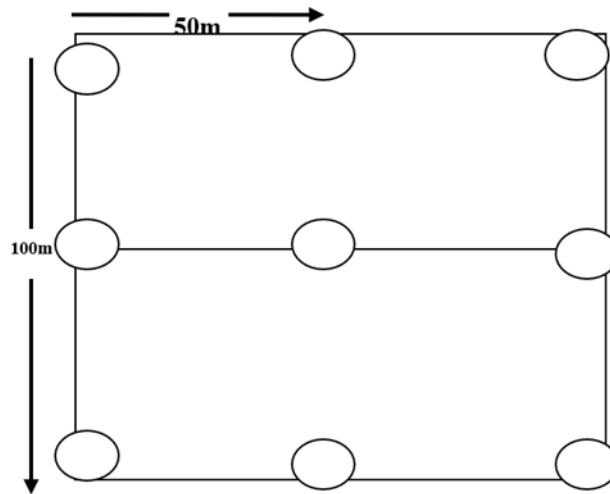
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area

جدول ۱. اطلاعات مربوط به فرسایش و رسوب منطقه مورد مطالعه

Table 1. Erosion and sedimentation information for the study area

منطقه	مساحت (هزار هکتار)	میزان فرسایش (ton/ha.y)	میزان فرسایش (m ³ /ha.y)	رسوب (ton/ha.y)	رسوب (m ³ /ha.y)	% SDR	SDR
مغان	۱۱۵	۱۴/۷	۱۰/۴۲	۹/۱۶	۶/۷۳	۳/۹۱	۳۹۰/۹۱

برای نمونه‌برداری خاک در هر مترع با شروع تصادفی و به صورت سیستماتیک از طریق روش خط‌نمونه از خاک منطقه نمونه برداری شد، برای پیاده کردن خط‌نمونه یک نقطه به طور تصادفی به عنوان نقطه شروع خط انتخاب شد و بقیه خطوط به موازات این خط و با فواصل معین (۵۰ متر از یک‌دیگر) پیاده شد. در هر مترع به منظور پوشش دادن بحث تکرار در آمار، ۱۰ ترانسکت با طول ۱۰۰ متر پیاده شد. بر روی هر ترانسکت در نقاط ابتدا، وسط و انتها، پروفیل خاک به عمق ۲۰ سانتی‌متر حفر و نمونه‌برداری شد. با در نظر گرفتن طول ترانسکت و فاصله بین آن‌ها و نیز با توجه به ساختار پوشش گیاهی موجود در منطقه، نقاط نمونه نسبت به یکدیگر ۵۰ متر فاصله داشت. با لحاظ منطق آماری در بررسی جوامع برداشت ۳۰ نمونه می‌تواند گویای وضعیت جامعه مورد بررسی باشد (Rezai & Mirmohammadi, 2005). لذا درمجموع ۳۰ نمونه خاک از هر مترع برداشت‌شده و به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری N، P، K و نیز برخی خصوصیات فیزیکی (درصد رس، شن، سیلت و درصد رطوبت اشباع) و خصوصیات شیمیایی (اسیدیته، pH، TNV) منتقل گردید. در شکل ۲ نمونه برداری از سطح ۳ ترانسکت و ۹ نقطه نمونه به صورت شماتیک ارائه گردید.



شکل ۲. شکل شماتیک روش نمونه‌برداری از مراتع مورد مطالعه

Figure 2. Schematic diagram of the sampling method for the studied rangelands

روش اندازه‌گیری نیتروژن (N)

در این تحقیق برای به دست آوردن مقادیر نیتروژن نمونه‌های خاک از روش کجدال استفاده شد. در این روش، ازت آمونیاکی ($N-NH_4$) ماده آلی بر اثر ترکیب با اسید سولفوریک غلیظ به صورت سولفات آمونیوم درآمده، آمونیوم حاصل پس از ترکیب با سود غلیظ در دستگاه تقطیر به گاز آمونیاک تبدیل گشته و گاز حاصل سپس به وسیله اسید بوریک جمع‌آوری می‌شود. سرعت فعل و انفعالات فوق با افزایش دما و در حضور کاتالیزور فزونی می‌یابد. در عمل، به منظور افزایش دما، از سولفات پتاسیم و یا سولفات سدیم استفاده می‌شود. در پایان باز تشکیل‌شده با کمک اسید سولفوریک رقیق (۰/۰۵) تیتر گردیده و بدین ترتیب مقدار کل ازت خاک تعیین می‌شود.

روش اندازه‌گیری فسفر (P)

برای تعیین مقدار فسفر در این پژوهش از روش السن استفاده شد. در روش السن، ابتدا ۵ گرم خاک را برداشته و داخل یک ارلن قرار داده می‌شود، سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر بیکربنات کلسیم نیم مولار روی آن ریخته سپس سوسپانسیون ایجادشده به مدت نیم ساعت شیک‌شده و پس از آن توسط کاغذ صافی آن را صاف کرد تا عصاره زلالی حاصل گردد. ۱۵ سی‌سی از عصاره بدست‌آمده را در یک بالن ۲۵ پیپت نموده و به آرامی ۵ سی‌سی محلول آمونیوم مولیبدات به آن اضافه شد. بالن را به تدریج تکان داده تا گازهای دی‌اکسیدکربن خارج شوند. بعد از این مرحله مقدار ۱ سی‌سی کلرید قلع اضافه و بالن به حجم ۲۵ سی‌سی رسانده شد. شدت عبور نور (T) را پس از کالیبراسیون استانداردهای ۰/۹، ۰/۷، ۰/۱، ۰/۳ و صفر پی‌پی‌ام در طول موج ۶۶۰ نانومتر قرائت شد.

روش اندازه‌گیری پتاسیم (K)

برای جداسازی پتاسیم موجود در کانی‌های رسی از یون آمونیوم به علت تشابه بالا با پتاسیم در شعاع یونی، استفاده شد. میزان پتاسیم پس از استخراج به کمک دستگاه فیلم فوتومتری یا شعله سنجی اندازه‌گیری شد. اساس دستگاه به این صورت است که این دستگاه برای اندازه‌گیری فلزات قلیائی خاکی مخصوصاً Li, Na, K طراحی شده‌است. دلیل این موضوع نیز این است که این فلزات در دماهای پائین‌تری تحریک می‌شوند و با گاز متان و شعله معمولی این عناصر تحریک و تولید نور می‌کنند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با توجه به فرضیات تحقیق، از نرم افزار SPSS 22 استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و شاپیروویلیک در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از انجام آزمون نرمالیت در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون t مستقل (مقایسه میانگین بین گروه‌ها) جهت مقایسه مقادیر عناصر غذایی خاک در دو مرتع استفاده گردید. همچنین جهت تعیین تابع احتمال آسیب به مرتع از روش رگرسیون لجستیک استفاده شد.

ارزش سرمایه‌ای مرتع از محل حفظ عناصر غذایی خاک

در این تحقیق، برای تعیین ارزش سرمایه‌ای مرتع از محل حفظ عناصر غذایی خاک، ابتدا از روش هزینه جایگزینی برای ریالی نمودن مقادیر عناصر غذایی خاک استفاده شد (Aghili Kohneshahri & Sadeghi, 2004). به عبارت دیگر از روش هزینه فرصت ازدست‌رفته جهت تقویم ارزش اقتصادی مقادیر هدر رفت خاک استفاده گردید. در این روش با برآورد هزینه‌های لازم جهت جایگزین نمودن عناصر ازدست‌رفته خاک (K,P,N) می‌توان به برآورد ارزش سرمایه‌ای مرتع از محل حفظ عناصر غذایی خاک اقدام نمود. به این منظور قیمت بازاری در سال انتشار پژوهش کنونی (۱۴۰۵) مربوط به سه نوع کود ازت، فسفر، پتاسیم به دست آمد که بر اساس نرخ‌نامه سال ۱۴۰۵ قیمت هر کیلوگرم کودهای نیترژنه، فسفات و پتاسه به ترتیب ۷۵۰ هزار ریال، ۱۴۳۲۱۷۰ ریال و ۱۳۷۰۰۰۰ ریال می‌باشد. در این تحقیق میزان نرخ تنزیل نیز ۱۰ درصد لحاظ شد. با داشتن Pn, Pp و Pk به عنوان قیمت بازاری کودهای مکمل مربوط به عناصر نیترژن، فسفر، پتاسیم در نظر گرفته شده است و نیز r که همان نرخ تنزیل است ۱۰ درصد لحاظ شد (کیوان‌بهجو و همکاران، ۱۳۹۵). ارزش فعلی خاک فرسایش یافته (BT) در فاصله زمانی صفر (۰) تا بی نهایت (∞) از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$B_T = \int_{t=0}^{\infty} \frac{P_n D_{pn} + P_k D_{kn} + P_p D_{pn}}{(1+r)^n} dt \quad \text{رابطه ۱.}$$

یافته‌ها و بحث

به منظور بررسی مقادیر K و P, N و مقایسه مقادیر آن‌ها، سپس برآورد و مقایسه برخی از خصوصیات فیزیکی (نظیر توزیع ذرات شن، رس و سیلت) و شیمیایی (اسیدیته، قلیائیت، درصد رطوبت اشباع و میزان مواد خنثی‌شونده (TNV) در خاک منطقه به روش آزمون T (آزمون t مستقل) و رگرسیون لجستیک در نرم افزار SPSS 22 انجام شده و سپس با استفاده از نتایج این بخش، به برآورد ارزش اقتصادی خاک در اکوسیستم مراتع مورد مطالعه اقدام شد (جدول ۴). پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها برای تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS 22 استفاده شد. در جداول ۲ و ۳، آمار توصیفی (مقادیر میانگین، انحراف معیار و واریانس و ...) مربوط به مقادیر K و P, N در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برای داده‌های اصلی و داده‌های نرمال شده ارائه شده است.

جدول ۲. آمار توصیفی پارامترهای مورد بررسی (با داده‌های برداشت‌شده)

Table 2. Descriptive statistics of the studied parameters (with collected data)

متغیر	واریانس	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
K	۷/۵۲×۱۰۴	۴۷۰	۲۷۴/۲۳	۵۸۳۴/۶۸
N	۷۸/۴۵	۳/۶۷	۸/۸۵	۲/۴۱
P	۱۴۵/۰۷	۹/۴۹	۱۲/۰۴	۱/۲۶

جدول ۳. آمار توصیفی پارامترهای مورد بررسی (با داده‌های نرمال‌شده)

Table 3. Descriptive statistics of the parameters studied (with normalized data)

پارامتر	واریانس	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
K	$7/52 \times 10^{-4}$	۴۷۰	۲۷۴/۲۳	۵۸۳۴/۶۸
N	-/۰.۸	۲/۷۶	-/۲۹	-/۱۰.۵
P	-/۲۷	-/۶۶	-/۵۲	-/۷۸

جدول ۴. مقادیر اندازه گیری شده N, P, K برای مراتع با مدیریت خوب و مدیریت بد (ppm)

Table 4. Measured N, P, K values for well-managed and poorly managed pastures (ppm)

عدد نمونه	N		P		K	
	مدیریت خوب	مدیریت بد	مدیریت خوب	مدیریت بد	مدیریت خوب	مدیریت بد
۱	-/۱۶	-/۲۱	۱۵۴/۰۰	۷۸۰/۰۰	۱/۳۰	۲/۳۰
۲	۳۳/۰۰	-/۱۴	۲۳۸/۰۰	۳۹۰/۰۰	۳۷/۰۰	۱/۵۰
۳	-/۲۰	-/۱۲	۱۳۳/۰۰	۷۰۰/۰۰	۴/۶۰	۱/۶۰
۴	-/۱۰	-/۱۳	۹۴/۰۰	۱۸۵/۰۰	۳/۲۰	۳/۳۰
۵	۳۳/۰۰	-/۲۳	۲۳۸/۰۰	۷۶۸/۰۰	۲۷/۰۰	۴/۵۰
۶	-/۰.۸	-/۲۰	۷۵/۰۰	۷۰۶/۰۰	۱/۶۵	۱/۲۷
۷	۲۱/۰۰	-/۱۶	۲۲۲/۰۰	۷۴۲/۰۰	۳۴/۰۰	۲/۴۰
۸	-/۰.۳	-/۱۷	۲۲۷/۰۰	۱۲۸۰/۰۰	۱/۱۴	۳/۲۰
۹	-/۰.۸	-/۱۱	۷۰/۰۰	۱۰۰۰/۰۰	۱/۶۵	۴/۴۰
۱۰	-/۱۴	-/۱۴	۲۲۲/۰۰	۷۰۰/۰۰	-/۴۷	۳/۲۰
۱۱	-/۱۵	-/۱۰	۶۱۰/۰۰	۴۸۰/۰۰	۳۵/۵۰	۱/۶۰
۱۲	-/۱۱	-/۱۴	۶۹۰/۰۰	۴۹۲/۰۰	۵/۰۰	۱/۲۰
۱۳	-/۱۰	-/۱۶	۳۵۰/۰۰	۴۳۰/۰۰	۵/۱۰	۱/۰.۸
۱۴	-/۱۲	-/۱۹	۳۴۷/۰۰	۳۶۰/۰۰	۳/۶۵	۱/۰.۲
۱۵	-/۰.۸	-/۱۵	۲۸۴/۰۰	۴۷۹/۰۰	۳/۷۲	۱/۰.۱
۱۶	۲۱/۰۰	-/۱۳	۲۲۲/۰۰	۶۳۳/۰۰	۳۴/۰۰	۱۴/۰
۱۷	۲۱/۰۰	-/۲۱	۲۲۲/۰۰	۵۱۰/۰۰	۳۴/۰۰	۶/۱۳
۱۸	۱۹/۰۰	-/۵۷	۳۲۱/۰۰	۳۲۴/۰۰	۴۴/۰۰	۶/۵۳
۱۹	-/۱۸	-/۱۷	۵۰۰/۰۰	۶۹۰/۰۰	۱۴/۴۰	۵/۰۰
۲۰	-/۲۳	-/۳۱	۹۰۰/۰۰	۳۴۰/۰۰	۲۱/۰۰	۶/۴۰
۲۱	۱۷/۰۰	-/۱۹	۳۶۵/۰۰	۵۵۰/۰۰	۲/۰۰	۵/۴۰
۲۲	-/۶۳	-/۱۷	۴۳۵/۰۰	۵۰۰/۰۰	۳۹/۰۰	۱۳/۶۰
۲۳	۱۷/۰۰	-/۱۳	۴۴۰/۰۰	۴۳۰/۰۰	-/۵۰	۲/۰۰
۲۴	-/۱۲	-/۱۶	۲۸۲/۰۰	۵۷۰/۰۰	۱/۱۷	۴/۴۰
۲۵	-/۰.۹	-/۳۹	۵۰۲/۰۰	۵۴۰/۰۰	۱/۷۰	۴/۴۰
۲۶	-/۱۳	-/۱۶	۶۵۴/۰۰	۶۲۰/۰۰	۲۵/۶۷	۴/۴۰
۲۷	-/۳۳	-/۱۵	۲۳۸/۰۰	۵۴۰/۰۰	۳۷/۰۰	۳/۴۰
۲۸	-/۰.۳	-/۱۴	۱۳۳/۰۰	۷۰۰/۰۰	۴/۹۰	۳/۲۰
۲۹	-/۷۵	-/۱۱	۱۳۰/۰۰	۱۰۰۰/۰۰	۹/۰۰	۴/۴۰
۳۰	-/۱۳	-/۱۷	۱۵۴/۰۰	۱۲۸۰/۰۰	۱/۱۰	۳/۲۰

مقادیر میانگین برای متغیرهای مورد بررسی در وضعیت های مدیریت خوب و مدیریت بد طبق جدول ۵ مقایسه شد که نشان داد متغیرهای فسفر و پتاسیم خاک تفاوت معنی داری را در عرصه های مرتعی داشته و تنها پارامتر نیتروژن خاک در رویشگاه های مورد بررسی دارای اختلاف معنی داری می باشند. این نتیجه با نتایج مطالعات (Yousefi 2012) در تناقض است.

جدول ۵. مقایسه آماری مراتع مورد بررسی از لحاظ عناصر غذایی خاک

Table 5. Statistical Comparison of the Studied Rangelands in Terms of Soil Nutrient Elements

متغیر	مراتع با مدیریت خوب	مراتع با مدیریت بد	t مقدار	P
P	۰/۷۹۱±۰/۶۲	۰/۵۳±۰/۳۷	۱/۹۸۸*	۰/۰۴
K	۳۲۲±۲۰/۱۱	۶۲۳±۲۵۶/۲۳	-۵/۱۰۶**	۰/۰۰۰
N	۲/۷۵±۰/۳۹	۲/۷۸±۰/۱۱	-۰/۳۲۴ns	۰/۷۴

*: تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: فاقد تفاوت معنی‌دار

میانگین متغیرهای تغذیه‌ای خاک در وضعیت‌های مدیریت خوب و مدیریت بد مقایسه شد که در جدول ۶ نشان داده شده است. متغیر فسفر در سطح معنی‌دار ۵ درصد و پتاسیم خاک در سطح معنی‌دار ۱ درصد اختلاف معنی‌داری را در عرصه‌ها داشته و تنها متغیر نیتروژن خاک در رویشگاه‌ها اختلاف آماری معنی‌داری را از خود نشان نداده است.

جدول ۶. مقایسه آماری مراتع از لحاظ پارامترهای فیزیکی خاک

Table 6. Statistical comparison of rangelands in terms of physical soil parameters

متغیر	مراتع با مدیریت خوب	مراتع با مدیریت بد	t مقدار	P
رس (%)	۲۸/۵۱±۱/۷۴	۲۳/۶۶±۱۱/۳۶	۲/۳۴۸*	۰/۰۲۲
شن (%)	۲۸/۸۷±۴/۳۲	۲۵±۱۰/۰۸	۱/۹۵ns	۰/۰۵
سیلت (%)	۴۲/۶۱±۴/۲۴	۵۱/۵۳±۱۰/۳۷	-۴/۴۲**	۰/۰۰۰
رطوبت اشباع (%)	۴۸/۲۵±۹/۰۰	۵۱/۵۰±۷/۵۴	-۱/۵۲۱ns	۰/۱۳۴

*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: فاقد اختلاف (اثر) معنی‌دار

جدول ۷. مقایسه آماری مراتع از لحاظ پارامترهای شیمیایی خاک

Table 7. Statistical comparison of rangelands in terms of soil chemical parameters

متغیر	مراتع با مدیریت خوب	مراتع با مدیریت بد	t مقدار	P
EC	۰/۹۰۷±۰/۱۶	۰/۷۳±۰/۳۰۱	**۲/۸۱	۰/۰۰۷
pH	۷/۱۶±۰/۵۱	۷/۵۶±۰/۵۰	**۳/۰۷	۰/۰۰۳
TNV	۸/۷۰±۲/۹۳	۶/۴۷±۴/۳۶	*۲/۳۵	۰/۰۲

*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: فاقد اختلاف (اثر) معنی‌دار

بر اساس نتایج حاصل شده در جداول ۶ و ۷، متغیرهای فیزیکی درصد شن و درصد رطوبت اشباع خاک در مراتع با وضعیت‌های مدیریتی خوب و بد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند. این در حالی است که درصد رس در خاک این مراتع در سطح احتمال ۹۵ درصد و درصد سیلت در سطح ۹۹ درصد دارای اختلاف است. این تفاوت در ارتباط با پارامترهای اسیدیته و pH خاک در سطح احتمال ۹۹ درصد و در مورد مواد خنثی‌شونده در سطح ۹۵ درصد است. میانگین عددی درصد شن در مراتع با مدیریت خوب بالاتر از مراتع با مدیریت بد و فرسایش‌یافته بوده و این ارتباط در مورد درصد رطوبت اشباع برعکس است. [Ghanbarian Alavijeh & Liaghat \(2011\)](#) نیز در مطالعات خود عنوان کرده‌اند که با افزایش درصد ذرات شن، مقدار رطوبت اشباع خاک کاهش می‌یابد.

برآورد ارزش سرمایه‌ای مرتع از محل عناصر غذایی خاک

با برآورد هزینه‌های مورد نیاز برای جایگزینی مقادیر عناصر غذایی (N,P,K) از دست رفته خاک، برآورد ارزش اقتصادی خاک در اکوسیستم‌های مرتعی انجام شد.

مقادیر ارزش اقتصادی هدررفت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم با بکارگیری تکنیک هزینه جایگزینی به ازای هر هکتار محاسبه شد که نتایج در جدول ۱۲ و ۱۳ آمده است. با محاسبه اختلاف مقادیر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در وضعیت های مدیریت خوب و مدیریت بد، مقدار اتلاف این سه عنصر غذایی برآورد شد. با لحاظ قیمت های بازاری عناصر فسفر، نیتروژن و پتاسیم (P_N , P_K , P_P) تحت عنوان قیمت بازاری کودهای مکمل مربوط به عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز میزان تنزیل اجتماعی (r) (نرخ تنزیل ۱۰ درصد لحاظ شد)، ارزش خاک فرسایش یافته (B_T) در فاصله زمانی ۰ تا ∞ از رابطه زیر بدست می آید:

$$B_T = \int_{t=0}^{\infty} \frac{(P_N D_{Pn} + P_K D_{Kn} + P_P D_{Pn})}{(1+r)^n} \quad \text{رابطه ۲}$$

میزان تولید رسوب با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود (Refahi, 2000):

* میزان فرسایش = تولید رسوب SDR

در این فرمول میزان فرسایش، از اختلاف فرسایش در اراضی دیم زارهای رها شده یا مراتع تخریب شده و فرسایش در اراضی مرتعی خوب بدست می آید (جدول ۱). نسبت تحویل رسوب (SDR)، نشان دهنده نسبت میزان رسوب حمل شده از حوضه به میزان فرسایش بوده و براساس مساحت حوزه و بافت خاک و با استفاده از نمودارهای مربوطه (Refahi, 2000) و یا براساس مساحت حوزه قابل محاسبه است. (Bakhtiari, 2007)، جداگانه در مطالعاتی ارزش اقتصادی فرسایش خاک را، براساس خاک فرسایش یافته و محتوای عناصر غذایی آن و با توجه به قیمت بازاری این عناصر در دو کاربری کشاورزی و مرتع در شمال شرق ترکیه و جنگل های منطقه سبز کوه، مطالعه کردند.

جدول ۱۲. مقدار از دست رفتگی عناصر غذایی در منطقه

Table 12. Nutrient loss in the region

میانگین عناصر در مراتع با مدیریت بد			میانگین عناصر در مراتع با مدیریت خوب			اختلاف مراتع با مدیریت خوب و بد			مساحت (هزار هکتار)	هدر رفت ماده غذایی		
P	K	N	P	K	N	P	K	N		P	K	N
۰/۵۳	۲۲۶/۲۳	۲/۷۸	۰/۷۹	۲۶۳/۲۲	۲/۷۵	-۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۱۵	-	۳۴۵۰	۳۴۵۰

- عدم تفاوت معنی دار

جدول ۱۳. ارزش عناصر غذایی از دست رفته در اثر فرسایش

Table 13. Nutritional Value Lost Due to Erosion

مساحت منطقه کاری (هکتار)	مجموع عناصر غذایی هدررفته	قیمت عناصر غذایی هدررفته به ازای هکتار (ریال)	قیمت عناصر غذایی هدررفته به ازای کل مساحت منطقه (ریال)
۱۱۵۰۰۰	۶۹۰۰	۴۴۹۱۹۰۰۰	۵۱۶۵۶۸۵۰۰۰۰۰۰

نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل آماری به منظور مقایسه مقادیر عناصر غذایی مورد نظر در وضعیت های مدیریتی خوب و بد با استفاده از آزمون t بین متغیرها انجام و همچنین آنالیز رگرسیون لجستیک به منظور تعیین تابع احتمال آسیب به مرتع انجام شد که در نهایت برآورد ارزش سرمایه ای مرتع از محل حفظ عناصر غذایی خاک انجام گرفت.

نتایج بدست آمده از آزمون t مستقل و تحلیل تفاوت میانگین مقادیر (N, K, P) در وضعیت های مدیریتی خوب و بد، حاکی از معنی دار بودن اختلاف میانگین های مقادیر عناصر غذایی فسفر و پتاسیم به ترتیب در سطوح ۹۵ درصد و ۹۹

درصد است که نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار هدر رفت عناصر غذایی مذکور در اثر فرسایش خاک است که خود از وجود یا نبود پوشش گیاهی به‌ویژه پوشش مرتعی تأثیر می‌پذیرد. مقدار میانگین عناصر فسفر و پتاسیم در وضعیت مدیریتی خوب به مراتب بالاتر از وضعیت مدیریتی بد بدست‌آمد. این در حالی است که مقدار نیتروژن در اثر تغییر وضعیت مدیریتی در مرتع، تفاوت معنی‌داری را از خود نشان نداد. میزان این عنصر در مراتع با مدیریت خوب کمتر از مراتع با مدیریت بد بدست‌آمد. میزان پتاسیم خاک در دو وضعیت مدیریتی مختلف اختلاف معنی‌داری را از خود نشان داد و در وضعیت مدیریتی خوب از میزان بالاتری برخوردار بود. بررسی خصوصیات فیزیکی خاک نشان از اختلاف معنی‌دار بین میزان رس و سیلت در دو وضعیت مدیریتی دارد.

براساس نتایج حاصله در تحقیق حاضر با توجه به وسعت منطقه مورد مطالعه که حدود ۱۱۵ هزار هکتار است، مقدار فرسایش حدود ۱۴/۷ تن بر هکتار در سال براساس مطالعات فرسایش و رسوب منطقه مورد مطالعه گزارش شده، که در مقایسه با استاندارد جهانی که ۵ تن در هکتار می‌باشد حدود سه برابر می‌باشد. این موضوع از سویی منعکس‌کننده روند تخریب خاک، منابع طبیعی و محیط‌زیست در این منطقه به واسطه تخریب پوشش گیاهی و فرسایش خاک است و از سوی دیگر، نشان‌دهنده لزوم حفاظت و احیای پوشش گیاهی در این منطقه و حفظ خاک به عنوان بستر تولید است. با اتکا به این اطلاعات و با انجام تجزیه و تحلیل آماری بر روی مقادیر عناصر غذایی بدست‌آمده از نمونه‌برداری‌های برداشت‌شده از مراتع منطقه مورد مطالعه (جدول ۴)، طبق نتایج ارزش سرمایه‌ای مرتع از محل عناصر غذایی خاک به ازای کل مساحت منطقه ۵۱۶۵۶۸۵۰۰۰۰ ریال برآورد شد.

References

- Aghili Kohnehsahri, L., & Sadeghi, H. (2004). Estimation of the economic impacts of soil erosion in Iran. *Journal of Economic Research*, 15 (3), 21–32. (In Persian)
- Ahmed, P. (2009). Integrating ethics in finance curriculum. *Independent Business Review*, 2 (2), 21–34.
- Andreasen, C., & Skovgaard, M. (2009). Crop and soil factors of importance for the distribution of plant species on arable fields in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133 (1–2), 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.05.003>
- Bakhtiari, F. (2007). Economic valuation of forest soil in the Zagros forests of the Sabzkuh Protected Area (Master's thesis, University of Tehran). (In Persian)
- Bennett, H. H. (1933). The cost of soil erosion. *Journal of the Ohio Society*, 33, 271–279.
- Eskandari, N., Alizadeh, A., & Mahdavi, F. (2008). Rangeland management policies in Iran. Pooneh Publications. (In Persian)
- Ghanbarian Alavijeh, B. and Liaghat, A. (2011). Evaluation of Pedotransfer Functions and Effect of Organic Matter in Prediction of Soil Saturated Water Content. *Water and Soil*, 25(5), 1016–1024. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i-.11212>
- Ghoddousi, J. (2007). Watershed management (Course notes). Tarbiat Modares University. (In Persian)
- Gulati, A., & Rai, S. C. (2014). Cost estimation of soil erosion and nutrient loss from a watershed of the Chotanagpur Plateau, India. *Current Science*, 106 (10), 1390–1396. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:91104314>
- Jafari, M., Nasrollahi, A., Sarmadian, F., & Azarnivand, H. (1999). Investigation of soil physicochemical properties and vegetation to identify indicator plant species in Vardavard, Karaj. *Journal of Environmental Studies*, 25(23), 40–48. (In Persian)
- Keyvan Behjou, F., Hashemian, A., Panahi, M., & Hassanzadeh, A. (2016). Economic valuation of soil nutrients in the Shimbar Protected Area using the replacement cost method. *Journal of Watershed Management Research*, 14(1), 1–8. (In Persian)
- Mousavi, S. A., Arzani, H., Sharzaei, G. A., Azarnivand, H., Farahpour, M., Engel, A., Alizadeh, A., & Nazari Samani, A. A. (2014). Economic valuation of the role of rangeland vegetation in soil conservation: A case study of the Central Taleghan watershed. *Rangeland and Watershed Management*, 67(2), 317–331. (In Persian)

- Noor, F., Nasri, M., Yeganeh, H., Moghimi Nejad, F., Ghasemi Aryan, Y., & Bani Neameh, J. (2013). Estimation of the economic losses caused by soil erosion in rangelands using the nutrient replacement cost method (NRCM). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 20(3), 522–530. (In Persian)
- Panahi, M. (2005). Economic valuation of Hyrcanian forests: Case studies of three forest management districts in Mazandaran Wood and Paper Company, Kheyroud Forest, and Guilan Wood and Paper Company (Doctoral dissertation). (In Persian)
- Rastgar, S., Barani, H., Darijani, A., Vahedbardi, S., Ghorbani, J., & Ghorbani, M. (2015). Estimation of the direct economic value of the soil conservation function of rangeland vegetation: A case study of the summer rangelands of the Noorroud watershed. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 20(3), 522–530. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jwmr.7.13.262>
- Refahi, H. (2000). Water erosion and its control. University of Tehran Press. (In Persian)
- Rife, T. L. (2010). A study on modeling the value of ecosystem services: Application to soil loss in southeastern Allegheny County (Master's thesis, Youngstown State University).
- Rezai, A.M., Mirmohammadi Meibodi, S.A.M. (2005). Statistics and Probability. University of Isfahan Press. (In Persian)
- Yousefi, A. (2012). Effects of deforestation and rangeland grazing on soil. *Journal of Forest and Rangeland Science*, 9(14), 2–7. (In Persian)