

Economic valuations of some rangeland ecosystem services (Case study: Kolashak watershed, Gilan-e-Gharb county)

Faezeh Shahbazi¹, Ali Mahdavi^{1*}, Marzban Faramarzi²

1. Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2. Department Nature Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

*Corresponding author: a.mahdavi@ilam.ac.ir

(Received: 18 May 2025

Revised: 10 August 2025

Accepted: 10 September 2025)

Extended Abstract

Introduction: Forests and rangelands are considered as the richest sources of ecosystem services. With population growth and the intensification of natural resource exploitation, the demand for these services has increased dramatically. Understanding these services and the extent of human dependence on them highlights the need for the development of systematic frameworks for their economic valuation. Among these ecosystems, the Zagros rangelands stand out as one of the most critical ecological systems in Iran, currently facing escalating threats. Although these rangelands play an irreplaceable role in regulating water and soil cycles, conserving biodiversity, and supporting the livelihoods of local communities, increasing pressures from overexploitation and unsustainable management have placed their survival at serious risk. The objective of this study was to conduct an economic valuation of the most important ecosystem services provided by the rangelands in the Kolashak watershed.

Materials and Methods: In this study, the Kolashak watershed, encompassing an area of 9,110.2 hectares and located in Gilan-e Gharb County, Kermanshah Province, was investigated. First, all essential base maps, including topography, vegetation cover, land use, and soil maps, were prepared and processed within a GIS environment. Subsequently, the most important ecosystem services were assessed, comprising regulatory services (functions: carbon sequestration and oxygen production), supporting services (functions: soil formation and nutrient conservation), and provisioning services (function: forage production). The economic valuation of these services was conducted using the replacement cost method. Finally, the total economic value of ecosystem services in rangeland land use was estimated.

Results and Discussion: The economic value of each hectare of rangeland in the study area was estimated at 784,247 Thousand Rials per hectare per year. Among the assessed services, oxygen production (503,795 Thousand Rials) and carbon sequestration (248,976 Thousand Rials) contributed the most to this economic value. The average carbon sequestration in the rangelands was estimated at 24.96 tons per hectare; 87% of which (21.74 tons) is stored in the soil, highlighting the role of rangeland soils as key carbon sinks. Regarding oxygen production, calculations based on photosynthesis equations indicated that each hectare of rangeland annually produces an average of 3.7 tons of oxygen (equivalent to 11,077.8 tons across the entire watershed), sufficient to meet the annual oxygen needs of 12 individuals. These findings suggest that rangelands with greater vegetative cover and larger areas have a higher capacity for carbon sequestration and oxygen production. Furthermore, the economic value of forage production was calculated at 29,540 Thousand Rials per hectare. The rangelands of the Kolashak watershed also play a vital role in soil conservation and erosion prevention. With an average erosion rate of 13.85 tons per hectare, these rangelands perform better than the region's agricultural lands (17.43 tons per hectare). The rangelands prevent the annual loss of approximately 3,580 kg of soil per hectare, equating to an economic value of 1,815 Thousand Rials per hectare for nutrient retention. Additionally, the economic value of soil formation was estimated at 121,633 Thousand Rials per hectare. Although this value appears lower than that of other functions, it reflects the long time required for soil formation and the replacement cost-based valuation method. Overall, these results underscore the substantial ecological and economic importance of rangelands in maintaining biogeochemical cycles and moderating climate change.

Conclusion: Valuing environmental resources such as rangelands has two important applications. First, it is used in cost-benefit analysis to attract economic support for rangeland protection and to determine the amount of damage caused by rangeland degradation. Second, the estimated economic values can be used in generating the gross income of a sector of the economy. The findings highlight the significant economic value of ecosystem services provided by the rangelands in the Kolashak watershed. This valuable ecosystem is under increasing threat from factors such as overgrazing, land-use change, water erosion, and shifts in precipitation patterns. These threats emphasize the urgent need for sustainable management. The results of this study can serve as a scientific foundation for management decisions and conservation planning, particularly in balancing livestock numbers with rangeland carrying capacity and improving grazing practices. Such measures can help simultaneously address the livelihood needs of local communities while ensuring the long-term health and functionality of rangeland ecosystems.

Keywords: Economic valuation, Ecosystem services, Replacement cost method, Rangeland management

Citation: Shahbazi, F., Mahdavi, A., & Faramarzi, M. (2026). Economic valuations of some rangeland ecosystem services (Case study: Kolashak watershed, Gilan-e-Gharb county). *Integrated Watershed Management*, 6(2), 110-129. doi=10.22034/iwm.2025.2059452.1225

Copyrights:

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



ارزش گذاری اقتصادی برخی از خدمات اکوسیستم مرتعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز

کلاشک، شهرستان گیلانغرب)

فائزه شهبازی^۱، علی مهدوی^{۲*}، مرزبان فرامرزی^۲

۱. گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲. گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

*نویسنده مسئول: a.mahdavi@ilam.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸

چکیده مبسوط

مقدمه: جنگل‌ها و مراتع از غنی‌ترین منابع ارائه‌دهنده خدمات اکوسیستمی به‌شمار می‌آیند. با رشد جمعیت و افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی، تقاضا برای این خدمات به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. به همین دلیل، درک این خدمات و وابستگی جوامع انسانی به آن‌ها ضرورت توسعه چارچوب‌های نظام‌مند برای ارزش‌گذاری اقتصادی را آشکار می‌سازد. در این میان، مراتع زاگرس به عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های کشور، با تهدیدات فزاینده‌ای مواجه است. اگرچه این مراتع نقش بی‌بدیلی در تنظیم چرخه آب و خاک، حفظ تنوع زیستی و تأمین معیشت جوامع محلی ایفا می‌کنند، اما فشار روزافزون بهره‌برداری و مدیریت ناپایدار، بقای این اکوسیستم‌های ارزشمند را با خطر جدی مواجه ساخته است. هدف از این مطالعه، ارزش‌گذاری اقتصادی مهم‌ترین خدمات اکوسیستم مرتعی در حوزه آبخیز کلاشک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق حوزه آبخیز کلاشک با مساحت ۹۱۱۰/۲ هکتار در شهرستان گیلانغرب در استان کرمانشاه مورد مطالعه قرار گرفت. در گام نخست، کلیه نقشه‌های پایه موردنیاز شامل نقشه‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و خاک در محیط GIS تهیه و پردازش شدند. سپس مهم‌ترین خدمات اکوسیستمی شامل خدمات تنظیمی (کارکردهای ترسیب کربن و تولید اکسیژن)، خدمات حمایتی (کارکردهای تولید خاک و حفاظت از مواد مغذی خاک) و خدمات تأمینی (کارکرد تولید علوفه) برآورد شدند و در گام بعدی با استفاده از روش هزینه-جایگزین مورد ارزش‌گذاری اقتصادی قرار گرفتند. در نهایت ارزش کل اقتصادی خدمات اکوسیستمی در کاربری مرتع برآورد گردید.

نتایج و بحث: ارزش اقتصادی هر هکتار از مراتع منطقه مورد مطالعه معادل ۷۸۴،۲۴۷ هزار ریال در هکتار در سال برآورد شد. از این میان، کارکردهای تولید اکسیژن (۵۰۳،۷۹۵ هزار ریال) و ترسیب کربن (۲۴۸،۹۷۶ هزار ریال) بیشترین سهم را در ارزش اقتصادی داشتند. میانگین ترسیب کربن در مراتع حوضه ۲۴/۹۶ تن در هکتار برآورد شد که ۸۷ درصد آن (۲۱/۷۴ تن) در بخش خاک ذخیره شده است که نشان می‌دهد خاک مراتع به عنوان مهم‌ترین مخزن کربن عمل می‌کند. در بخش تولید اکسیژن، محاسبات مبتنی بر فرمول فتوسنتز نشان داد که هر هکتار از مراتع حوضه به‌طور میانگین سالانه ۳/۷ تن در هکتار (۱۱۰۷۷/۸ تن برای کل حوضه) اکسیژن تولید می‌کند که معادل تأمین نیاز سالانه ۱۲ نفر است. می‌توان استنباط کرد که هرچه پوشش مراتع غنی‌تر و وسعت آن بیشتر باشد، توانایی مرتع در ترسیب کربن و تولید اکسیژن بیشتر می‌شود. همچنین ارزش اقتصادی کارکرد تولید علوفه ۲۹،۵۴۰ هزار ریال در هکتار محاسبه شد. بر اساس نتایج، کاربری مراتع حوزه آبخیز کلاشک نسبت به سایر کاربری‌های موجود در حوضه، نقش حیاتی در حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش ایفا می‌کنند. برای مثال، مراتع حوضه با میانگین فرسایش ۱۳/۸۵ تن در هکتار، عملکرد بهتری نسبت به اراضی کشاورزی منطقه (۱۷/۴۳ تن در هکتار) دارند. همچنین مراتع مورد مطالعه سالانه از هدررفت ۳۵۸۰ کیلوگرم خاک در هکتار جلوگیری می‌کنند که ارزش اقتصادی حفاظت از مواد مغذی خاک را به ۱،۸۱۵ هزار ریال در هکتار می‌رساند. به علاوه ارزش اقتصادی کارکرد تولید خاک برای هر هکتار مرتع ۱۲۱ هزار ریال برآورد شد. این نتایج حاکی از نقش قابل توجه مراتع در تولید و حفظ خاک حاصلخیز است، هرچند که ارزش اقتصادی محاسبه‌شده در مقایسه با سایر خدمات اکوسیستمی پایین‌تر به نظر می‌رسد. این تفاوت عمدتاً ناشی از بازه زمانی طولانی موردنیاز برای تشکیل خاک و روش محاسبه مبتنی بر هزینه‌های جایگزینی است. این نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که مراتع نه تنها از نظر اکولوژیک، بلکه از جنبه اقتصادی نیز نقش حیاتی در تنظیم چرخه‌های بیوشیمیایی و تعدیل تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند.

نتیجه‌گیری: ارزش‌گذاری منابع زیست محیطی مانند مرتع دو کاربرد مهم دارد که اهمیت آن را برجسته‌تر می‌کند. اول، در تحلیل هزینه-فایده جهت جلب حمایت‌های اقتصادی برای حفاظت از مراتع و تعیین میزان خسارت برای تخریب‌کنندگان مراتع بکار می‌رود و دوم، ارزش‌های اقتصادی برآورد شده می‌تواند در تولید درآمد ناخالص بخشی از اقتصاد مورد استفاده قرار بگیرد. یافته‌ها نشان‌دهنده ارزش اقتصادی قابل توجه خدمات اکوسیستمی مراتع حوزه آبخیز کلاشک در شهرستان گیلانغرب است. این اکوسیستم ارزشمند با تهدیداتی همچون چرای بی‌رویه دام، تغییر کاربری اراضی، فرسایش آبی و تغییرات الگوی بارش‌ها مواجه است که لزوم توجه ویژه به مدیریت پایدار آن را بیش از پیش آشکار می‌سازد. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان مبنایی علمی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی جهت تعادل بخشی میان ظرفیت و تعداد دام و همچنین بهبود روش‌های چرا در مراتع مورد استفاده قرار گیرد تا از یک سو هم به نیازهای معیشتی جوامع محلی توجه شود و از سوی دیگر، سلامت اکوسیستم‌های مرتعی حفظ گردد.

واژه‌های کلیدی: ارزش‌گذاری اقتصادی، خدمات اکوسیستمی، روش هزینه جایگزین، مدیریت مراتع

استناد: شهبازی، ف.، مهدوی، ع. و فرامرزی، م. (۱۴۰۵). ارزش‌گذاری اقتصادی برخی از خدمات اکوسیستم مرتعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کلاشک، شهرستان گیلانغرب). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۶(۲)، ۱۱۰-۱۲۹.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

رشد سریع جمعیت و افزایش مصرف منابع طبیعی در دهه‌های اخیر، فشار بی‌سابقه‌ای بر اکوسیستم‌های طبیعی وارد کرده است (Logsdon & Chaubey, 2013). اگرچه اهمیت حیاتی خدمات اکوسیستمی به خوبی شناخته شده، اما فعالیت‌های انسانی مخربی مانند جنگل‌زدایی، توسعه شهری و کشاورزی ناپایدار و بهره‌برداری بیش‌ازحد از مراتع همچنان ادامه دارد (Grunwald, 2018). این تناقض رفتاری نشان‌دهنده یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های محیط‌زیستی عصر حاضر است. خدمات اکوسیستمی^۱ که شامل طیف وسیعی از مزایای مستقیم و غیرمستقیم حاصل از عملکرد طبیعی اکوسیستم‌ها می‌شود، سهم قابل توجهی در اقتصاد جهانی دارند (Chen et al., 2022)، درک این خدمات و وابستگی جوامع انسانی به آن‌ها ضرورت توسعه چارچوب‌های نظام‌مند برای ارزش‌گذاری اقتصادی را آشکار می‌سازد (Mofidi Chelan et al., 2021). در این راستا، ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی ابزاری قدرتمند برای کمی‌سازی ارزش مالی خدمات طبیعی، ایجاد امکان مقایسه با سایر سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی آگاهانه و ارزیابی پایداری بلندمدت منابع طبیعی محسوب می‌شود (Ghoreyshi et al., 2014). مراتع به عنوان یکی از ارزشمندترین اکوسیستم‌های طبیعی، نقش بی‌بدیلی در ارائه خدمات اکوسیستمی ایفا می‌کنند (MEA, 2005). مطالعات متعدد در سطح ملی و بین‌المللی بر ارزش اقتصادی قابل توجه این خدمات تأکید داشته‌اند. در پژوهش‌های داخلی، Jafarzadeh و همکاران (۲۰۱۹) در حوزه مشخص ایلان نشان دادند که ارزش سالانه خدمات مرتعی به ۱۲۱/۴ میلیون ریال در هکتار می‌رسد

که سهم خدمات تنظیمی (تولید آب، ترسیب کربن و حفاظت خاک) به طور چشمگیری از خدمات تأمینی بیشتر است. این یافته‌ها با نتایج Bostan و همکاران (۲۰۲۲) در مراتع شیخ موسی شهرستان بابل که ارزش خدمات تنظیمی را ۲۵۱/۲۶۹ ریال در هکتار برآورد کردند، همخوانی دارد. از سوی دیگر و در سطح بین‌المللی، پژوهش Baskent (۲۰۲۱) در ترکیه و Zhengfeng و همکاران (۲۰۲۲) در کانادا به ترتیب ارزش ترسیب کربن مراتع را ۶۷/۲ میلیون دلار و ۴۵/۱ میلیارد دلار در هکتار محاسبه کردند که نشان‌دهنده اهمیت جهانی این خدمات است. مطالعات میدانی Eskandari Nasab و همکاران (۲۰۲۳) در ریگ اسحق آباد کرمان نیز بر ارزش اقتصادی خدمات مراتع در شرایط اکوسیستم‌های خشک تأکید دارد. با وجود این شواهد علمی، چالش اصلی در مدیریت مراتع ایران، عدم توجه کافی به این ارزش‌ها در تصمیم‌گیری‌هاست (Shamkhi & Mirmohammadi, 2012). پیامدهای این بی‌توجهی در مطالعاتی مانند تحقیق Abbasi و همکاران (۲۰۲۳) در قم به وضوح نشان داده شده است، جایی که تخریب مراتع منجر به خسارت سالانه ۱۱/۶ میلیارد ریالی شده است.

این یافته‌ها لزوم بازنگری در نگرش به مراتع و لحاظ کردن ارزش کامل خدمات آن‌ها در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای را آشکار می‌سازد. مراتع به عنوان یکی از ارزشمندترین اکوسیستم‌های طبیعی، علاوه بر خدمات مستقیم و ملموسی مانند تولید علوفه، طیف وسیعی از خدمات غیرمستقیم و حیاتی را ارائه می‌دهند که متأسفانه در بسیاری از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی نادیده گرفته می‌شوند. این در حالی است که ارزش واقعی این خدمات تنظیمی و حمایتی از ترسیب کربن و تولید اکسیژن تا حفاظت از خاک و تنوع زیستی نه تنها از جنبه

کارکردهای غیر علوفه‌ای پرداخته شود. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای علمی مستحکمی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و سیاست‌گذاری‌های کلان در جهت حفاظت و بهره‌برداری پایدار از این اکوسیستم‌های ارزشمند فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کلاشک با مساحت ۹۱۱۰/۲ هکتار در غرب ایران و در فاصله ۵ کیلومتری شهرستان گیلانغرب در استان کرمانشاه واقع شده است. این حوضه که بین مختصات جغرافیایی "۴۰' ۵۷° ۴۵" تا "۵۶' ۵۰° ۴۵" طول شرقی و "۴۳' ۰۲° ۳۴" الی "۱۸' ۱۰° ۳۴" عرض شمالی قرار دارد، از نظر توپوگرافی در محدوده ارتفاعی ۸۵۹/۷ تا ۱۹۸۱/۱ متر از سطح دریا گسترده شده است (شکل ۱). از نظر هیدرولوژیکی، این حوضه شامل ۲۰ زیرحوضه بوده و سیستم زهکشی اصلی آن رودخانه کلاشک است. توزیع کاربری اراضی در این منطقه نشان می‌دهد که جنگل‌ها با ۵۰۶۶ هکتار (۵۵/۶ درصد) بیشترین سهم را داشته و پس از آن مراتع با ۲۹۹۴ هکتار (۳۲/۹ درصد)، اراضی کشاورزی با ۸۶۳ هکتار (۹/۵ درصد)، مناطق مسکونی با ۱۱۶ هکتار (۱/۳ درصد) و در نهایت سد کلاشک با ۷۱ هکتار (۰/۸ درصد) قرار دارند. این حوضه به دلیل برخورداری از مراتع گسترده و با کیفیت، به عنوان مراتع قشلاقی مورد استفاده دامداران محلی قرار می‌گیرد.

مطالعات درجه حرارت منطقه با استفاده از آمار ایستگاه‌های داخل و محیط بر آن صورت گرفته است. در محدوده‌ی مورد مطالعه، تعداد ۱۱ ایستگاه سینوپتیک، اقلیم‌شناسی و تبخیرسنجی وجود دارد که طول دوره آماربرداری در آن‌ها متفاوت می‌باشد و آمار ایستگاه سد گیلانغرب به عنوان معرف برای آن‌ها در نظر گرفته شده

اکولوژیک، بلکه از منظر اقتصادی نیز بسیار جامع آن‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. این غفلت منجر به بهره‌برداری بی‌رویه، کاهش توان اکولوژیک و در نهایت تخریب این سرمایه‌های طبیعی ارزشمند شده است (TEEB, 2010).

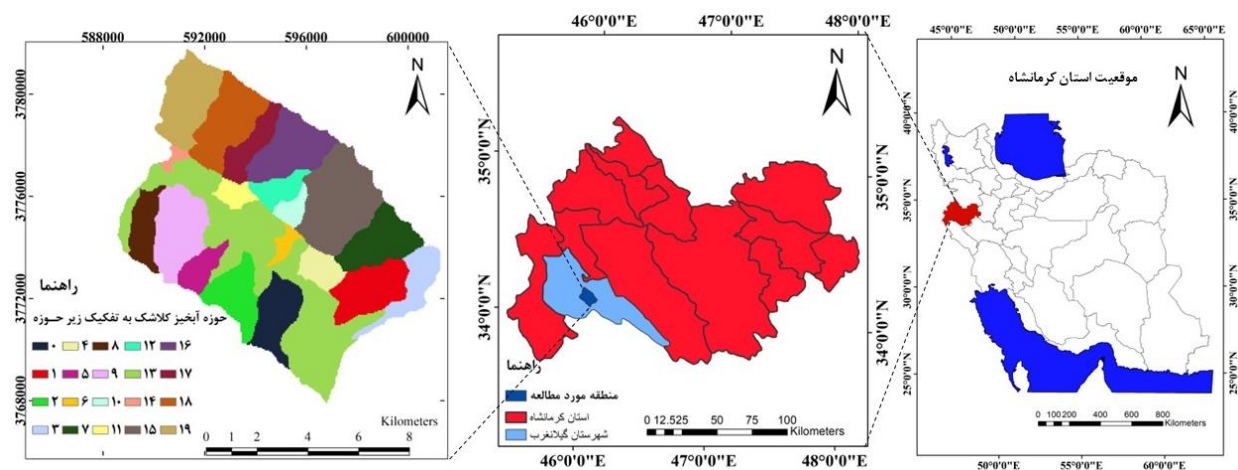
مراتع زاگرس یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی ایران هستند که نقش بسیار حیاتی در حفظ تعادل زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی دارند که با تنوع گیاهی و جانوری بالا، منبع اصلی تأمین علوفه برای دام‌های عشایر و کشاورزان، و همچنین عامل مهمی در جلوگیری از فرسایش خاک و بیابان‌زایی به شمار می‌روند. علاوه بر این، در تنظیم آب و هوا، جذب دی‌اکسید کربن و حفظ منابع آب زیرزمینی نقش کلیدی دارند. این اکوسیستم‌ها همچنین بخش مهمی از فرهنگ و معیشت مردم محلی را تشکیل می‌دهند. با این حال، بهره‌برداری ناپایدار و فشارهای انسانی، تهدیدات جدی برای بقای این مراتع ایجاد کرده است که نیازمند مدیریت و حفاظت مستمر و علمی است.

این پژوهش با توجه به خلأ مطالعاتی موجود در زمینه ارزش‌گذاری خدمات مراتع در غرب کشور، به ویژه استان کرمانشاه، با هدف کمی‌سازی ارزش اقتصادی خدمات کلیدی مراتع حوزه آبخیز کلاشک طراحی شده است. تمرکز اصلی این مطالعه بر سه دسته از خدمات حیاتی شامل (۱) خدمات تنظیمی (کارکردهای ترسیب کربن و تولید اکسیژن)، (۲) خدمات حمایتی (کارکردهای تولید خاک و حفاظت از مواد مغذی) و (۳) خدمات تأمینی (کارکرد تولید علوفه) قرار دارد.

با توجه به اینکه کارکرد تولید علوفه به عنوان محصول اصلی مراتع می‌باشد، توجه و تمرکز سیاست‌گزاران و برنامه‌ریزان بر علوفه به عنوان تنها ارزش اقتصادی مراتع کشور و عدم اطلاع از سایر خدمات اکوسیستمی غیرعلوفه‌ای، موجب شد در این تحقیق به مقایسه ارزش هر هکتار مرتع از دو بعد ارزش علوفه‌ای و برخی از

Pistachio و Bromus-Astragalus. خاک‌های منطقه عمدتاً دارای بافت لومی تا لومی رسی با عمق متوسط و میزان مواد آلی بین ۱/۵ تا ۲/۵ درصد هستند. این حوزه از اهمیت اقتصادی-اجتماعی بالایی برای جوامع محلی برخوردار است که مهم‌ترین آن‌ها شامل تأمین علوفه دام‌های عشایری و روستایی، تأمین آب کشاورزی و شرب، کنترل سیلاب‌ها می‌شود.

است. بر اساس اطلاعات موجود از نظر اقلیمی، متوسط بارندگی سالانه منطقه ۵۵۰/۹۴ میلی‌متر بوده و رژیم بارندگی آن از نوع مدیترانه‌ای با تمرکز بارش‌ها در فصل زمستان است. دوره خشکی منطقه بین ۵ تا ۶ ماه در سال به طول می‌انجامد. فرم زیستی غالب منطقه جنگلی و جامعه گیاهی آن بلوطستان می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام‌شده ۳ تیپ عمده گیاهی در حوزه وجود دارد که عبارت است از Quercus-Prunus، Quercus-.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز کلاشک در ایران و استان کرمانشاه
Figure 1- Location of the Kalashk watershed in Iran and Kermanshah Province

برآورد هزینه‌های احتمالی ناشی از جایگزینی خدمات طبیعی اکوسیستم با روش‌های مصنوعی و فناورانه می‌پردازد. به عبارت دیگر، این روش هزینه‌ای را که جامعه باید برای ارائه همان خدمات به صورت مصنوعی متحمل شود، به عنوان ارزش اقتصادی آن خدمت اکوسیستمی در نظر می‌گیرد (Abdollahi & Ildarmi, 2022).

برآورد ارزش اقتصادی خدمات تنظیمی طراحی و استقرار پلات‌های مطالعاتی

بر اساس مطالعات پیشین (Nasri et al., 2017; Jafarzadeh et al., 2019)، به دلیل یکنواخت بودن

روش تحقیق

در گام نخست، کلیه نقشه‌های پایه موردنیاز شامل نقشه‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و خاک در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه و پردازش شدند. با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی منطقه، زیرحوضه‌های منطقه مطالعاتی با دقت تفکیک و نقشه‌برداری شدند. روش اصلی مورد استفاده در این تحقیق، روش هزینه-جایگزین به عنوان یکی از معتبرترین روش‌های ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی می‌باشد. این روش که در زمره رویکردهای ارزش‌گذاری مبتنی بر هزینه قرار می‌گیرد، به

پوشش گیاهی مرتعی، تعداد ۳۰ پلات (با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ سانتی متر) (Mesdaghi, 2003) با استفاده از طرح تصادفی-سیستماتیک در محیط GIS طراحی شد (ابعاد شبکه آماربرداری ۹۰۰×۱۰۰۰ متر) و روی نقشه پوشش گیاهی مرتعی منطقه پیاده سازی شد.

روش شناسی اندازه گیری ذخیره کربن اکوسیستم

در این تحقیق برای محاسبه ذخیره کربن اکوسیستم، از مجموع کربن موجود در زیتوده روزمینی، زیرزمینی، لاشبرگ و خاک استفاده شد (Jafarzadeh et al., 2019). **زیتوده لاشبرگ:** بعد از طراحی شبکه آماربرداری به عرصه مراجعه و در تمامی میکروپلات ها، درصد سنگریزه، درصد خاک لخت، درصد پوشش گیاهی و درصد لاشبرگ تخمین زده شد. بر اساس اطلاعات بدست آمده میزان زیتوده لاشبرگ مورد محاسبه قرار گرفت (Jafarzadeh et al., 2019).

زیتوده هوایی: به دلیل مخرب بودن برداشت کل پوشش گیاهی با روش قطع و توزین، در هر میکروپلات، ۲۵٪ پوشش گیاهی برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، درصد رطوبت آن ها اندازه گیری شد و نتیجه آن به کل پلات تعمیم داده شد (Jafarzadeh et al., 2019).

ضریب تبدیل به کربن آلی: برای محاسبه کربن زیتوده روزمینی، از روش احتراق زیتوده خشک در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت استفاده شد. در این روش، از طریق تفریق وزن اولیه نمونه های خشک شده (۲ گرم) و وزن خاکستر باقیمانده، میزان ماده آلی به دست می آید که بر اساس رابطه (۱) درصد کربن آلی محاسبه گردید (Yeganeh et al., 2015).

$$(۱) \quad \text{میزان زیتوده خشک} \times ۰/۵ = \text{کربن ذخیره ای}$$

زیتوده زیرزمینی: با استفاده از روش غیرمستقیم و بر اساس دستورالعمل McDeacon (۱۹۹۷)، نسبت ریشه به زیتوده هوایی ۲۰ درصد در نظر گرفته شد.

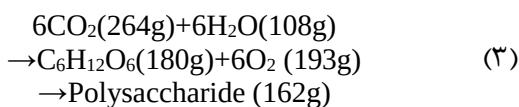
کربن خاک: در این تحقیق، نمونه برداری از عمق ۱۵-۰ سانتی متری با توجه به کم عمق بودن خاک زاگرس انجام شد و در ادامه با استفاده از روش والکی-بلاک (Walkley & Black, 1934)، درصد ماده آلی خاک محاسبه شد. سپس با اندازه گیری وزن مخصوص ظاهری خاک، میزان کربن ترسیب شده در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار) بر اساس رابطه (۲) برآورد گردید (Jafari Foutami & Sheidai Karkaj, 2018).

$$(۲) \quad OC = 1000 \times OC (\%) \times Bd \times E$$

در این رابطه $OC (\%)$ درصد کربن آلی خاک، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)، E عمق نمونه برداری (cm)، OC ترسیب کربن خاک (kg/ha) می باشد.

روش شناسی محاسبه تولید اکسیژن

با استفاده از فرمول فتوسنتز (رابطه ۳)، مقدار اکسیژن تولید شده محاسبه شد. بر این اساس، برای تولید ۱۶۴ گرم ماده خشک، ۱۹۳ گرم اکسیژن آزاد می شود. با اندازه گیری زیتوده روزمینی و زیرزمینی، میزان دی اکسید کربن جذب شده بر اساس رابطه (۴) محاسبه گردید (Yeganeh et al., 2015).



(۴) $۳/۶۷ \times \text{میزان ترسیب کربن} = \text{کربن جذب شده}$
در این رابطه عدد ۳/۶۷ نسبت جرم مولکولی کربن به دی اکسید کربن است.

ارزش گذاری اقتصادی کارکردهای ترسیب کربن و تولید اکسیژن

با روش هزینه-جایگزین و بر اساس هزینه ذخیره سازی دی اکسید کربن به روش صنعتی (Nasri et al., 2017) محاسبه شد. در این روش ارزش کالا و خدمات بر حسب هزینه لازم برای جایگزین کردن خدمت اکوسیستمی مورد نظر با مکانسیم های انسان ساخت، محاسبه می شود (Mansouri & Badehian, 2019). همچنین ارزش اقتصادی کارکرد تولید اکسیژن با استفاده از هزینه تولید

صنعتی و پزشکی اکسیژن (Yeganeh et al., 2021) به دست آمد.

ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات حمایتی

برآورد ارزش اقتصادی کارکرد تولید خاک

در محاسبات مربوط به ارزش اقتصادی کارکرد تولید خاک در کاربری‌های جنگل و مرتع، فاکتور خاکزایی برای مناطق دارای پوشش جنگلی، ۱۰۰ درصد، برای مراتع با پوشش مناسب، بالای ۵۰ درصد و برای مراتع با پوشش ضعیف، پایین‌تر از ۵۰ درصد در نظر گرفته می‌شود (Bostan et al., 2022). ابتدا حجم خاک تولید شده با استفاده از رابطه ۵ در کاربری مرتع، محاسبه شد. از نسبت حجم خاک تولیدشده به مدت زمان تشکیل خاک، میزان حجم سالیانه تولید خاک بر حسب مترمکعب به دست آمد. با توجه به مطالعات انجام‌شده (Yazdani, 2012; Amirnjad, 2012; & Abbasi, 2010) در این زمینه زمان لازم برای تشکیل یک سانتی‌متر خاک مرتع ۲۰۰ سال در نظر گرفته شد. با استفاده از اطلاعات خاک در مورد وزن مخصوص خاک، حجم خاک به تن محاسبه شد. ارزش اقتصادی کارکرد خاکزایی در کاربری مرتع با در نظر گرفتن هزینه زهکشی هر هکتار به عنوان هزینه جایگزین برآورد شد (Bostan et al., 2022).

$$TVS = S \cdot 0.01 \cdot F \quad (5)$$

در این رابطه، TVS حجم خاک تولید شده (مترمکعب)، S مساحت مرتع (مترمربع)، ۰/۰۱: میزان تولید خاک در ۲۰۰ سال (متر) و F فاکتور خاکزایی است.

برآورد ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت از مواد مغذی خاک

در این پژوهش به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های رسوب‌سنجی از مدل‌های تجربی برای برآورد فرسایش و

رسوب استفاده شد. مدل پسیاک اصلاح‌شده (MPSIAC)^۱ در قسمت‌های عمده‌ای از حوزه‌های آبخیز ایران در برآورد رسوب استفاده شده و از دقت کافی برخوردار است. این مدل مبتنی بر ۹ عامل است (جدول ۱). این عوامل عبارتند از زمین‌شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای. امتیاز مربوط به هر کدام از عوامل ۹ گانه طبق جدول ۱ محاسبه گردید. سپس با جمع کلیه امتیازهای این عوامل، میزان رسوب سالانه در واحد سطح (رابطه ۶)، میزان ضریب رسوب‌زایی (رابطه ۷) و فرسایش سالانه حوزه آبخیز به تفکیک زیرحوضه‌ها (رابطه ۸) محاسبه شد (Rafahi, 2017).

$$Q_s = 38.77e^{0.0358R} \quad (6)$$

در این رابطه، Q_s میزان رسوب سالانه در واحد سطح، بر حسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال، R درجه رسوب‌دهی حوزه آبخیز و e عدد نپر (۲/۷۱۸۲۸) است.

$$SDR = 46.7A^{0.02071} \quad (7)$$

در این رابطه SDR میزان ضریب رسوب دهی حوزه آبخیز و A مساحت حوزه آبخیز یا واحد هیدرولوژیک بر حسب مایل مربع است.

$$Es = \frac{SDR \times Q_s}{100} \quad (8)$$

در این رابطه Es فرسایش سالانه حوزه آبخیز بر حسب تن در کیلومترمربع در سال، SDR میزان ضریب رسوب‌دهی حوزه آبخیز و Q_s میزان رسوب سالانه حوزه آبخیز در واحد سطح است.

با توجه به این‌که هدف از انجام مطالعه برآورد میزان نگهداشت عنصر خاک در کاربری مرتع می‌باشد، به این منظور از مراکز پلات‌هایی که در مرحله قبلی جهت

لازم به ذکر است که برای تعیین ازت کل در نمونه‌های خاک از دستگاه کج‌دال، فسفر استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم از روش عصاره‌گیری استات آمونیوم و دستگاه فلیم فتومتر تعیین شدند (Jahani *et al.*, 2013).

برآورد خدمت تنظیمی (ترسیب کربن و تولید اکسیژن) که به صورت تصادفی- سیستماتیک در محیط GIS طراحی شد، تعداد ۳۰ نمونه خاک از مراکز قطعات نمونه برداشت شد. سپس با تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی، تغییرات میزان مواد مغذی خاک (N, P, K) محاسبه شد.

جدول ۱- پارامترهای مدل MPSIAC و نحوه امتیازدهی به آن (Rafahi, 2017)

Table 1- Parameters of MPSIAC model and how to score it (Rafahi, 2017)

عوامل موثر در فرسایش	معادله پارامتر	توصیف پارامترهای مدل
زمین‌شناسی سطحی	$Y1=X1$	X1 حساسیت سنگ‌ها در مقابل فرسایش
خاک	$X2=16.67 K$	K ضریب قابلیت فرسایش پذیری خاک
آب و هوا	$X3=0.2 P2$	P2 شدت بارش ۶ ساعته با دوره برگشت دو ساله (میلی‌متر)
رواناب	$X4=0.006R+10QP$	R ارتفاع آب جاری سالانه (میلی‌متر)، QP دبی ویژه پیک (مترمکعب بر ثانیه در هر کیلومتر مربع)
توپوگرافی	$X5=0.33 S$	S درصد اراضی لخت و فاقد پوشش گیاهی
پوشش زمین	$X6=0.2Pb$	Pb مقدار تاج پوشش (%)
کاربری اراضی	$X7=20-0.2Pc$	Pc مقدار تاج پوشش (%)
وضعیت فعلی فرسایش	$X8=0.25 S.S.F$	S.S.F امتیاز عالم سطحی خاک بر اساس روش اداره مدیریت اراضی BLM آمریکا
فرسایش رودخانه‌ای	$X9=1.67 S.S.F.g$	S.S.F.g نمره نهایی فرسایش خندقی در روش BLM

$$V=PNDN+PPDP+PPK \quad (۱۰)$$

در این رابطه PK، PP و PN به ترتیب قیمت عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن در کودهای جانشین و V ارزش اقتصادی کل عناصر می‌باشد (Modaberi *et al.*, 2022).

برآورد ارزش اقتصادی خدمات تأمینی

برآورد قیمت علوفه مرتعی با استفاده از قیمت بازار به دلیل ناهمگن بودن از نظر اقتصادی (از نظر نوع گونه، درجه خوش‌خوراکی و مواد مغذی قابل هضم) و به دلیل مبادله نشدن در بازار امکان پذیر نیست. ظرفیت چرا در واقع حداکثر تعداد دامی است که در یک عرصه مرتعی مشخص، در زمان معین می‌تواند چرا کند، بدون اینکه بر کمیت و کیفیت پوشش گیاهی، خاک، آب و... خسارتی وارد کند. ظرفیت چرا یکی از مهم‌ترین ابزار اعمال مدیریت در عرصه‌های مرتعی می‌باشد. جهت تعیین ظرفیت تیپ‌های گیاهی نیاز به آماربرداری در طی یک دوره چندساله می‌باشد؛ زیرا ظرفیت تعیین شده در سطح

در مرحله بعدی فرسایش خاک از تفاضل میزان فرسایش کاربری بر میزان فرسایش کاربری زراعت به دست آمد. پس از محاسبه مقدار رسوب خاک، کل موادغذایی از دست رفته خاک به دلیل فرسایش با استفاده از رابطه ۹ محاسبه شد. در نهایت، با استفاده از روش هزینه- جایگزین (رابطه ۱۰)، ارزش نگهداری از مواد مغذی خاک در مرتع برآورد شد (Jafarzadeh *et al.*, 2019). از آن جا که به منظور جبران مواد مغذی هدررفته ناشی از فرسایش خاک نیاز به افزودن کود شیمیایی است، ارزش بازاری این کودها می‌تواند برآوردی از ارزش خدمت اکوسیستمی کنترل فرسایش خاک توسط اکوسیستم مرتعی باشد. بدین منظور از نرخ جهانی این کودها برای ارزش گذاری استفاده شده است (جدول ۲).

$$An= DnN+ DnP+ DnK \quad (۹)$$

در این رابطه An میزان کل موادغذایی از دست رفته خاک به دلیل فرسایش و مقادیر DnN، DnP و DnK عناصر از دست رفته در سال n ام، می‌باشد.

این روش بر مبنای محاسبه تولید علوفه خشک قابل دسترس دام و خوشخوراکی مناسب جهت استفاده دام می‌باشد (Soleiman & Lohmander, 2007).

مراعات همبستگی نزدیکی با شرایط اقلیمی و میزان بارندگی سالیانه دارد. برای تعیین ظرفیت چرای تیپ مرتعی مورد مطالعه، از بین روش‌های متداول تعیین ظرفیت، از روش قطع و توزین استفاده شده است. اساس

جدول ۲ - قیمت هر یک از کودهای شیمیایی محتوی نیتروژن فسفر و پتاسیم در سال ۱۴۰۳

Table 2 - The price of each of the chemical fertilizers containing nitrogen, phosphorus and potassium in 2024

نام کود	قیمت قیمت‌های جهانی کیلوگرم/دلار	درصد خلوص مواد مغذی در کودها	قیمت هر کیلوگرم از مواد مغذی کیلوگرم/ریال
اوره	0.255	اوره حاوی 46 درصد نیتروژن	33430.5
سوپر فسفات تریپل	0.478	سوپر فسفات تریپل حاوی ۲۰ درصد فسفر (معادل 46 درصد P_2O_5)	27246
کلروز پتاسیم	0.302	کلرید پتاسیم حاوی ۵۰ درصد پتاسیم (معادل 60 درصد K_2O)	43035

Source: <https://ycharts.com/indicators>

مرتفع، GP دوره چرای (روز) و AI نیاز روزانه دام (کیلوگرم ماده خشک در روز) است. در مرحله بعدی با در نظر گرفتن قیمت جو در سال ۱۴۰۳ به عنوان قیمت-جایگزین علوفه، ارزش اقتصادی تولید مستقیم مرتع از رابطه ۱۲ برآورد شد (Bostan et al., 2022).

$$Vp = Aum \times S \times A \times 30 \times P \quad (12)$$

در این رابطه Vp ارزش اقتصادی تولید مستقیم مرتع، Aum ظرفیت چرای (تعداد واحد دامی) و P قیمت جو در سال ۱۴۰۳ است.

نتایج

ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات تنظیمی

نتایج ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات تنظیمی (ترسیب کربن و تولید اکسیژن) در مراتع حوزه آبخیز کلاشک نشان‌دهنده عملکرد قابل‌توجه این اکوسیستم‌ها در

طبق اطلاعات موجود در طرح تفصیلی حوزه آبخیز کلاشک تمام علوفه قابل برداشت و استفاده دام در هر پلات برداشت شده و در داخل پاکت‌های کاغذی جمع-آوری گردیده و سپس مجاور هوای آزاد خشک و وزن خشک علوفه برداشتی مورد محاسبه قرار گرفته است و ارقام به‌دست آمده به کل سطح تیپ مرتعی تعمیم داده شده‌است. با در دست داشتن ظرفیت چرای ماهانه (Aum) (رابطه ۱۱) که مشخص‌کننده تعداد واحد دامی در هر هکتار مرتع در یک ماه است (Yari et al., 2024). مقدار علوفه مصرفی توسط دام در سطح مراتع حوضه (Soleiman & Lohmander, 2007). محاسبه شد.

$$Aum = \frac{AF \times A}{GP \times AI} \quad (11)$$

در این رابطه Aum ظرفیت چرای ماهانه (تعداد واحد دامی)، AF مقدار علوفه قابل استفاده دام، A مساحت

ترسیب کربن و تولید اکسیژن است. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده در ۳۰ پلات مطالعاتی، میانگین ترسیب کربن ۲۴/۹۶ تن در هکتار (مجموعاً ۷۴۷۳۰/۲۴ تن در سطح حوضه) برآورد شد که سهم بخش خاک با ۲۱/۷۴ تن در هکتار (۸۷ درصد از کل) به‌عنوان مهم‌ترین مخزن کربن شناسایی گردید (جدول ۳). با اعمال نرخ ۳۵ دلار برای هر تن دی‌اکسیدکربن (Hashemnejad Rahimabadi et al., 2024) و نرخ ارز ترجیحی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۴۰۳ (معادل ۲۸۵۰۰۰ ریال)، ارزش اقتصادی این کارکرد ۲۴۸۹۷۶ هزار ریال در هکتار محاسبه شد.

در بخش تولید اکسیژن، محاسبات مبتنی بر فرمول فتوسنتز نشان داد که هر هکتار از مراتع حوضه به‌طور

میانگین سالانه ۳/۷ تن در هکتار (۱۱۰۷۷/۸ تن برای کل حوضه) اکسیژن تولید می‌کند که معادل تأمین نیاز سالانه ۱۲ نفر است (جدول ۴). با در نظر گرفتن هزینه تولید صنعتی اکسیژن (۱۳۶,۱۶۱ هزار ریال به ازای هر تن)، ارزش اقتصادی این کارکرد ۵۰۳,۷۹۵ هزار ریال در هکتار برآورد گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده، سهم تولید اکسیژن با ۶۴ درصد از کل ارزش، اهمیت بیشتری نسبت به ترسیب کربن (۳۱ درصد) دارد. این یافته‌ها به‌وضوح نشان می‌دهد که مراتع نه‌تنها از نظر اکولوژیک، بلکه از جنبه اقتصادی نیز نقش حیاتی در تنظیم چرخه‌های بیوژئوشیمیایی و تعدیل تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند.

جدول ۳- خلاصه آماره‌های میزان ترسیب کربن در کاربری مرتع

Table 3 - Summary of statistics on carbon sequestration in rangeland land use

پارامتر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	1.55	1.42	1.79	0.10
عمق خاک (cm)	15	15	15	0
سنگریزه (%)	21.1	9	33	5.99
پوشش گیاهی (%)	49.2	37	65	6.85
خاک لخت (%)	20.2	9	30	5.85
لاشبرگ (%)	9.5	3	15	3.05
کربن آلی خاک (%)	1.89	1.14	3.1	0.50
ماده آلی خاک (%)	3.23	1.96	5.34	0.87
زیتوده هوایی (kg/ha)	2595.46	2065.86	2724.54	172.56
زیتوده لاشبرگ (kg/ha)	2844.3	898.2	4491	913.86
زیتوده زیرزمینی (kg/ha)	519.09	413.17	544.90	34.51
ترسیب کربن زیتوده هوایی (t/ha)	1.40	1.11	1.47	0.093
ترسیب کربن زیتوده زیرزمینی (t/ha)	0.28	0.22	0.29	0.018
ترسیب کربن زیتوده لاشبرگ (t/ha)	1.54	0.49	2.43	0.49
ترسیب کربن خاک (t/ha)	21.74	15.08	41.85	6.76
ترسیب کربن کل (t/ha)	24.96	16.9	46.06	7.37

جدول ۴- خلاصه آماره‌های میزان تولید اکسیژن در کاربری مرتع

Table 4 - Summary of statistics on oxygen production in rangeland land use

پارامتر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
تولید اکسیژن زیتوده هوایی (kg/ha)	3088.60	2458.37	3242.20	205.37
تولید اکسیژن زیتوده زیر زمینی (kg/ha)	519.09	413.17	544.90	34.51
تولید اکسیژن کل (kg/ha)	3706.69	2950.04	3890.64	246.42
تولید اکسیژن (t/ha)	3.7	2.9	3.8	2.4

ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات حمایتی

کارکرد تولید خاک

بر اساس مطالعات انجام‌شده، فاکتور خاک‌زایی برای مراتع حوزه آبخیز کلاشک با پوشش گیاهی متوسط تا خوب، ۸۰ درصد در نظر گرفته شد. با احتساب مساحت ۲۹۹۴ هکتاری مراتع این حوضه، محاسبات نشان داد که در بازه زمانی ۲۰۰ سال، حدود ۲۳۹۵۲۰ مترمکعب خاک تولید شده است. این مقدار معادل تولید سالانه ۱۱۹۷/۶ مترمکعب خاک می‌باشد که با اعمال ضریب تبدیل ۱/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای وزن مخصوص خاک، میزان تولید سالانه خاک به ۱۸۵۶/۲۸ تن رسید. با توجه به عمق مؤثر ریشه گیاهان مرتعی (۰/۳ متر) و محاسبات انجام‌شده (Bostan et al., 2022)، مشخص گردید که مراتع این حوضه سالانه قادر به تولید خاک حاصلخیز در مساحتی معادل ۰/۶۱ هکتار هستند. با در نظر گرفتن هزینه سیستم‌های زهکشی در سال ۱۴۰۳ که بالغ بر ۵۹۷ میلیون ریال برای هر هکتار می‌باشد (اداره آب منطقه‌ای شهرستان گیلانغرب، ۱۴۰۳)، ارزش اقتصادی کل این کارکرد در سطح حوضه ۳۶۴۱۷۰ هزار ریال و ارزش آن برای هر هکتار مرتع ۱۲۱ هزار ریال برآورد شد. این نتایج حاکی از نقش قابل‌توجه مراتع در تولید و حفظ خاک حاصلخیز است، هرچند که ارزش اقتصادی محاسبه‌شده در مقایسه با سایر کارکردهای اکوسیستمی پایین‌تر به نظر می‌رسد. این تفاوت عمدتاً ناشی از بازه زمانی طولانی موردنیاز برای تشکیل خاک (۲۰۰ سال برای هر سانتی‌متر) و روش محاسبه مبتنی بر هزینه‌های

جایگزینی است. با این وجود، اهمیت این خدمت از نظر اکولوژیک و نقش آن در حفظ حاصلخیزی خاک‌های منطقه، بسیار فراتر از ارزش مالی محاسبه‌شده می‌باشد.

کارکرد حفاظت از مواد مغذی خاک

به منظور برآورد ارزش میزان موادغذایی حفظ شده در مراتع حوضه، میزان عناصرغذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در خاک منطقه مطالعاتی در آزمایشگاه خاکشناسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۵). ابتدا میزان فرسایش در وضعیت فعلی حوضه به تفکیک زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از امتیازات عوامل ۹ گانه مدل پسیاک اصلاح شده محاسبه شد (جدول ۶). در مرحله بعدی از روی هم‌گذاری نقشه‌های واحدهای هیدرولوژیکی حوضه و نقشه پوشش گیاهی (تیپ‌های جنگلی و مرتعی) در نرم‌افزار GIS، میزان فرسایش در کاربری‌های زراعت، جنگل و مرتع بر حسب تن در هکتار مورد محاسبه قرار گرفت (شکل ۲). طبق نتایج به دست‌آمده از نقشه نهایی میزان فرسایش برای کاربری‌های مختلف، بیشترین شدت فرسایش به‌ترتیب مربوط به کاربری‌های زراعت (دیم و آبی) با میزان ۱۷/۴۳ تن در هکتار، کاربری مرتع (تیپ *Bromus-Astragalus*) با میزان ۱۳/۸۵ تن در هکتار و کاربری جنگل با میزان ۱۲/۰۶ تن در هکتار بود (شکل ۲).

در مرحله بعدی، میزان تفاوت در فرسایش کاربری‌ها با کاربری که بیشترین میزان شدت فرسایش در حوضه را داشته است محاسبه گردید. در این مطالعه بیشترین میزان فرسایش در هکتار مربوط به کاربری زراعت

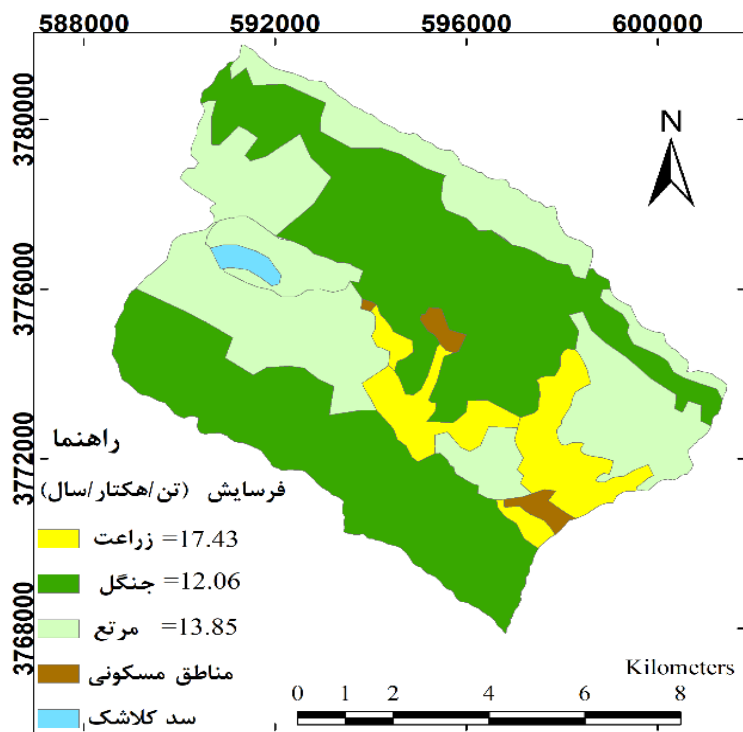
مرتعی محاسبه گردید. در نهایت میزان ارزش در هکتار عناصر حفظ شده توسط اکوسیستم مرتعی با ضرب کردن نرخ واقعی هر یک از عناصر سه گانه برآورد شد. طبق نتایج به دست آمده ارزش کل عناصر غذایی حفظ شده در هر هکتار ۱۸۱۵ هزار ریال محاسبه شد (جدول ۷).

می باشد. طبق نتایج به دست آمده میزان کاهش فرسایش خاک توسط کاربری مرتعی نسبت به اراضی کشاورزی منطقه ۳/۵۸ تن در هکتار محاسبه شد. با ضرب نمودن مقدار هر یک از عناصر مورد نیاز گیاه در خاک (پتاسیم، فسفر و نیتروژن) در میزان اختلاف فرسایش بین دو کاربری، میزان حفاظت از عناصر مغذی خاک در کاربری

جدول ۵- نتایج مربوط به تجزیه خاک مراتع منطقه مورد مطالعه

Table 5- Results of soil analysis of rangelands in the study area

پارامتر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	1.55	1.42	1.79	0.10
عمق خاک (cm)	15	15	15	0
شوری (Dsm^{-1})	0.50	0.37	0.64	0.07
رس (%)	20.17	13	26	3.79
سیلت (%)	32.82	23	41	3.93
شن (%)	46.62	35	63	7.38
نیتروژن کل (%)	0.16	0.09	0.26	0.04
فسفر قابل جذب (mg/kg)	14.70	11.26	17.66	1.84
پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	268.37	335	202.03	36.14



شکل ۲- میزان فرسایش در کاربری های دارای پوشش گیاهی (زراعت، جنگل و مرتع)

Figure 2- The amount of erosion in land use with land cover (Agriculture, Forest and Rangeland)

جدول ۶- برآورد میزان فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه به تفکیک زیرحوضه

Table 6- Estimated erosion and sedimentation rates in the study area by sub-basin

واحد هیدرولوژیکی	مساحت (km ²)	مجموع امتیازات ۹	میزان رسوب $Q_s=38.77e^{0.005R}$	ضرب رسوبی SDR(%)	رسوب ویژه ton/km ²	فرسایش ویژه ton/km ² /y	فرسایش کل ton/y	فرسایش ton/km ² /year	فرسایش ton/ha/year
0	4.184	72.77	524.55	0.51	713.39	13988.03	5852.59	1398.80	13.98
1	4.984	61.69	352.81	0.49	479.82	9792.18	4880.42	979.21	9.79
2	4.075	74.97	567.53	0.51	771.84	15134.15	6167.16	1513.41	15.13
3	3.514	67.38	432.51	0.52	588.21	11311.75	3974.95	1131.17	11.31
4	2.03	46.51	204.90	0.56	278.67	4976.19	1010.17	479.62	4.97
5	2.02	83.1	759.24	0.56	1032.57	18438.69	3724.62	1843.87	18.43
6	0.866	49.99	232.08	0.63	315.64	5010.09	433.87	504.5	5.04
7	4.945	72.62	521.74	0.50	709.57	14191.38	7017.64	1419.13	14.19
8	2.897	59.64	327.84	0.53	445.87	8412.60	2437.13	841.25	8.41
9	5.947	70.66	486.39	0.48	661.49	13781.07	8195.60	1378.10	13.78
10	1.186	72.55	520.44	0.61	707.79	11603.17	1376.14	1160.32	11.60
11	1.279	52.4	253.72	0.30	345.06	5751.01	735.55	575.09	5.75
12	1.94	70.14	477.42	0.57	649.29	11391.09	2209.87	1139.10	11.39
13	20.462	72.82	525.49	0.41	714.67	17430.91	35667.13	1743.09	17.43
14	0.513	50.08	232.83	0.68	316.65	4656.68	238.89	465.67	4.65
15	9.348	69.45	465.77	0.45	633.45	14076.70	13158.90	1407.67	14.07
16	5.752	73.13	531.35	0.48	722.64	15055.04	8659.66	1505.50	15.05
17	2.829	73.48	538.05	0.54	731.75	13550.98	3833.57	1355.09	13.55
18	6.16	75.81	584.85	0.48	795.40	16570.88	10207.66	1657.08	16.57
19	6.169	71.99	510.11	0.48	693.75	14453.05	8919.08	1445.30	14.45
کل	91.102	67.06	452.48	0.52	615.38	11978.78	107811.50	1183.43	11.83

جدول ۷- ارزش هر هکتار از کاربری مرتع در حفاظت از مواد مغذی اصلی خاک (ریال)

Table 7- The value of each hectare of rangeland land use in protecting the main nutrients of the soil (Rials)

مساحت (ha)	نیترژن حفظ شده ton/y	ارزش کل (ریال)	ارزش حفاظت از نیتروژن هکتار/ریال	فسفر حفظ شده ton/y	ارزش کل (ریال)	ارزش حفاظت از فسفر هکتار/ریال	پتاسیم حفظ شده ton/y	ارزش کل (ریال)	ارزش حفاظت از پتاسیم هکتار/ریال	ارزش کل حفاظت از سه ماده مغذی هکتار/ریال
2994	17.14	1715558317	572998	0.15	12236178.6	4086.9	28.76	3705633680	1237686	1815072

ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات Tamini

هدف از تعیین ظرفیت چرای دام، بیان میزان پتانسیل مراتع جهت تولید علوفه، بررسی وجود تعادل دام و مرتع در منطقه و برآورد میزان ارزش اقتصادی حاصل از تولید علوفه (فرآیند مرتعداری) می‌باشد. میزان علوفه قابل

استفاده ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شده است (مطالعات مرحله تفصیلی- اجرایی حوزه آبخیز کلاشک). با استفاده از اطلاعات به دست آمده، ارزش اقتصادی علوفه قابل دسترس در کاربری مرتعی برای یک دوره ۱۵۰ روزه، ۸۸۴۴۴۸۵۵ هزار ریال (۲۹۵۴۰ هزار ریال در هکتار) محاسبه شده است (جدول ۸).

جدول ۸- برآورد ارزش اقتصادی علوفه قابل دسترس در کاربری مرتع

Table 8- Estimated economic value of available forage in rangeland land use

تیپ گیاهی	بروموس - گون (Bromus- Astragalus)
مساحت (هکتار)	2994
تولید کل (کیلوگرم در هکتار)	2490
	کل
	قابل استفاده
نیاز روزانه دام (کیلوگرم/ روز)	950
	2
ظرفیت واحد دامی در دوره (150روزه)	9481
ظرفیت واحد دامی (A.U.M) (هکتار در ماه)	0.63
قیمت یک کیلوگرم جو دولتی (ریال)	156300
ارزش اقتصادی علوفه در ماه (هزار ریال)	17,688,971
ارزش اقتصادی علوفه در دوره 150روزه (هزار ریال)	88,444,855
ارزش اقتصادی علوفه در دسترس (هزار ریال/ هکتار)	29,540

غیرمجاز دام در کاربری مرتع (در هکتار) می باشد (جدول ۹). طبق نتایج به دست آمده ارزش اقتصادی هر هکتار از مراتع منطقه مورد مطالعه معادل ۷۸۴,۲۴۷ هزار ریال در هکتار محاسبه شد (جدول ۱۰).

با توجه به اینکه ظرفیت چرای فعلی کاربری مرتع حوضه ۹۴۸۱ واحد دامی محاسبه شده است و جمعیت دامی هایی که از تیپ مرتعی استفاده می کنند ۱۲۰۱۸/۸ واحد دامی می باشد؛ این میزان نشان دهنده عدم تعادل بین میزان کل واحد دامی و ظرفیت فعلی و تعداد

جدول ۹- مقایسه ظرفیت چرای فعلی و تعداد دام موجود در کاربری مرتع منطقه مورد مطالعه

Table 9- Comparison of current grazing capacity and number of livestock in the rangeland land use of the study area

انواع دام	تعداد دام (راس)	ضریب تبدیل به واحد دامی	کل واحد دامی
گاو و گوساله	445	4	1780
گوسفند و بره	9230	1	9230
بز و بزغاله	1261	0.8	1008/8
جمع	10936	-	12018.8

جدول ۱۰- ارزش اقتصادی کارکردهای اکوسیستم

Table 10- Economic value of Functions services

ردیف	کارکردهای اکوسیستم	ارزش اقتصادی (هزار ریال / هکتار)
۱	تولید اکسیژن	503,795
۲	ترسیب کربن	248,976
۳	تولید علوفه	29,540
۴	حفاظت از مواد مغذی خاک	1,815
۵	تولید خاک	121
مجموع	-	784,247

بحث

این پژوهش با به‌کارگیری روش هزینه-جایگزین، ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی مراتع حوزه آبخیز کلاشک را مورد ارزیابی قرار داده است. یافته‌ها به‌وضوح نشان می‌دهند که این مراتع علی‌رغم نادیده گرفته شدن در برنامه‌ریزی‌های توسعه، از ارزش اقتصادی قابل توجهی برخوردارند. مطالعات نشان می‌دهد هر ۲/۵ تن اکسیژن می‌تواند نیاز سالانه ۸ نفر را تامین نماید (Zamolodchikov et al., 2003). در این تحقیق، میانگین تولید اکسیژن مراتع حوضه ۳/۷ تن در هکتار محاسبه شد که بیانگر توانایی هر هکتار مرتع در تأمین نیاز سالانه ۱۲ نفر است. در مقیاس کل حوضه، این مقدار معادل تأمین اکسیژن موردنیاز ۳۵۹۲۸ نفر می‌باشد. در مقایسه با مطالعه Yeganeh و همکاران (۲۰۲۱) در حوضه تهم زنگان (۱/۵۶ تن در هکتار) نشان‌دهنده عملکرد بهتر مراتع مورد مطالعه است که عمدتاً ناشی از تراکم بالاتر پوشش گیاهی (۴۳ درصد در مقابل ۳۵-۳۰ درصد) و شرایط اکولوژیک مطلوب‌تر می‌باشد. وجود پوشش گیاهی به‌طور معمول اثر مثبت بر چرخه مواد مغذی خاک دارد اما میزان تاثیر در بین گونه‌ها متفاوت است و گونه‌های گیاهی با ویژگی‌های خود دارای تاثیر متفاوتی بر محیط رشد خود هستند. با مطالعه ارتباطات بین گونه‌ها و خاک می‌توان به وسعت این اثرات و نوع آن پی برد و در مدیریت پوشش گیاهی و خاک لحاظ نمود (Thompson et al., 2005). در خصوص ترسیب کربن، میانگین ترسیب کربن در مراتع حوضه ۲۴/۹۶ تن در هکتار برآورد شد که ۸۷ درصد آن (۲۱/۷۴ تن) در بخش خاک ذخیره شده است. این الگوی ذخیره‌سازی با یافته‌های Iranmanesh و همکاران (۲۰۱۹) و Mofidi Chelan و همکاران (۲۰۲۱) در دیگر مناطق زاگرس همخوانی دارد و نشان می‌دهد ذخیره‌سازی کربن در خاک نتیجه فرآیندهای بلندمدت ناشی از فعالیت پوشش گیاهی است که طی زمان، از طریق تولید لاشبرگ و تجزیه تدریجی آن، موجب انتقال مواد

آلی به خاک و انباشت کربن می‌شود (Mousavi, 2011)؛ بنابراین توجه به حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش خاک نقش مهمی در حفظ ارزش اقتصادی کربن خواهد داشت (Mofidi Chelan et al., 2021). خاک مراتع یکی از اجزای محیطی مهم می‌باشد که دارای رابطه نزدیکی با پوشش گیاهی می‌باشد (Mohebbali et al., 2021). مطالعات نشان می‌دهد گونه‌های گیاهی پس از استقرار و گسترش، به شدت ویژگی‌های خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Johnson et al., 2016). در مجموع مراتع حوزه آبخیز کلاشک سالیانه ارزشی معادل ۷۵۲,۷۷۱ هزار ریال در هکتار از لحاظ کارکرد تنظیمی (ترسیب کربن و تولید اکسیژن) دارند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده ارزش بالای مراتع حوزه آبخیز کلاشک در ترسیب کربن و تولید اکسیژن است. می‌توان استنباط کرد که هرچه پوشش مراتع غنی‌تر باشد و وسعت آن بیشتر باشد، توانایی مرتع در ترسیب کربن و تولید اکسیژن بیشتر می‌شود (Ebadi et al., 2019). موضوع توجه به اثرات افزایش گازهای گلخانه‌ای و چالش‌های ناشی از آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و پیامدهای آن بر محیط زیست، به ویژه در ابعاد اقتصادی و اجتماعی، نیازمند توجه ویژه‌ای است. این مسئله می‌تواند به عنوان راهی برای جذب سرمایه‌گذاری‌های مناسب و حفظ منابع پایدار در آینده مطرح شود.

نتایج این پژوهش به وضوح نشان می‌دهد که مراتع حوزه آبخیز کلاشک نقش حیاتی در حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش ایفا می‌کنند. با میانگین فرسایش ۱۳/۸۵ تن در هکتار، این مراتع عملکرد بهتری نسبت به اراضی کشاورزی منطقه (۱۷/۴۳ تن در هکتار) دارند که با یافته‌های Mousavi (۲۰۱۱) و Jafarzadeh و همکاران (۲۰۱۹) در سایر مناطق زاگرس همخوانی دارد. بر اساس نتایج این تحقیق، مراتع مورد مطالعه سالانه از هدررفت ۳۵۸۰ کیلوگرم خاک در هکتار جلوگیری می‌کنند که ارزش اقتصادی

کارکرد حفاظت از مواد مغذی خاک را به ۱/۸ میلیون ریال در هکتار می‌رساند. در مقایسه با مطالعه Abbasi و همکاران (۲۰۲۳) که محاسبه کردند هر هکتار از مراتع سلمان استان قم می‌تواند سالانه از هدررفت عناصر مغذی به ارزش تقریبی ۰/۳۳ میلیون ریال جلوگیری کند ارزش بالاتری محاسبه شده است. این تفاوت نشان دهنده‌ی تخریب اکوسیستم مراتع سلمان، به دلیل فرسایش بسیار زیاد (فرسایش خاک ۳۵/۶۸ تن در هکتار)، شرایط خاص اکولوژیک، روش‌شناسی پژوهش و قیمت‌های محلی می‌باشد. Dehdari و همکاران (۲۰۲۵) در مراتع ورگر شهرستان آبدانان استان ایلام به دلیل انجام برخی از روش‌های اصلاحی، خاک دارای میانگین بالاتری از عناصر غذایی برای رشد گیاه هستند که در بهبود شرایط مرتع موثر بوده است که موجب ایجاد پوشش گیاهی متراکم و علفی، تهویه مناسب خاک، افزایش درصد لاشبرگ و تجزیه آن و افزایش میزان ماده آلی خاک، نیتروژن فسفر و پتاسیم شده است که در نتیجه ارزش اقتصادی به دلیل تغییر عملکرد عناصر اصلی خاک تحت تاثیر عملیات اصلاحی ۱۵/۹ میلیون ریال محاسبه شده است که در مقایسه با این تحقیق تقریباً ۹ برابر افزایش داشته است و نشان می‌دهد عملیات‌های اصلاحی یکی از ابزارهای رایج مدیریت مرتع در دهه‌های اخیر هستند.

نکته حائز اهمیت این است که مراتع نه تنها از جنبه اکولوژیک، بلکه از نظر اقتصادی نیز به عنوان سیستم‌های طبیعی کنترل فرسایش عمل می‌کنند و سالانه از خسارات قابل توجهی به منابع خاک و سرمایه‌گذاری‌های کشاورزی جلوگیری می‌نمایند. این یافته‌ها بر ضرورت حفظ و احیای پوشش گیاهی مراتع به عنوان راهکاری کارآمد و مقرون به صرفه برای مقابله با فرسایش خاک تأکید دارد. تفاوت در نتایج ارزش گذاری‌های انجام شده در مناطق مختلف، لزوم توسعه روش‌های بومی و دقیق‌تر برای برآورد خدمات اکوسیستمی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. مطالعه حاضر ارزش اقتصادی کارکرد تولید خاک در مراتع حوزه آبخیز کلاشک را ۱۲۱۶۳۳ ریال در هکتار برآورد

کرده است. این رقم در مقایسه با پژوهش‌های مشابه داخلی از جمله مطالعه Bostan (۲۰۲۲) با مقدار ۳۴۶۹۴ ریال در هکتار و تحقیق Arabzadeh و همکاران (۲۰۱۲) با مقدار ۴۷۶۹ ریال در هکتار، نشان دهنده طیف گسترده برآوردهای ارزش اقتصادی این خدمت اکوسیستمی است. در سطح بین‌المللی، پژوهش Abulizi و همکاران (۲۰۱۷) در مراتع چارچان چین ارزش بسیار بالاتری معادل ۶۵۰۵ دلار در هکتار را گزارش کرده‌اند. این تفاوت‌های چشمگیر عمدتاً ناشی از عوامل متعددی شامل روش‌شناسی‌های متفاوت ارزش گذاری، شرایط اکولوژیک خاص هر منطقه، کیفیت و حاصلخیزی خاک و همچنین تفاوت در قیمت‌های محلی و نرخ‌های تبدیل ارز می‌باشد. اگرچه مراتع نقش حیاتی در پشتیبانی از فرآیندهای زیست‌محیطی دارند، اما نمی‌توان اهمیت کارکردهای تولیدی آنها را نادیده گرفت. این کارکردها به طور مستقیم با معیشت ساکنان محلی و زندگی روزمره بهره‌برداران پیوند خورده‌اند (Ebadi et al., 2019). تولید علوفه به عنوان محصول اصلی مراتع، منبع تغذیه دام در بسیاری از مناطق به ویژه جوامع روستایی محسوب می‌شود و نقش مهمی در اقتصاد محلی ایفا می‌کند (Rahimi Dehcheraghi et al., 2021). در این مطالعه ارزش اقتصادی کارکرد تولید علوفه در مراتع کلاشک ۲۹,۵۴۰,۷۰۰ ریال در هکتار برآورد شده است که در مقایسه با مطالعات بین‌المللی مانند پژوهش Sandhu و همکاران (۲۰۲۳) در هند (۴۴/۴۷ دلار در هکتار) و Naime و همکاران (۲۰۲۰) در مناطق استوایی (۱۶۵/۹۸ دلار در هکتار) قرار می‌گیرد. با این حال، چالش اصلی در بهره‌برداری پایدار از مراتع، مدیریت صحیح چرای دام است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که چرای مازاد بر ظرفیت مراتع، تهدیدی جدی برای پایداری این اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود. مطالعات متعدد از جمله Warren و همکاران (۲۰۰۱) و Mirzaee Moosivand و Tarnian (۲۰۲۰) تأثیر منفی چرای بی‌رویه را بر کاهش پوشش گیاهی و تخریب خاک تأیید کرده‌اند. نتایج این پژوهش نیز

این مطالعه برای نیل به مدیریت پایدار مراتع است. این مطالعه با ارائه مقایسه‌ای نظام‌مند از یافته‌ها در کنار پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی، تصویر جامعی از ارزش اقتصادی مراتع زاگرس ارائه می‌دهد که می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی قرار گیرد. با این حال، این اکوسیستم ارزشمند با تهدیداتی همچون چرای بی‌رویه دام، تغییر کاربری اراضی، فرسایش آبی و تغییرات الگوی بارش‌ها مواجه است که لزوم توجه ویژه به مدیریت پایدار آن را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کرمانشاه تشکر و قدردانی می‌شود.

Resources

- Abbasi, M., Jafary, M., Tavili, A., Rafiee, H., & Khalighi, Sh. (2023). An economic evaluation of the effect of rangeland ecosystems degradation on the loss of soil nutrients (Case study: rangelands of Salman in Qom). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 30(1), 91-100. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2023.128953> (In Persian)
- Abdollahi, S., & Ildarmi, A. (2022). Ecosystem Services Valuation; Concepts and Methods. *Humans & Environment*, 20(1), 1-18 (In Persian)
- Abulizi, A., Yang, Y., Mamat, Z., Luo, J., Abdulslam, D., Xu, Z., Zayiti, A., Ahat, A., & Halik, W. (2017). Land-use change and its effects in Charchan Oasis, Xinjiang, China. *Land Degradation & Development*, 28(1), 106-115. <https://doi.org/10.1002/ldr.2530>
- Amirjad, H. (2012). *Natural Resource Economics, Second Edition*, Sari, 374 (In Persian)
- Arabzadeh, Z. (2012). *Economic value of environmental functions of rangelands of Khorasan Razavi Province, Master's thesis in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture*, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Persian)
- Baskent, E. Z. (2021). Assessment and valuation of key ecosystem services provided by two forest ecosystems in Turkey. *Journal of Environmental Management*, 285, 112-135. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112135>
- Bostan, Y. (2022). The Economic value of production and regulation functions of rangeland ecosystems (Case study: Forage production services, Waste treatment and soil formation). *Management of Natural Ecosystems*, 2(2), 1-12. <https://doi.org/10.22034/emj.2022.254138> (In Persian)
- Chen, Y., Kou, W., Ma, X., Wei, X., Gong, M., Yin, X., Li, J., & Li, J. (2022). Estimation of the Value of Forest Ecosystem Services in Pudacuo National Park, China. *Sustainability*, 14(17), 10-55. <https://doi.org/10.3390/su141710550>
- Dehdari, S., Khorsandi Kouhanestani, Z., & Noedoost, F. (2025). Economic valuation of ecosystem services in the context of ecological sustainability (Case study: Vargar basin pastures). *Journal of Social*

حاکمی از عدم تعادل میان تعداد دام و ظرفیت مراتع منطقه است که با یافته‌های Hosseinzadeh و همکاران (۲۰۱۷) همسو می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق، شرایط ضرورت اتخاذ راهبردهای مدیریتی هوشمندانه را آشکار می‌سازد. از یک سو باید به نیازهای معیشتی جوامع محلی توجه شود و از سوی دیگر، سلامت اکوسیستم‌های مرتعی حفظ گردد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای سیاست‌گذاری‌های خردمندانه در زمینه تلفیق بهره‌برداری اقتصادی و حفاظت از مراتع فراهم آورد. برنامه‌ریزی برای تعادل بخشی میان ظرفیت مراتع و تعداد دام، بهبود روش‌های چرای و سرمایه‌گذاری در احیای پوشش گیاهی از جمله راهکارهای پیشنهادی

- Business*, 1(2), 46-56.
<https://doi.org/10.22059/jsbu.2025.391739.1014> (In Persian)
- Ebadi, N., Javadi, S.A., & Moghaddasi, R. (2019). Economic valuation of natural ecosystems services in Malahshoreh and Gorgo rangelands in Boyer Ahmad region, *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 10(1), 65-80. (In Persian)
- Eskandari Nasab, H., Amirtaimoori, S., Zare Mehrjerdi, M. R., Mirzaei Khalilabadi, H.R., & Baniasadi, M. (2023). Ecosystem Services Valuation of Rig-Ishaqabad Rangeland in Iran: Provisioning and Regulating Services of Rangeland Vegetation Types. *Journal of Agricultural Information Science Technology*, 25(2), 267-284.
<https://doi.org/10.52547/jast.25.2.267> (In Persian)
- Ghoreyshi, R., Motamedi, J., & Sheidai Karkaj, E. (2014). Estimating Economic Value of Carbon Sequestration Services in Rangelands with Replacement Cost Method (Case Study: Khoy Dizaj Batchy Rangeland). *Environmental Sciences*, 12(2), 55-64. (In Persian)
- Grunwald, A. (2018). Diverging pathways to overcoming the environmental crisis: A critique of eco-modernism from a technology assessment perspective. *Journal of Clean Production*, 197(18), 54-62.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.212>
- Hashemnejad Rahimabadi, A., Mohamadi-Nejad, A., Amirnejad, H., & Moghaddasi, R. (2024). Valuation of Market and Non-Market Goods and Services of the Forest Ecosystem of Northern Iran (Hyrcanian Forests), *Journal of Environmental and Natural Resources Economics*, 4(8), 103-136.
<https://doi.org/10.22054/eenr.2024.80304.188> (In Persian)
- Hosseinzadeh, A., Heidari, Gh., Barani, H., & Zali, H. (2017). Effects of livestock number on range condition (Case study: Shahsavani nomads of Meshginshahr city). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(3), 513-523.
<https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.113359> (In Persian)
- Iranmanesh, Y., Jahanbazi Gojani, H., Shirmardi, H. A., Shamsodini, S., & Habibi, M. (2020). Economic valuation of carbon sequestration, O₂ and forage production in the Gandoman wetland. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 7(2), 262-275.
<https://doi.org/10.22092/ijrdr.2020.122766.1752> (In Persian)
- Jafari Foutami, I., & Sheidai Karkaj, E. (2018). Investigation the causes of uncertainty in methods for estimating soil organic carbon storage. *Journal of Range and Watershed Management*, 71(1), 61-71.
<https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.20681.4.1009> (In Persian)
- Jafarzadeh, A., Mahdavi, A., Fallah Shamsi, S., & Yousefpour, R. (2020). Economic evaluation of some of the most important ecosystem services in Zagros forests. *Environmental Sciences*, 18(1), 137-150.
<https://doi.org/10.29252/envs.18.1.137> (In Persian)
- Jahani, Sh. (2013). Economic valuation of the function of soil nutrient conservation (NPK) in the Manasht-Vaqalrang protected area. *Master's thesis, Malayer University*, 119. (In Persian)
- Johnson, B. G., P. S. Verburg., & J. A. Arnone. (2016). Plant species effects on soil nutrients and chemistry in arid ecological zones. *Oecologia*, 182(1), 299-317.
<https://doi.org/10.1007/s00442-016-3655-9>
- Keivan Behjou, F., & Firouzi Asl, M. (2018). Economic evaluation of rangeland ecosystems for preserving important soil nutrients in Moghan rangelands. *Journal of Rangeland*, 11(4), 499-510 (In Persian)
- Logsdon, R.A., & Chaubey, I. (2013). quantitative approach to evaluating ecosystem services. *Ecological Modelling*, 257, 57-65.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.02.009>
- Macdicken, K.G. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects, making. *Ecological Economics*, 68(3), 643- 653.
- Mansouri, M., & Badehian, Z. (2019). Using replacement cost method to determining the economic value of carbon sequestration in *Quercus brantii* in the Zavli protected area. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 7(14), 151-168. (In Persian)
- Mesdaghi, M. (2003). *Rangeland Management in Iran*. Astan Quds Razavi Publications, 333 pages. (In Persian)

- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) Syn-thesis Report. *Island Press*, Washington, D.C. (2005).
- Mirzaee Moosivand, A., & Tarnian, F.A. (2020). Comparison of vegetation and soil characteristics in two tracts of rangeland, grazed and non-grazed (Case study: Northeast of Delfan County, Lorestan). *Journal of Rangeland*, 4(2), 171-183. (In Persian)
- Modaberi, A., Mahdavi, A., & Amirnejad, H. (2022). Estimation of the Economic Value of Soil Nutrition Protection in Zagros Forest Ecosystems (Case Study: Noujian Watershed in Khoramabad). *Ecology of Iranian Forests*, 10(19), 127-135. <https://doi.org/10.52547/ifej.10.19.127> (In Persian)
- Mofidi Chelan, M., Sheidai Karkaj, A., & Ghoreyshi, R. (2021). Estimation of economic value of carbon sequestration at Inchehbrun salt lands, Golestan. *Journal of Rangeland*, 15(2), 269-281 (In Persian)
- Mohebali, A., Erfanzadeh, R., & Jafari, M. (2021). Different effects of woody species with different crown structure on some of the most important qualitative characteristics of soil (Case study: rangelands of Haluposhteh, Baladeh Noor, Mazandaran province). *Journal of Rangeland*, 15(1), 110-122 (In Persian)
- Mousavi, S.A. (2011). *Appropriate land management by designing a planning support system based on the economic values of ecosystem functions (case study: Taleghan Mianeh sub-basin)*. PhD thesis, University of Tehran. (In Persian)
- Naime, J., Mora, F., Sanchez-Martínez, M., Arreola, F., & Balvanera, P. (2020). Economic valuation of ecosystem services from secondary tropical forests: trade-offs and implications for policy making. *Forest Ecology and Management*, 473, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118294>
- Nasri, M., Ghorbani, M., Jafari, M., Azarnivand, H., & Rafiei, H. (2016). Estimating the economic value of carbon sequestration function in arid and semi-arid rangelands (study area: Malard County). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23(2), 396-403. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2016.107040> (In Persian)
- Rahimi Dehcheraghi, M., Arzani, H., Azarnivand, H.F., Jafari, M., & Zare Chahoki, M.A. (2021). Selection of rangeland management methods and appropriate grazing systems in rangelands of Mazandaran province (Case study of Lar Absar rangelands). *Management of Natural Ecosystems*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.22034/emj.2021.248867> (In Persian)
- Refahi, Hossein Gholi. (2017). *Water Erosion and Its Control*, University of Tehran, 551 pages. (In Persian)
- Refahi, Hosseingholi. (2017). *Water Erosion and Its Control*, University of Tehran, 551 pages.
- Sandhu, H., Zhang, W., Meinzen-Dick, R., ElDidi, H., Perveen, S., Sharma, J., Kaur, J., & Priyadarshini, P. (2023). Valuing ecosystem services provided by land commons in India: implications for research and policy. *Published by IOP Publishing Ltd*, 1-13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acadf4>
- Shamkhi, T., & Mirmohammadi, S.M. (2012). Challenges of Iran's forests and rangelands and suggestions for solving the problems. *Strategic report of the Deputy for Economic Research*, 150 Report code 4-8-91-12.
- Soleiman, M.L., & Lohmander, P. (2007). *Stumpage Prices in Iranian caspian forests*. Asian Subak, S. Forest certification eligibility as a screen for CDM sinks projects. *Climate Policy*, 2, 335-351. <https://doi.org/10.3923/ajps.2007.1027.1036>
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity. *Ecological and Economic Foundations* (Edited by Pushpam Kumar). London: Routledge, 456p.
- Thompson, D. B., Walker, L. R., Landau, F. H., & Stark, L. R. (2005). The influence of elevation, shrub species, and biological soil crust on fertile islands in the Mojave Desert, USA. *Journal of Arid Environments*, 61(4), 609-629. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.09.013>
- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a

- proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil science*, 37(1), 29-38
- Warren, A., Batterbury, S., & Osbahr, H. (2001). Soil erosion in the West African Sahel: A review and an application of a local political ecology approach in South West Niger, Global Environment. *Journal of Change-Human Policy Dimens*, 11(1), 79-95. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(00\)00047-9](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00047-9)
- Yari, R., Zare, Sh., & Mirmiran, S.M. (2024). Economic evaluation of forage production in Rangelands of Chaharbagh village, Golestan province. *Rural Development Strategies*, 11(1), 137-150. <https://doi.org/10.22048/rdsj.2024.397175.2100> (In Persian)
- Yazdani, S., & Abbasi, A. (2010). Estimating the economic value of environmental benefits of forests (Case study: Saltworks section of Khairud forest in Nowshahr city), *Agricultural Economics Research*, 28(1), 73-85. (In Persian)
- Yeganeh, H., Azarnivand, H., Saleh, I., Arzani, H., & Amirnejad, H. (2015). Estimation of economic value of the gas regulation function in rangeland ecosystems of Taham watershed basin. *Journal of Rangeland*, 9(2), 106-119. (In Persian)
- Yeganeh, H., Azarnivand, H., Pourbagher, S., & Saleh, A. (2021). Water conservation functionality of rangeland ecosystems in Taham watershed of Zanjan, Iran. *Journal of Rangeland*, 1, 12-23. (In Persian)
- Zamolodchikov, D. G., Korovin, G. N., & Utkin, A. I. (2002). Mitigation potential for carbon sequestration through forestry activities in Russia. Internet. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 6, 213-232. <https://doi.org/10.1016/B978-008044276-1/50313-5>
- Zhengfeng, a., Edward, B., Xinyi, D., Cole, G., Cameron, C., & Scott, Ch. (2022). Quantifying past, current, and future forest carbon stocks within agroforestry systems in central Alberta, Canada. *GCB BIOENERGY*, 14(14), 621-706. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12934>