# برآورد ارزش اقتصادی کارکرد حفظ و نگهداری عناصر غذایی خاک در بوم‌سازگان جنگلی زاگرس (مطالعه موردی: منطقه دالاب ایلام)

**فرشید کرمی[۱]، عبدالعلی کرمشاهی[۲*]، امیرمدبری[۳]، علی مهدوی[۲] و جلال هناره‌خلیانی[۴]**

۱) دانشجوی دکتری رشته علوم جنگل- جنگلداری و مسایل اقتصادی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۲) دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: a.karamshahi@ilam.ac.ir
۳) دانش‌آموخته دکتری رشته منابع طبیعی- جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۴) استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۴

**چکیده**

در این پژوهش یکی از مهم‌ترین کارکردها و خدمات جنگل، کارکرد حفظ و نگهداری عناصر غذایی خاک در جنگل‌های حوزه آبخیز دالاب در استان ایلام ارزش‌گذاری شده است. ابتدا میزان فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل پسیاک اصلاح شده در وضعیت موجود بررسی شد. در این پژوهش با تدوین دو سناریو مبنی بر تبدیل جنگل طبیعی (فعلی) با تاج پوشش متوسط ۳۰ تا ۵۰ درصد به زمینی بدون پوشش درختی از طریق امتیازدهی به مدل، تغییرات در میزان فرسایش و رسوب تخمین زده شد. در ادامه با انجام نمونه‌برداری از خاک و تجزیه‌وتحلیل آزمایشگاهی میزان مواد مغذی خاک تعیین شد. سپس با در نظر گرفتن اختلاف میزان فرسایش در وضعیت جنگل طبیعی (فعلی) با تاج پوشش متوسط ۳۰ تا ۵۰ درصد و زمین بدون پوشش درختی، مقدار هر یک از عناصر مغذی در خاک و همچنین مقدار هدر رفت عناصر مغذی خاک محاسبه شد. با به‌کارگیری روش هزینه جایگزینی، ارزش خدمت نگهداری از مواد مغذی خاک اکوسیستم جنگلی برآورد شد. نتایج نشان داد جنگل مورد مطالعه می‌تواند سالانه ۲/۵۲ تن فسفر، ۳۵/۵۵ تن پتاسیم و ۲۵۱/۹۶ تن نیتروژن در سال به ارزش تقریبی ۲،۲۷۵،۷۰۰ میلیون‌ریال در سال را حفظ کند و از هدر رفتن آن در اثر فرسایش جلوگیری کند. همچنین ارزش هر هکتار از جنگل برای این کارکرد ۸۸/۱۳ میلیون‌ریال برآورد شد. برآورد ارزش این خدمت اکوسیستمی در جنگل‌های زاگرس حاکی از نقش بسیار موثر اکوسیستم‌های جنگلی در کنترل فرسایش و حفاظت از مواد مغذی خاک است.

**واژه‌های کلیدی:** ایلام، فرسایش، کارکرد جنگل، مواد مغذی، هزینه جایگزینی.

## مقدمه

تخریب و فرسایش خاک در ایران مشکلی جدی است (حسینی و حسینی، ۱۳۹۳). نرخ سالانه فرسایش خاک در ایران ۳۳ تن در هکتار گزارش شده که تقریبا ۶/۵ برابر حد مجاز استانداردهای بین‌المللی است (حسینی و قربانی، ۱۳۹۰). منظور نکردن هزینه فرسایش خاک در تحلیل‌های هزینه- منفعت و استفاده از خاک به عنوان نهاده رایگان در فرآیند تولید را می‌توان از مهم‌ترین عوامل تخریب فزآینده خاک به شمار آورد (مبرقی، ۱۳۸۹). تغییرات عناصر غذایی خاک و همچنین پایداری خاکدانه‌ها چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت به دلیل نقش مهمی که در رشد و تغذیه گیاه و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است (صادقی‌فر و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از خدمات اکوسیستم‌های جنگلی، حفظ و نگهداری از عناصر غذایی خاک به‌واسطه کنترل و کاهش فرسایش است. در سال‌های اخیر به‌منظور تخمین

ارزش پوشش‌گیاهی در حفاظت از خاک، روش‌هایی متداول شده است که یکی از رایج‌ترین آنها برآورد ارزش خاک برحسب ارزش مهم‌ترین عناصر غذایی موجود در خاک است (مبرقی، ۱۳۸۹). از میان عناصر غذایی خاک، برخی از اهمیت بیشتری برای گیاه برخوردار هستند و کمبود آنها عوارض مشخصی برای رشد گیاه به همراه خواهد داشت. در میان این عناصر، سه عنصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارای اهمیت بیشتری بوده و اتفاق‌نظر عمومی در این رابطه وجود دارد، به‌طوری‌که در بسیاری از پژوهش‌ها، ملاک برآورد ارزش خاک، محاسبه ارزش این سه عنصر کلیدی در خاک منطقه است (Xue & Tisdell, 2001). پژوهش‌های متعددی در زمینه برآورد ارزش حفظ حاصلخیزی خاک در اکوسیستم‌های جنگلی در داخل و خارج کشور انجام شده است. در پژوهشی Bann (۱۹۹۸) با به‌کارگیری روش هزینه جایگزینی در جنگل‌های تروپیکال جنوب‌شرقی آسیا در کشور کامبوج، رقم ۶ دلار در هکتار را برای ارزش حفاظت از مواد مغذی خاک ارایه نمود. Ammour و همکاران (۲۰۰۰) برای حفاظت مواد مغذی خاک در جنگل‌های گواتمالا سالانه ارزشی معادل ۱۲ تا ۴۰ دلار در هکتار را برآورد کردند که برای این برآورد از دو روش هزینه جایگزینی و هزینه اجتناب شده، استفاده کردند. Xue و Tisdell (۲۰۰۱) در پژوهشی در جنگل‌های آمیخته پهن‌برگ و سوزنی‌برگ چین با استفاده از روش‌های هزینه فرصت و هزینه جایگزینی، ارزش نگهداشت سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را توسط جنگل، به‌طور تقریبی معادل ۳۱/۲۵ دلار (در هکتار در سال) برآورد کردند. Guo و همکاران (۲۰۰۱) ارزش نگهداشت سه عنصر مغذی نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط جنگل ژینگ‌شان[1] چین را به میزان ۵۳/۶ دلار (در هکتار در سال) برآورد کردند. Kumar (2004) ارزش کارکرد حفاظت از خاک در جنگل‌های هند را با استفاده از روش هزینه جایگزینی معادل ۴۷۵ دلار (در هکتار در سال) برآورد نمود. Hussain و Badola (۲۰۰۸) ارزش هر هکتار از جنگل‌های مانگرو[2] را از نظر کارکرد نگهداری عناصر غذایی پرمصرف خاک در هندوستان ۲۳۲/۵ دلار برآورد کردند. Ninan و Kontoleon (۲۰۱۶) با به‌کارگیری روش ارزش‌گذاری اکوسیستم هزاره و هزینه فرصت ارزش حفاظت از خاک پارک ملی ناگارول[3] در هند را مورد بررسی قرار داده و ارزش هر هکتار از این پارک را از نظر حفاظت از خاک، معادل ۷۰،۰۰۰ دلار در هکتار برآورد کردند.

پناهی و همکاران (۱۳۸۶) ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت از منابع خاکی در جنگل‌های خزری را معادل ۹۲/۶ میلیون ریال در هکتار برآورد کردند. بختیاری (۱۳۸۶) در پژوهشی در منطقه حفاظت شده سبزکوه استان چهارمحال‌بختیاری چنین نتیجه‌گیری کردند که هر هکتار جنگل از وارد آمدن خسارتی معادل با ۱۳۱،۵۶۶/۷ریال از نظر فرسایش خاک و هدررفت سه عنصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مناطق جنگلی جلوگیری می‌کند. مبرقی (۱۳۸۹) ارزش عملکرد حفاظت از خاک در بخشی از جنگل‌های خزری (۵ زیرحوضه) را با استفاده از مدل تجربی پسیاک[4] اصلاح شده و روش هزینه جایگزینی برآورد کرد. نتایج وی نشان داد ارزش حفاظت از مواد مغذی خاک میانگینی معادل ۲۵۲،۰۰۰ ریال در هر هکتار از خاک منطقه دارد. کیوان‌بهجو و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود ارزش اقتصادی عناصر غذایی اصلی خاک منطقه حفاظت‌شده شیمبار استان خوزستان را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش میزان فرسایش از مدل تجربی EPM و ارزش‌گذاری این خدمات با به‌کارگیری روش هزینه جایگزینی استفاده شد. نتایج نشان داد هر هکتار جنگل قادر است از خسارت ناشی از فرسایش خاک و نابودی سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌میزان ۲۸،۳۰۶،۴۶۵ ریال جلوگیری کند.

حسینی و همکاران (۱۳۹۶) با به‌کارگیری روش ارزش‌گذاری هزینه جایگزینی، ارزش حفاظت از خاک بوم‌سازگان جنگل پارک ملی کیاسر را از بعد حفاظت از خاک معادل ۳۶/۰۳ میلیارد ریال برآورد کردند. ارزش سالانه هر هکتار از این جنگل‌ها در حفظ حاصلخیزی خاک ۵/۰۶۴ میلیون ریال برآورد شد. کوره‌پزان و فروتن (۱۳۹۹) در پژوهش خود درآمد اقتصادی یک باغ زیتون به مساحت ۵۰ هکتار واقع در روستای لنگرود بخش قنوات استان قم را با درنظر گرفتن فاکتورهای زیست محیطی (کالا و خدمات زیست محیطی مهم نظیر تولید اکسیژن، جذب کربن و خدمات مربوط به حفاظت خاک) و بدون آن (تنها برآورد هزینه/ درآمد اقتصادی) بر اساس روش‌های مبتنی بر هزینه ارزش‌گذاری مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد درآمد کارکردهای زیست محیطی حاصل از تولید اکسیژن، ترسیب کربن و تثبیت مواد مغذی خاک

1 Zhongshan
2 Mangrove
3 Nagarhole National Park
4 PSIAC

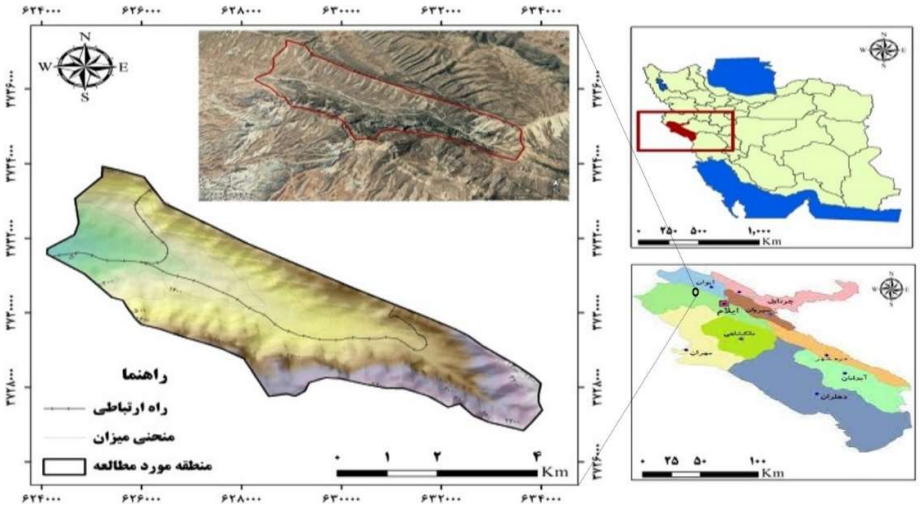
به‌ترتیب ۲۰،۰۲۲،۴۴۹/۰۷، ۱،۷۴۶،۳۳۱/۱۴ و ۳۱۹،۱۳۴/۲۲۱ میلیون‌ریال است. با نگاهی به مطالعات صورت گرفته در این زمینه مشاهده می‌شود پژوهش‌ها در خصوص ارزش‌گذاری حفاظت از عناصر مغذی خاک در جنگل‌های زاگرس بسیار کم صورت گرفته است و با توجه به اختلافات فراوان ادافیکی و اکولوژیکی که در پهنه زاگرس وجود دارد، این موضوع ضرورت پژوهش حاضر را بیشتر نمایان می‌سازد.

با دانستن ارزش اقتصادی اکوسیستم‌ها، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قادر به تصمیم‌گیری جامع‌نگرتر و صحیح‌تر خواهند بود. زیرا آگاهی از ارزش واقعی این منابع و رایگان تلقی نکردن آنها می‌تواند نقش این اکوسیستم با ارزش و خدمات نهفته آن در زندگی مردم بیش از پیش نمایان سازد. همچنین باعث می‌شود از تخریب و نابودی این اکوسیستم توسط عوامل انسانی جلوگیری شود و توجه مسئولان را به‌خود جلب نماید، چرا که اغلب تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها براساس معیارهای اقتصادی صورت می‌پذیرند. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی ارزش کارکرد حفاظت از مواد مغذی خاک اکوسیستم جنگلی منطقه دالاب با به‌کارگیری روش هزینه جایگزینی است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در منطقه دالاب استان ایلام واقع در ۶ کیلومتری شمال شهرستان ایلام به مساحت ۲۵۸۲ هکتار انجام شد. این منطقه در محدوده "۸۵ '۲۶ °۳۷ تا "۰۵ '۳۴ °۳۷ طول شرقی و "۹۲ '۵۳ ° ۶۲ تا "۵۰ '۳۷ °۶۳ عرض شمالی قرار دارد. بر اساس داده‌های آماری ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ایلام دوره آماری ۲۸ ساله میزان متوسط بارندگی سالیانه در حدود ۵۹۰ میلی‌متر است. میانگین دمای حداکثر سالیانه در ایلام ۲۲/۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل درجه حرارت ماهیانه ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به جدول محدوده ضریب خشکی دومارتن منطقه مورد مطالعه در اقلیم مدیترانه‌ای قرار می‌گیرد. از آنجایی که اقلیم مدیترانه‌ای خود دارای تقسیمات فرعی می‌باشد، یکی از تقسیمات آن مدیترانه‌ای نیمه‌خشک است، بنابراین این منطقه دارای اقلیم مدیترانه‌ای نیمه‌خشک با آب و هوای معتدل می‌باشد (یاری و رستمی، ۱۳۹۸). خاک منطقه بر اساس تقسیم بندی فائو در رده خاک‌های لیتوسل قرار می‌گیرد و به‌طور عمده درختان منطقه گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) با فرم رویشی شاخه زاد و تک اشکوبه هستند. منطقه دالاب واقع در شهرستان ایلام به‌واسطه موقعیت جغرافیایی و جاذبه‌های طبیعی و تاریخی (کوه قاقیران و روستای بانقلان) از قبیل تنوع در پستی و بلندی‌ها و چشمه‌های فراوان از جاذبه‌های مهم گردشگری استان و کشور به شمار می‌رود.




شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

**روش پژوهش**

جهت برآورد ارزش اقتصادی نقش و تاثیر جنگل در نگهداشت عناصر غذایی موجود در خاک و ممانعت از هدر رفت آنها از طریق جلوگیری از رخداد فرسایش خاک توسط عامل آب به‌عنوان یکی از خدمات جنگل‌ها این پژوهش در پنج مرحله به شرح زیر اجرا شد:

- بررسی و مشخص کردن ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه در تطبیق با نیازهای اجرای مدل برآورد مقادیر فرسایش و رسوب با استفاده از مدل پسیاک اصلاح‌شده[1]؛
- برآورد میزان سه عنصر اصلی غذایی موجود در خاک[2] و میزان هدررفت این عناصر؛
- برآورد میزان فرسایش آبی در منطقه با استفاده از روش پسیاک اصلاح‌شده؛
- تخمین ارزش عناصر غذایی موجود در خاک از دست رفته در اثر فرسایش آبی و نیز ارزش نگهداشت مواد غذایی خاک در مناطق جنگلی؛ و
- برآورد ارزش مواد از دست‌رفته خاک از طریق روش هزینه جایگزینی.

جهت اندازه گیری فرسایش نقشه‌های پایه لازم از قبیل نقشه توپوگرافی، زمین‌شناسی و پوشش‌گیاهی منطقه رقومی شده و نقشه پایه حوزه و نقشه‌های شیب، جهت و طبقات ارتفاعی با استفاده از نقشه توپوگرافی حوزه تهیه گردید. به هر یک از فاکتورهای مورد استفاده در مدل پسیاک اصلاح‌شده که نیاز به امتیازدهی در منطقه داشتند، امتیاز لازم از طریق جداول مدل داده شد. با استفاده از روابط مختلف موجود در مدل میزان فرسایش و رسوب برآورد شد و نقشه فرسایش حوزه آبخیز مورد مطالعه تهیه گردید. در این مدل از ۹ عامل در محاسبه میزان فرسایش استفاده شد. این عوامل عبارت بودند از: زمین‌شناسی، خاک، آب‌وهوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای که ارزش آنها بر اساس جدول ۱ محاسبه گردید (احمدی، ۱۳۷۸).

**جدول ۱. عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب به مدل M. P.S.I.A.C (احمدی، ۱۳۷۸)**

| شماره | عوامل فرسایش خاک و تولید رسوب | حدود نمرات هر یک از عوامل | ویژگی‌های مهم هر یک از عوامل |
|---|---|---|---|
| ۱ | سنگ‌شناسی | ۰ -۱۰ | نوع سنگ، سختی، خردشدگی، حساسیت به فرسایش آبی، و تولید رسوب |
| ۲ | خاک | ۰ -۱۰ | بافت، خاصیت انقباض و انبساط، شوری، مواد آلی، ساختمان خاک |
| ۳ | آب‌وهوا | ۰ -۱۰ | میانگین دما و بارش، شدت و مدت بارندگی، تواتر بارش |
| ۴ | رواناب | ۰ -۱۰ | حجم آب‌دهی در واحد سطح، گروه‌های هیدرولوژیک خاک |
| ۵ | پستی و بلندی | ۰ -۲۰ | شیب، ارتفاع، پستی و بلندی، وضعیت آبرفت‌ها و دشت‌های سیلابی |
| ۶ | پوشش سطح زمین | ۰ -۱۰ | میزان پوشش گیاهی، تراکم تاج پوشش، میزان لاشبرگ |
| ۷ | استفاده از زمین | ۰ -۱۰ | درصد اراضی زراعی، نوع کاربری سرزمین |
| ۸ | وضعیت فعلی فرسایش در حوضه آبخیز | ۰ -۲۵ | وضعیت منطقه از نظر میزان و انواع فرسایش شیاری، خندقی و حرکت‌های توده‌ای |
| ۹ | فرسایش رودخانه‌ای | ۰ -۲۵ | شیب متوسط بستر رودخانه، نوع سنگ بستر، نوع جریان، شیب هیدرولوژیک |

امتیاز فاکتور زمین‌شناسی سطحی از طریق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$Y1 = X1 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن Y1 عامل زمین‌شناسی و X1 شاخص فرسایش زمین‌شناسی سطحی است که بر اساس نوع سنگ، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می‌شود (احمدی، ۱۳۷۸). امتیاز فاکتور خاک در هر یک از واحدهای کاری از طریق رابطه ۲ محاسبه شد.

$$X2 = 16.67K \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن X2 امتیاز عامل رسوب‌دهی خاک و K عامل فرسایش‌پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش خاک است. امتیاز آب‌وهوا در هر یک از واحدهای کاری از طریق رابطه ۳ به‌دست آمد.

1 MPSIAC
2 NPK

رابطه (۳) $Y3 = 0.2X3$

که در آن Y3 امتیاز عامل آب‌وهوا و X3 مقدار بارندگی شش ساعته با دور برگشت دو سال بر حسب میلی‌متر است. امتیاز هرزآب یا رواناب از طریق رابطه ۴ به‌دست آمد.

رابطه (۴) $X4 = 0.2(0.03 + 50QP) = 0.006R + 10QP$

که در آن X4 امتیاز عامل رواناب؛ R: ارتفاع رواناب سالانه بر حسب میلی‌متر و QP: دبی ویژه پیک بر حسب مترمکعب بر ثانیه بر کیلومترمربع است. فاکتور پستی و بلندی در هر یک از واحدهای کاری از طریق رابطه ۵ حاصل شد.

رابطه (۵) $X5 = 0.33s$

که در آن X5 درجه رسوب‌دهی و S شیب متوسط حوزه بر حسب درصد است. امتیاز فاکتور پوشش از طریق رابطه ۶ به دست آمد.

رابطه (۶) $X6 = 0.2PB$

که در آن X6 امتیاز عامل پوشش زمین و PB درصد اراضی لخت و فاقد پوشش است. امتیاز استفاده از اراضی از طریق رابطه ۷ حاصل شد.

رابطه (۷) $X7 = 20 - 0.2PB$

که در آن X7 امتیاز درجه رسوب‌دهی عامل نحوه استفاده از اراضی و PB مقدار تاج‌پوشش بر حسب درصد است. امتیاز فاکتور وضعیت فعلی فرسایش از طریق رابطه ۸ به دست آمد.

رابطه (۸) $X8 = 0.25SSF$

که در آن X8 امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش و SSF امتیاز عامل سطحی خاک است که با استفاده از روش BLM به‌دست می‌آید. جهت تعیین ضریب BLM، ۷ عامل دخالت داده شده‌اند که عبارت بودند از: فرسایش سطحی؛ لاشبرگ سطحی؛ پوشش‌سطحی؛ آثار تخریب خاک و گیاه؛ فرسایش شیاری و ابعاد آن؛ جریان‌های سطحی و رسوبات؛ اشکال فرسایش خندقی و درصد آن. تعیین امتیاز فرسایش رودخانه‌ای (آبراهه‌ای) از طریق رابطه ۹ حاصل شد.

رابطه (۹) $X9 = 1.67SSF.g$

که در آن X9 امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای و SSF.g نمره نهایی فرسایش خندقی عامل سطحی خاک در روش BLM است. امتیاز ۹ عامل در مدل با استفاده از روابط موجود در هر واحد کاری تعیین گردید، سپس در نسبت مساحت آن ضرب شد و با هم جمع امتیازهای به‌دست آمده میزان درجه رسوبدهی (R) کل حوزه مورد مطالعه به‌دست آمد (احمدی، ۱۳۷۸). با قرار دادن میزان R در رابطه ۱۰ به شرح زیر مقدار رسوب ویژه برآورد گردید.

رابطه (۱۰) $Qs = 38/77e^{0/0353}$

که در آن QS: میزان رسوب‌دهی سالانه (رسوب ویژه) بر حسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال، R: درجه رسوب‌دهی که نشان‌دهنده فرسایش نیز است و e : لگاریتم عدد نپرین که تقریبا برابر ۲/۷۱۸ است. با ضرب نمودن مقدار رسوب ویژه بر حسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال، در وزن مخصوص ذرات رسوب (بطور متوسط ۱/۳۲۵) مقدار رسوب بر حسب تن در کیلومترمربع در سال به‌دست آمد. نسبت تولید رسوب بر حسب درصد نیز با به‌کارگیری رابطه ۱۱ محاسبه شد (احمدی، ۱۳۷۸).

رابطه (۱۱) $logSDR = 1.8768 - 0.1491log10A$

که در آن A: مساحت حوضه بر حسب مایل‌مربع است.

فرسایش ویژه خاک با به‌کارگیری رابطه ۱۲ محاسبه شد (احمدی، ۱۳۷۸).

رابطه (۱۲) $E = \frac{y}{a} \times 100$

E: میزان فرسایش، y: میزان رسوب و d: نسبت تحویل رسوب بر حسب درصد می‌باشد.

در نهایت نقشه شدت فرسایش حوزه از مطالعه میدانی و محیط GIS تهیه گردید.

با بروز تغییر در میزان پوشش گیاهی، امتیازات مربوط به میزان رواناب، پوشش گیاهی، نحوه استفاده از اراضی، فرسایش در سطح حوزه و فرسایش آبراهه‌ای و انتقال رسوب تغییر کرد و این تغییر در نهایت منجر به تغییر در میزان فرسایش شد (مبرقی، ۱۳۸۹). به‌منظور برآورد نقش اکوسیستم جنگلی در کاهش میزان فرسایش، فرض بر این بود منطقه مورد مطالعه از وضعیت موجود که جنگلی با تراکم متوسط تاج پوشش ۳۰ تا ۵۰ درصد (جنگل فعلی) است، به منطقه‌ای بدون پوشش با تراکم صفر درصد (قطع یک‌سره) تبدیل شود. برای محاسبه امتیازات مربوط به رواناب، پوشش گیاهی، نحوه استفاده از اراضی و دیگر مشخصات منطقه‌ای که تاج پوشش آن صفر بود، برای حالت تخریب یافته مد نظر قرار گرفت. با توجه به موجود بودن امتیاز هر یک از عوامل در مدل پسیاک در وضعیت‌های مختلف کاربری زمین، می‌توان میزان فرسایش را براساس

تغییرات ایجاد شده برآورد نمود. پس از برآورد میزان فرسایش و رسوب در دو حالت (جنگل فعلی و بدون جنگل)، آزمایش‌هایی روی خاک منطقه صورت گرفت. به این منظور ۲۸۳ نمونه خاک سطحی تا عمق ۱۵ سانتی‌متر تهیه شد و میزان هریک از عناصر مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در خاک منطقه اندازه‌گیری گشت. لازم به ذکر است که برای تعیین ازت کل در نمونه‌های خاک از دستگاه کجدال، فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر، روش Curtz و پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر و روش عصاره‌گیری استات‌آمونیوم استفاده شد (یگانه، ۱۳۹۲). سپس با کم کردن میزان فرسایش خاک در حالت جنگل فعلی از حالت قطع یک‌سره و ضرب نمودن آن در نسبت تشکیل‌دهنده هر یک از عناصر مغذی در خاک میزان هدررفت هر یک از عناصر مشخص گردید و سهم پوشش جنگلی در حفاظت از مواد مغذی خاک محاسبه شد. در نهایت با استفاده از روش هزینه جایگزینی، ارزش این عملکرد اکوسیستمی در منطقه مورد مطالعه بر اساس قیمت کودهای شیمیایی که می‌توانند جایگزین شوند، برآورد شد. از آنجایی که در ایران دولت یارانه‌سنگینی برای این‌گونه کودهای شیمیایی می‌پردازد، در این مطالعه به‌منظور برآورد ارزش واقعی این خدمت از نرخ واقعی این کودها بدون در نظر داشتن یارانه دولتی استفاده شد (مبرقی، ۱۳۸۹). جدول ۲ مبین این نرخ‌ها است.

جدول ۲. قیمت انواع کود در سال ۱۴۰۰ (شرکت خدماتی حمایتی کشاورزی، ۱۴۰۰)

| نام کود | قیمت (کیلوگرم/ ریال) |
|---|---|
| اوره | ۵۵۷۲۲ |
| سوپرفسفات‌تریپل | ۸۳۶۰۰ |
| سولفات‌پتاسیم | ۱۰۸۵۵۰ |

جهت مقایسه مقادیر عناصر مغذی در مناطق فرسایش‌یافته و فرسایش‌نیافته از آزمون t مستقل و من‌ویت‌نی یو جهت مشخص نمودن وجود اختلاف بین مقادیر NPK در نقاط فرسایش‌یافته با نقاط فاقد فرسایش استفاده گردید.

## نتایج

نتایج مربوط به آنالیز خاک در وضعیت جنگل طبیعی در جدول ۳ ذکر شده است. تجزیه‌وتحلیل مربوط در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری خاک با توجه به کم‌عمق بودن خاک منطقه صورت گرفت.

جدول۳. نتایج مربوط به آنالیز خاک منطقه مورد مطالعه

| واحد | رس (درصد) | سیلت (درصد) | شن (درصد) | مواد آلی (درصد) | آهک (درصد) | شوری $dsm^{-1}$ | نیتروژن کل (درصد) (ppm) | فسفر قابل جذب | پتاسیم قابل جذب (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کل حوضه | ۲۲/۳۱ | ۳۷/۵۳ | ۳۹/۰۹ | ۱/۰۷ | ۳۲/۹۴ | ۰/۸۳ | ۰/۲۷ | ۲۷ | ۳۸۱ |

مقدار متوسط فرسایش برای هر هکتار معادل ۶ تن در هکتار محاسبه شد که برای کل منطقه معادل ۱۵،۴۹۲ تن بود. با کاهش میزان پوشش گیاهی، میزان فرسایش و رسوب به‌طور محسوسی تغییر خواهد کرد. جدول ۴ نتایج این برآورد را در محدوده جنگلی با تراکم تاج‌پوشش صفر درصد نشان می‌دهد.

جدول ۴. میزان فرسایش و رسوب با فرض قطع یک‌سره جنگل

| واحد | مساحت (km2) | جمع امتیازات ۹گانه | Qs = 38.77 e0.035 R میزان رسوب ($m^3/km^2/y$) | رسوب ویژه ($ton/km^2/y$) | ضریب رسوب‌دهی (٪) SDR | فرسایش ویژه ($ton/km^2/y$) | میزان فرسایش کل (ton/y) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **کل حوزه** | **۲۵/۸۲** | **۹۲/۵۸** | **۱۰۱۷/۷۸** | **۱۳۴۸/۵۶** | **۰/۳۲** | **۴۲۱۴/۲۵** | **۱۰۸۸۱۱/۹۳** |

همان‌گونه که در جدول ۴ مشخص است، میزان رسوب تولیدی در مقایسه با وضعیت طبیعی، افزایش تقریبا هفت برابر را نشان می‌دهد. به‌منظور برآورد ارزش هدررفت مواد غذایی و در واقع نقش جنگل در ممانعت از این هدررفت و حفاظت از مواد غذایی، لازم است تا میزان عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در خاک منطقه مطالعاتی در هر یک از دو وضعیت جنگل اندازه‌گیری شود. به‌منظور ارزش‌گذاری این خدمت با ضرب نرخ واقعی هر یک از کودهای سه‌گانه با توجه به جدول

(۲)، در قیمت انواع کود در سال ۱۴۰۰ در میزان عناصر حفاظت‌شده با اکوسیستم جنگلی میزان ارزش در هکتار حفاظت شده، برآورد گردید. جدول ۵ نتایج محاسبات را نشان می‌دهد.

جدول ۵. میزان عناصر غذایی و هدررفت آنها در صورت از بین رفتن جنگل دالاب و ارزش ریالی هدررفت آنها

| واحد هیدرولوژیکی | هدررفت فسفر (ton/y) | ارزش کل (هزارریال) | هدر رفت پتاسیم (ton/y) | ارزش کل (هزارریال) | هدر رفت نیتروژن (ton/y) | ارزش کل (هزارریال) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کل حوضه | ۲/۵۲ | ۲۱۰،۶۷۲،۰۰۰ | ۳۵/۵۵ | ۳،۸۵۸،۹۵۲ | ۲۵۱/۹۶ | ۱۴،۰۳۹،۷۱۵ |
| ارزش عناصر حفاظت‌شده | | | | ۲۲۷،۵۷۰،۶۶۷،۰۰۰ریال | | |

بنابراین میزان ارزش سالانه نگهداری از سه ماده مغذی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک در محدوده جنگل مورد مطالعه با تاج پوشش ۳۰ تا ۵۰ درصد، معادل ۲۲۷،۵۷۰،۶۶۷،۰۰۰ریال خواهد بود. بر این اساس ارزش اقتصادی هر هکتار از جنگل برای این کارکرد ۸۸،۱۳۷،۳۶۱/۴ ریال برآورد شد.

در مورد ازت با توجه به نرمال بودن داده‌ها در نقاط شاهد و فرسایش یافته از آزمون t مستقل استفاده گردید. اما در مورد P و K به‌علت نرمال نبودن داده‌ها از آزمون من‌ویت‌نی یو جهت مقایسه مقادیر P و K در نقاط شاهد و فرسایش‌یافته استفاده شد. نتایج مربوط به آزمون‌ها در جداول ۶ و ۷ آورده شده است. براساس نتایج این جداول مقادیر NPK در مناطق شاهد و فرسایش‌یافته اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ دارد که بیانگر نقش فرسایش در هدررفت این عناصر است.

جدول ۶. نتایج آزمون t مستقل جهت مقایسه مقادیر نیتروژن (N) در نقاط شاهد و فرسایش‌یافته

| منطقه | میانگین | انحراف‌معیار | t | درجه آزادی | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|
| بدون پوشش | ۰/۰۶۸ | ۰/۰۲۶ | -۸/۳۴ | ۴۲ | ۰/۰۰ |
| با پوشش | ۰/۲۶ | ۰/۱۰۸ | -۸/۳۴ | ۲۳/۴۶ | ۰/۰۰ |

جدول ۷. نتایج آزمون من‌ویت‌نی یو جهت مقایسه مقادیر P و K در نقاط شاهد و فرسایش‌یافته

| عناصر | من ویت‌نی یو | Z | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|
| P | ۱۴۰/۵۰ | -۲/۳۸ | ۰/۰۱ |
| K | ۱۲۷ | -۲/۷۰ | ۰/۰۰۷ |

## بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای اندازه‌گیری میزان فرسایش خاک، از روش تجربی پسیاک اصلاح‌شده (MPSIAC) استفاده شد. بر اساس نتایج میانگین فرسایش ویژه ۶ تن در هکتار برای کل منطقه مورد مطالعه برآورد شد که در مقایسه با استاندارد جهانی (۵ تن در هکتار) به مراتب بیشتر است (کیوان بهجو و همکاران، ۱۳۹۵). این رقم برای حالت تخریب کلی جنگل به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته و ۴۲/۱۴ تن در هکتار برآورد شده که تقریبا ۸/۵ برابر استاندارد جهانی است. حسینی و همکاران (۱۳۹۶) میزان کاهش فرسایش خاک توسط بوم‌نظام جنگلی پارک ملی کیاسر ۶/۲۶ تن در هکتار در یک سال برآورد کردند و در مطالعه حاضر این رقم با افزایش چشم‌گیری معادل ۳۶/۱۴ تن در هکتار در سال برآورد شد که حاکی از نقش حیاتی جنگل‌های زاگرس در کنترل فرسایش خاک است. نقش اکوسیستم جنگل در کاهش فرسایش بسیار مهم است، به‌طوری‌که اکثر محققین در بررسی‌های خود به‌طور جداگانه به این موضوع اشاره کردند که میان تراکم پوشش گیاهی و کاهش فرسایش رابطه چشم‌گیری وجود دارد (مبرقی، ۱۳۸۹؛ پناهی و همکاران، ۱۳۸۶ & Barbier & Bishop, 1995; Hazarika & Honda, 2001;). درست است که از خاک‌هایی که در نتیجه فرسایش آبی شدید از نقاط مرتفع‌تر به نقاط پست‌تر یا چاله‌ها و پشت سدها منتقل می‌شوند، دوباره زمین به‌وجود می‌آید و این‌گونه زمین‌ها باز زمین‌هایی حاصلخیز و رسوبی‌اند، اما مقدار زمینی که بر اثر رسوب و تجمع مواد به‌وجود می‌آید، در مقیاس سطح‌هایی که خاک آن فرسایش یافته است و پوشش آن از بین رفته بسیار ناچیز است. همچنین در محیط‌زیست حاصلخیزی در کل سطح بیش از حاصلخیزی در نقاطی خاص (مانند دشت

یا چاله‌های نواحی پست) اهمیت دارد (Barbier & Bishop, 1995). بنابراین حفاظت و احیای پوشش جنگلی منطقه امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در کاربرد روش هزینه جایگزین در فرسایش خاک محققان به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین مقادیر هزینه فرسایش در خاک‌هایی با عمق کم‌تر از ۱۵ سانتی‌متر ایجاد می‌شود که دارای نرخ‌های بالای فرسایش هستند و همچنین به‌طور نسبی با افزایش عمق خاک (به دلیل کاهش نرخ فرسایش) هزینه جایگزین فرسایش کاهش خواهد یافت (Common & Sigrid, 2005). بنابراین با توجه به کم عمق بودن خاک در مناطق زاگرس و به‌خصوص منطقه مورد مطالعه رقم بالای برآورد شده فرسایش خاک قابل توجیه است. ارزش حفاظت از مواد مغذی خاک مبین ارزش میانگینی معادل ۸۸،۱۳۷،۳۶۱/۴۰ ریال در هکتار در سال ۱۴۰۰ برای منطقه دالاب برآورد شده است. با توجه به محدودیت‌های موجود در روش‌های ارزش‌گذاری کارکردهای اکوسیستمی ارزش برآورد شده به‌عنوان حداقل ارزش اکوسیستم جنگل برای این خدمت اکوسیستمی محسوب می‌شود. از سوی دیگر اثرات مخرب رسوب‌گذاری که باعث کاهش ظرفیت رودخانه‌ها و کانال‌ها، ایجاد مشکل در تصفیه‌خانه‌ها، خسارت به تاسیسات سد شامل دریچه‌ها و توربین‌ها، تخریب پایاب سد و از بین رفتن آبزیان می‌شوند، نقش اکوسیستم گیاهی به‌طور بارزتری مشخص می‌شود (مهدوی، ۱۳۹۵). قابل ذکر است که در برآورد ارزش نگهداری خاک با روش هزینه جایگزین باید هزینه نیروی کار جهت کودپاشی و هزینه بازسازی و نوسازی خسارت‌های ناشی از فرسایش خاک نیز در محاسبات منظور شود (Pedro *et al.*, 1997). نتایج این مطالعه با نتایج Ammour و همکاران (۲۰۰۰) که به‌طور خاص به برآورد این خدمت اکوسیستمی یعنی جلوگیری از هدررفت مواد مغذی خاک پرداخته است، مشابهت دارد. مطالعه Ammour و همکاران (۲۰۰۰) به برآورد ارزشی معادل ۱۲ تا ۳۰ دلار در هکتار برای عملکرد حفظ مواد مغذی خاک انجامیده است. همچنین Xue و Tisdell (۲۰۰۱) رزش حفاظت از مواد مغذی خاک در هر هکتار از جنگل را معادل ۳۱/۲۵ دلار برآورد کردند. در مطالعه مبرقی (۱۳۸۹) ارزش حفاظت از مواد مغذی خاک ارزش میانگینی معادل ۲۷ دلار در هکتار برآورد شد. نتایج مربوط به برآورد این خدمت اکوسیستمی در جنگل‌ها حکایت از نقش موثرتر اکوسیستم‌های جنگلی در کنترل فرسایش و حفاظت از مواد مغذی خاک نسبت به سایر اکوسیستم‌های گیاهی دارد (یگانه، ۱۳۹۲). در نهایت برآورد ارزش این خدمت اکوسیستمی در جنگل‌های زاگرس ایران حاکی از نقش بسیار موثر اکوسیستم‌های جنگلی در کنترل فرسایش و حفاظت از مواد مغذی خاک دارد.

## منابع


احمدی، ح. (۱۳۷۸) ژئومرفولوژی کاربردی، جلد اول، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۶۸۸ صفحه.

بختیاری، ف. (۱۳۸۶) ارزش‌گذاری اقتصادی منابع خاک جنگل زاگرس، مطالعه موردی عرصه‌های جنگلی منتخب استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۴۶صفحه.

پناهی، م.، ارسطو، س.، کوپاهی، م.، مخدوم، م. و زاهدی‌امیری، ق. (۱۳۸۶) چگونه می‌توان ارزش تولیدات و خدمات اکولوژیکی منابع جنگلی خزری را تقویم کرد. نشریه محیط‌شناسی، ۳۳(۴۲): ۱۷-۳۰.

حسینی، س.، امیرنژاد، ح. و اولادی، ج. (۱۳۹۶) ارزش‌گذاری خدمات و کارکردهای بوم‌نظام جنگلی پارک ملی کیاسر. نشریه اقتصاد کشاورزی، ۱۱(۱): ۲۱۱-۱۳۹.

حسینی، س.س. و حسینی، و. (۱۳۹۳) تاثیر جنگل‌کاری با گونه‌های کاج سیاه، کاج تهران و سرو نقره‌ای بر برخی خصوصیات خاک، بررسی موردی منطقه گاران شهرستان مریوان. نشریه بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۲(۴): ۳۷-۴۴.

حسینی، ص. و قربانی، م. (۱۳۹۰) اقتصاد فرسایش خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۲۸ صفحه.

شرکت خدمات حمایتی کشاورزی. (۱۴۰۰) قابل دسترس در آدرس اینترنتی: https://www.assc.ir/.

صادقی‌فر، م.، بهشتی‌آل‌آقا، ع. و پوررضا، م. (۱۳۹۵) تغییرپذیری عناصر غذایی خاک و پایداری خاک‌دانه در زمان‌های مختلف پس از آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس، مطالعه موردی جنگل‌های پاوه. نشریه بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۴(۸): ۱۹-۲۷.

کوره‌پزان، ز. و فروتن، ا. (۱۳۹۹) برآورد ارزش اقتصادی و منافع زیست محیطی باغ زیتون، مطالعه موردی استان قم. انسان و محیط زیست، ۱۸(۲): ۴۷-۵۹.

کیوان‌بهجو، ف.، هاشمیان، ا.، پناهی، م. و حسن‌زاده، ا. (۱۳۹۵) ارزش‌گذاری اقتصادی عناصر غذایی خاک منطقه حفاظت شده شیمبار با روش هزینه جایگزین. فصلنامه علوم محیطی، ۱۴(۱): ۱۳۷-۱۴۶.

مبرقی، ن. (۱۳۸۹) برآورد ارزش کارکرد حفاظت از مواد مغذی خاک در اکوسیستم‌های جنگلی. نشریه پژوهش‌های محیط زیست، ۱(۲): ۳-۱۲.

مهدوی، م. (۱۳۹۵) هیدرولوژی کاربردی، جلد ۱، دانشگاه تهران، ۳۴۲ صفحه.

یگانه، ح. (۱۳۹۲) ارزیابی اقتصادی و ارزش‌گذاری طرح احیای اکوسیستم‌های مرتعی، مطالعه موردی حوضه تهم، استان زنجان. پایان‌نامه دکتری رشته مرتع‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۵۰ صفحه.

Ammour, T., Windevoxhel, N. and Sencion, G. (2000) Economic valuation of mangrove ecosystems and subtropical forests in Central America. Sustainable forest management and global climate change: Selected case studies from the Americas 2000, Edward Elgar Publishing Ltd, ref. 39, pp. 166-197.

Barbier, E. and Bishop, J.T. (1995) Economic values and incentives affecting soil and water conservation in developing countries. Journal of Soil Water Conservation, 50(2): 133-137.

Bann, C. (1998) An economic analysis of tropical forest land use option: A manual for researchers. The Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA), Singapore, 65p.

Common, M. and Sigrid, S. (2005) Ecological economics an introduction (First Edition), Cambridge University Press, 549p.

Guo, Z., Xiao, X., Gan, Y. and Zheng, Y. (2001) Ecosystem functions, Services and their values-a case study in Xingshan county of China. Ecological Economics, 38(1): 141-154.

Hussain, S.A. and Badola, R. (2008) Valuing mangrove ecosystem services: Linking nutrient retention function of mangrove forests to enhanced agro ecosystem production. Wetlands Ecology and Management, 16(6): 441-450.

Kumar, P. (2004) Economics of soil erosion: Issues and imperatives from India. Concept Publishing Company, New Delhi, 177p.

Hazarika, M.K. and Honda, K. (2001) Estimating of soil erosion using remote sensing and GIS, Its valuation and economic implications in agricultural production. Sustaining the global farm Pages, pp.1090-1093.

Ninan, K. and Kontoleon, A. (2016) Valuing forest ecosystem services and disservices: Case study of a protected area in India. Ecosystem Services, 20(1): 1-14.

Predo, C., Grist, P., Menz, K. and Ranola, Jr.R.F. (1997) Estimating the on-site costs of soil erosion in the Philippines: The replacement cost approach. Imperata Project Paper, No.1997/8. Two approaches for estimating the on-site costs of soil erosion in the Philippines (pp: 25-36). Australian National University, Centre for Resource and Environmental Studies, Canberra, Australia.

Xue, D. and Tisdell, C. (2001) Valuing ecological functions of biodiversity in Changbaishan Mountain biosphere reserve in Northeast China. Biodiversity and Conservation, 10(1): 467- 481.

# Estimating the economic value of the preservation and maintenance functions of soil nutrients in Zagros forest ecosystem (case study: Dalab Ilam region)

**Farshid Karami[1], Abdol Ali Karamshahi*[2], Amir Modaberi[3], Ali Mahdavi[2], and Jalal Hanareh Khalyani[4]**

1) Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
2) Associate Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
*Corresponding Author Email Address:
3) Ph.D. in Natural Resources-Forestry, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
4) Assistant Professor, Department of Forests and Rangelands Researches, Center of Agricultural and Natural Resources Researches of West Azerbaijan Province, Urmia, Iran.

Date of Submission: 2023/06/03 Date of Acceptance: 2023/09/05

## Abstract

In this research, one of the most important functions and services of the forest, the function of maintaining soil nutrients in the forests of the Dalab watershed in Ilam province, has been valued. First, the amount of erosion and sedimentation in the study area was checked using the modified MPSIAC model in the current condition. By developing two scenarios of converting the (current) natural forest with 30 to 50% canopy cover to bare land through scoring the model, the changes in the amount of erosion and sedimentation were estimated. Next, the amount of soil nutrients was determined by soil sampling and laboratory analysis. Then, taking into account the difference in the amount of erosion in the state of natural forest (current) with 30-50% canopy cover and bare land, the amount of each nutrient element in the soil, and the loss of soil nutrients was also calculated. Then, using the replacement cost method, the service value of forest ecosystem soil nutrient maintenance was estimated. The results showed that the studied forest can maintain 2.52 tons of phosphorus, 35.55 tons of potassium, and 251.96 tons of nitrogen per year with an approximate value of 2,275,700 million rials per year and prevent its loss due to erosion. Also, the value of each hectare of forest for this function was estimated at 88.13 million rials. The estimation of the value of this ecosystem service in Zagros forests indicates the very effective role of forest ecosystems in controlling erosion and protecting soil nutrients.

**Keywords:** Erosion, Forest function, Ilam, Nutrients, Replacement cost.