دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۷
پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۷۸-۶۱

جواد سالاروند[۱]
***فرهاد قاسمی آقباش[۲]**
زهرا اسدالهی[۳]

بررسی نقش پوشش جنگلی در نگهداشت خاک به عنوان یک خدمت اکوسیستمی (مطالعه موردی: استان لرستان)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۸

چکیده

جنگل‌های واقع در رشته‌کوه زاگرس، وسیع‌ترین منطقه جنگلی کشور با بیش از پنج میلیون هکتار وسعت، دارای کارکرد حفاظت آب و خاک بوده و یکی از مهم‌ترین خدمات این اکوسیستم، ممانعت از فرسایش خاک است. متاسفانه امروزه این اکوسیستم‌های جنگلی در مواجهه با روند فزاینده دخل و تصرف‌های بی‌رویه ناشی از نیازهای روزافزون بهره‌برداران، با تغییرات مهمی از نظر کمی و کیفی مواجه شده‌اند. به نظر می‌رسد آگاهی از خدمات اکوسیستم‌های جنگلی تا حد زیادی از تخریب و نابودی آن‌ها جلوگیری می‌کند و تصمیم‌گیری‌ها را به سمت مدیریت بهینه کاربری اراضی سوق خواهد داد. پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش پوشش جنگلی در نگهداشت خاک به عنوان یک خدمت اکوسیستمی در مقایسه با سایر انواع کاربری اراضی در سطح استان لرستان و شناسایی نواحی با عرضه بالای این خدمت اکوسیستمی انجام شده است. مدل‌سازی خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک با استفاده از بسته نرم‌افزاری InVEST 3.0 و روابط مربوطه انجام گرفت. یافته‌های پژوهش نشان داد که با افزایش میزان فاکتورهای فرسایندگی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشگاه ملایر.
*۲- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ملایر. (نویسنده مسئول). E-mail: f.ghasemi@malayeru.ac.ir
۳- گروه محیط‌زیست، دانشگاه لرستان.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

باران و گرادیان طول شیب به سمت جنوب استان، حداکثر پتانسیل هدررفت خاک در بخش جنوبی استان مشاهده شد. از طرف دیگر همپوشانی مکانی پوشش جنگلی با این مناطق بر نقش پوشش جنگلی در حفظ خاک در مناطق مستعد هدررفت خاک تاکید داشت. براساس یافته‌های پژوهش پوشش جنگلی در مقایسه با سایر طبقات کاربری اراضی بیش‌ترین میزان نگهداشت خاک را به‌خود اختصاص داده است.

کلید واژه‌ها: استان لرستان، جنگل، خدمات اکوسیستم، نگهداشت خاک، هدررفت خاک.

مقدمه

ارتباط انسان و محیط‌زیست همواره قابل درک بوده است اما در دهه‌های اخیر شدت این همبستگی و به‌ویژه اثر فعالیت‌های انسان بر محیط‌زیست مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است. لذا بررسی این فعالیت‌ها و در نتیجه آشکارسازی روند تغییرات حادث شده در محیط‌زیست از نیازهای اساسی در مدیریت و همچنین ارزیابی دقیق منابع طبیعی است (Arekhi et al., 2012: 165). با شناخت روزافزون از ارتباط میان انسان و محیط‌زیست، میزان آگاهی افراد از اهمیت اکوسیستم‌ها در حفظ و بهبود رفاه انسانی افزایش یافته که این مهم توسعه مفهوم خدمات اکوسیستم[4] را به دنبال داشته است (Nahlik et al., 2012: 28). واژه خدمات اکوسیستم، همانند مفهوم اکوسیستم واژه نسبتا جدیدی است که برای اولین بار در دهه (۱۹۷۰) به‌کار گرفته شد.

Westman (1977) پیشنهاد کرد که با هدف اتخاذ تصمیمات مدیریتی آگاهانه‌تر به وسیله جامعه، می‌توان منافع همگانی حاصل از اکوسیستم را برشمرد و آن‌ها را "خدمات طبیعت" نامید. همزمان با توسعه مفهوم خدمات طبیعت، واژه خدمات اکوسیستم برای توضیح منافع همگانی اکوسیستم‌ها در دهه (۱۹۹۰) معرفی شد (Daily et al., 1997: 261). طبق تعریف ارزیابی هزاره اکوسیستم[5] خدمات اکوسیستم منافعی هستند که افراد به صورت مستقیم یا غیرمستقیم از اکوسیستم به‌دست می‌آورند که در چهار طبقه خدمات فراهم‌سازی[6]، تنظیمی[7]، فرهنگی[8] و حمایتی[9] قابل تقسیم‌بندی هستند. نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در سطح جهان استفاده غیر پایدار و کاهش عرضه خدمات اکوسیستم را نشان می‌دهد. با ادامه روند تخریب محیط‌زیست طی چند دهه اخیر، محققان با تکیه بر مفهوم خدمات اکوسیستم سعی در آشکارسازی اثر فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌ها داشته‌اند که منجر به شکل‌گیری پژوهش‌هایی با محوریت خدمات اکوسیستم شده است (Asadolahi et al., 2015: 62).

4- Ecosystem Services
5- Millennium Ecosystem Assessment
6- Providing
7- Regulating
8- Cultural
9- Supporting

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۱- طبقه‌بندی خدمات اکوسیستم

Table 1- Ecosystem services classification

خدمت	زیرطبقه	تعریف در صورت نیاز
خدمات فراهم‌سازی: کالا و محصولاتی که مستقیماً از اکوسیستم به‌دست می‌آیند.		
غذا	محصولات کشاورزی	گیاهان کشت شده توسط افراد برای مصرف انسانی و حیوانی به عنوان غذا
	احشام	
	آبزی‌پروری	
مواد خام زیستی	چوب و سایر محصولات چوبی	محصولاتی که از اکوسیستم به‌دست می‌آیند و استفاده تزئینی و زیبایی‌شناختی دارند.
	فیبر و صمغ	
	پوست حیوانات	
	شن و ماسه	
	منابع تزئینی	
سوخت ذیتوده		
آب شیرین		
منابع ژنتیکی		
خدمات تنظیمی: منافع حاصل از تنظیم فرآیندهای طبیعی توسط اکوسیستم حاصل می‌شود.		
حفظ کیفیت هوا		اثری که اکوسیستم‌ها در انتشار یا جذب مواد شیمیایی اتمسفر دارند.
تنظیم اقلیم		اثری که اکوسیستم‌ها در انتشار یا جذب گازهای گلخانه‌ای اتمسفر دارند.
تنظیم جریان آب		اثری که اکوسیستم‌ها در زمان‌بندی و حجم رواناب و تغذیه آب‌های زیرزمینی دارند.
کنترل فرسایش		توان اکوسیستم‌ها در حفظ و نگهداشت خاک
خدمات فرهنگی: منافع غیرمادی و معنوی حاصل از اکوسیستم‌ها		
تفرج و اکوتوریسم		لذت‌های تفرجی که افراد از اکوسیستم‌ها به‌دست می‌آورند.
ارزش‌های معنوی و اخلاقی		ارزش‌های معنوی، مذهبی و زیبایی‌شناختی که افراد از اکوسیستم‌ها به‌دست می‌آورند.
ارزش‌های الهامی و آموزشی		اطلاعاتی که از اکوسیستم‌ها به‌دست می‌آید و برای رشد فکری، فرهنگی و هنری استفاده می‌شود.
خدمات حمایتی: آن دسته از فرایندهای طبیعی که برای حفظ سایر خدمات ضروری هستند.		
زیستگاه		نقش اکوسیستم‌ها در حفظ جمعیت گونه‌ها و حفاظت از آن‌ها در برابر آشفتگی محیطی
چرخه مواد غذایی		جریان مواد غذایی (نیتروژن، گوگرد، فسفر، کربن) از طریق اکوسیستم‌ها
تولید اولیه		تولید مواد زیستی به‌وسیله گیاهان از طریق فتوسنتز

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نقشه‌های خدمات اکوسیستم ابزار مهمی برای تصمیم‌گیران هستند و آن‌ها را قادر می‌سازند تا به شکل مکانی نواحی دارای ارزش حفاظتی (به علت عرضه زیاد خدمات) را شناسایی کنند. یکی از نرم‌افزارهای تخصصی نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم، ابزار یکپارچه ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم و همکنشی میان آن‌ها InVEST[10] است که توسط پروژه سرمایه طبیعی[11] توسعه یافته است. کمی‌سازی و تجسم مکانی خدمات اکوسیستم با بسته نرم‌افزاری InVEST این امکان را فراهم می‌سازد تا میزان عرضه خدمات کمی شود یا حداقل از لحاظ مکانی قابل تجسم شود. به این ترتیب ذینفعان و تصمیم‌گیران می‌توانند از این اطلاعات به‌عنوان بخشی از فرآیند تصمیم‌گیری استفاده کنند که در نهایت منجر به انتخاب‌های پایدارتری خواهد شد (Vigerstol & Aukema, 2011: 2405). جنگل‌های واقع در رشته کوه زاگرس، وسیع‌ترین منطقه جنگلی کشور با بیش از پنج میلیون هکتار وسعت، دارای کارکرد حفاظت آب‌وخاک بوده و یکی از مهم‌ترین خدمات این اکوسیستم، ممانعت از فرسایش خاک است (Bakhtiari et al., 2009: 70). متاسفانه امروزه این اکوسیستم‌های جنگلی در مواجهه با روند فزاینده دخل و تصرف‌های بی‌رویه ناشی از نیازهای روز افزون بهره‌برداران، با تغییرات مهمی از نظر کمی و کیفی مواجه شده‌اند. به نظر می‌رسد آگاهی از خدمات و کارکردهای اکوسیستم‌های جنگلی تا حد زیادی از تخریب و نابودی آن‌ها جلوگیری می‌کند و تصمیم‌گیری‌ها را به سمت مدیریت بهینه کاربری اراضی سوق خواهد داد. فهم و درک اجزاء، ساختار و فرآیندهای طبیعی رایج در حوضه‌های آبخیز می‌تواند در پیش‌بینی نتایج مخرب آن‌ها کارگشا باشد (Bay et al., 2014: 19). این پژوهش با هدف بررسی نقش پوشش جنگلی در نگهداشت خاک به عنوان یک خدمت اکوسیستمی در مقایسه با سایر انواع کاربری اراضی و شناسایی نواحی با عرضه بالای این خدمت اکوسیستمی در سطح استان لرستان انجام شد. اولین قدم در جهت ادغام مفهوم خدمات اکوسیستم در مباحث مدیریت کاربری اراضی، برنامه‌ریزی جهت حفاظت عرصه‌های جنگلی و انتخاب مناطق حفاظت شده بر اساس خدمات اکوسیستم در سطح استان، مدل‌سازی خدمات چندگانه اکوسیستم و تهیه نقشه‌های مکانی خدمات است که در پژوهش حاضر مورد توجه قرار گرفته است.

پیشینه پژوهش

Fu et al (2011) در مطالعه خود در منطقه Loess Plateau در کشور چین تغییرات میزان خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک را در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که میزان عرضه خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک در نتیجه احیاء پوشش گیاهی بهبود یافته است. Pan et al (2013) عرضه چهار خدمت اکوسیستمی تولید غلات، تولید گوشت، حفظ آب و نگهداشت خاک را در سطح حوزه آبخیز جینگهه[12] در شمال‌غرب چین مطالعه کردند. نتایج نشان داد که بارش اولین عامل محدود کننده در عرضه خدمات چندگانه اکوسیستم است. Bakhtiari et al (2010) در مطالعه خود به ارزش‌گذاری اقتصادی یکی از مهم‌ترین خدمات اکوسیستم‌های جنگلی یعنی حفظ و

10- Integrated Valuation of Ecosystems and Tradeoff
11- Natural Capital Project
12- Jingehe

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نگهداری خاک در جنگل‌های بلوط منطقه حفاظت شده سبزکوه در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که هر هکتار از جنگل‌های محدوده مورد بررسی می‌تواند سالانه ٤٥٩/١٩ کیلوگرم از عناصر N, P, K به ارزش تقریبی ٩٩٦ هزار ریال را نگهداری و از هدر رفتن آن در اثر فرسایش جلوگیری کند. Mobareghee (2010) در مطالعه خود به بررسی حفظ و نگهداری از عناصر غذایی خاک به‌عنوان یکی از خدمات اکوسیستم‌های جنگلی پرداخته است و سهم جنگل در کنترل رواناب سطحی و افزایش مقدار آب ذخیره شده را به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی مورد توجه قرار داده و در ادامه با استفاده از روش‌های ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی، ارزش این کارکرد را برآورد نمودند. Asadolahi et al (2015) با هدف مدل‌سازی خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگانرود گزارش دادند که مقادیر هدررفت خاک سالانه از صفر تا ٧٥ تن در هکتار در سال متغیر است و زیرحوزه‌های با پوشش غالب جنگل بیش‌ترین میزان نگهداشت خاک کل حوزه معادل ٨٦/٢ درصد را به‌خود اختصاص داده‌اند. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند که در حال حاضر ادغام رویکرد خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین چالشی عمده در سطح جهان محسوب می‌شود (De Groot et al., 2010: 263). با توجه به روند تخریب پوشش جنگلی در ایران طی چند دهه اخیر، انجام پژوهش‌هایی با تاکید بر مفهوم خدمات اکوسیستم، نقش پوشش جنگلی را در جهت افزایش رفاه انسانی آشکار ساخته است. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که رویکرد خدمات اکوسیستمی راهکاری در جهت حفظ اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شود.

محدوده مورد مطالعه

استان لرستان با مساحتی حدود ٢٨٣٠٨ کیلومترمربع در ناحیه جنوب‌غربی ایران بین ٤٦ درجه و ٥٠ دقیقه تا ٥٠ درجه و ١ دقیقه طول شرقی و ٣٢ درجه و ٤٠ دقیقه تا ٣٤ درجه و ٢٣ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. استان لرستان منطقه‌ای کوهستانی است که ٦٠ درصد مساحت آن دارای شیب بالاتر از ١٢ درصد است. ١٠٠ درصد این عرصه در حوزه آبخیز دز و کرخه قرار دارد و از نظر پوشش گیاهی دارای جنگل فراوانی است (Pour Reza et al., 2008).

مواد و روش‌ها

مدل‌سازی نگهداشت خاک

نگهداشت خاک به عنوان یک خدمت اکوسیستمی به توان اکوسیستم‌ها در حفظ خاک اشاره دارد که در کل تابعی از پوشش گیاهی، توپوگرافی و قابلیت فرسایش خاک است (Sharp et al., 2014: 5). به منظور مدل‌سازی خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک از بسته نرم‌افزاری InVEST 3.0 استفاده شد و توان اکوسیستم در نگهداشت خاک از رابطه (١) حاصل شد.

$$\text{Soil Retention} = SL_{max} - SL_j \qquad \text{رابطه (١)}$$

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

که در آن SL_{max} حداکثر پتانسیل هدررفت خاک بوده و SL_j هدررفت واقعی خاک است که از روابط (۲) و (۳) تخمین زده شدند.

رابطه (۲) $$SLmax = R \times K \times LS$$

رابطه (۳) $$SL_j = R \times K \times LS \times C \times P$$

که در روابط بالا، R: فاکتور فرسایندگی باران، K: فاکتور فرسایش‌پذیری خاک، LS: فاکتور گرادیان طول شیب، C: فاکتور مدیریت پوشش گیاهی و P: فاکتور عملیات حفاظتی است. در ادامه نحوه محاسبه داده‌های ورودی مورد نیاز مدل مورد توجه قرار می‌گیرد.

- فاکتور فرسایندگی باران (R)

برای محاسبه فاکتور R، بارندگی ماهیانه و سالیانه ۵۳ ایستگاه هواشناسی در سطح استان در بازه زمانی ۱۵ساله بازسازی شد و در مرحله بعد با استفاده از معادله زیر شاخص اصلاح شده فورنیه (F) برای تمام ایستگاه‌ها به‌دست آمد (Renard & Freimund, 1994).

رابطه (٤) $$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{\sum_{i=1}^{12} p}$$

که در آن pi: متوسط بارندگی (میلی‌متر) در ماه i و p متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر) است. سپس، با استفاده از رابطه (۵)، فاکتور F برای تمامی ایستگاه‌ها محاسبه شد (Renard & Freimfxiound, 1994). در ادامه از روش زمین‌آماری کریجینگ جهت تهیه نقشه فرسایندگی باران در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.3 استفاده شد.

رابطه (۵)
$$R\text{-Factor} = (0.07397 \times F^{1.847}) \qquad F<55 \text{ mm}$$
$$R\text{-Factor} = (95.77 - 6.081 \times F + 0.477 \times F^2) \qquad F \geq 55 \text{m}$$

- فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (K)

این شاخص میزان آمادگی یا قابلیت ذرات خاک برای تفکیک یا انتقال با باران و رواناب را نشان می‌دهد که به شکل لایه‌ای رستری با ارزش فرسایش‌پذیری خاک برای هر سلول نشان داده می‌شود. فاکتور K بر اساس اطلاعات بافت و ماده آلی خاک بر اساس جدول (۲) تعیین شد (Roose, 1996).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۲- تخمین فاکتور K بر اساس بافت و میزان ماده آلی خاک

Table 2- Estimation of factor K based on soil texture and organic matter content

طبقه بافت	متوسط فاکتور K (بر اساس درصد ماه آلی)			ترکیب خاک		
	≥ ۲ ٪	< ۲ ٪	عدم وجود اطلاعات	رس	سیلت	شن
رس	۰/۲۱	۰/۲٤	۰/۲۲	٤۰-۱۰۰	۰-٤۰	۰-٤٥
شنی رسی	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۳٥-٥٥	۰-۲۰	٤٥-٦٥
سیلتی رسی	۰/۲٦	۰/۲۷	۰/۲٦	٤۰-٦۰	٤۰-٦۰	۰-۲۰
شنی	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰-۱۰	۰-۱٤	۸٦-۱۰۰
شنی لومی	۰/۱۲	۰/۱٤	۰/۱۳	۰-۲۰	۰-٥۰	٥۰-۷۰
رسی لومی	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۳	۲۷-٤۰	۱٥-٥۲	۲۰-٤٥
لومی	۰/۲٦	۰/۳٤	۰/۳	۷-۲۷	۲۸-٥۰	۲۳-٥۲
لومی شنی	۰/۰٤	۰/۰٥	۰/۰٤	۰-۱٥	۰-۳۰	۷۰- ۸٦
شنی رسی لومی	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۲۰-۳٥	۰-۲۸	٤٥- ۸۰
سیلتی رسی لومی	۰/۳	۰/۳٥	۰/۳۲	۲۷-٤۰	٤۰- ۷۳	۰-۲۰
سیلتی	۰/۳۷	۰/٤۱	۰/۳۸	۰-۱۲	۸۸-۱۰۰	۰-۲۰
سیلتی لومی	۰/۳۷	۰/٤۱	۰/۳۸	۰-۲۷	۷٤-۸۸	۲۰-٥۰

- فاکتور مدیریت پوشش گیاهی (C)

فاکتور C نشان‌دهنده تأثیر فعالیت‌های کاشتی در مدیریت کشاورزی و اثر پوشش درختی، درختچه‌ای، علفی و زمینی بر کاهش فرسایش خاک است. در این مطالعه، نقشه فاکتور C بر اساس NDVI تهیه شد. در حقیقت این فاکتور به طور کامل با NDVI رابطه معکوس دارد (Arekhi & Niazi, 2010). به منظور تهیه نقشه NDVI، در ابتدا تصاویر لندست ۲۰۰۸ سال ۲۰۱٦ در محدوده استان لرستان از وب سایت USGS[13] دانلود و به محیط نرم‌افزار ENVI5.3 منتقل شدند. با اجرای دستور Radiometric Calibration، ارزش باندهای ٤ (باند قرمز) و ٥ (باند مادون قرمز) به

13- https://www.usgs.gov/

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ارزش رادیانس تبدیل شد و تصحیح اتمسفری روی آن‌ها با اجرای دستور FLASSH، صورت گرفت. در ادامه استفاده از رابطه (٦) نقشه NDVI کل استان تهیه شد. در نهایت با اجرای دستور Band Math و اعمال رابطه (۷) روی نقشه NDVI نقشه فاکتور C کل استان لرستان تهیه شد.

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{R})}{\mathrm{NIR} + \mathrm{R}}$$ رابطه (٦)

$$\mathrm{C} = (1 - \mathrm{NDVI})/2$$ رابطه (۷)

- فاکتور عملیات حفاظتی (**P**)

فاکتور **P**، نسبت خاک فرسایش‌یافته در شرایط انجام عملیات حفاظتی به فرسایش ایجاد شده در شرایط استاندارد یعنی شخم در جهت شیب است (Renard et al., 1997: 7). در این مطالعه، مقادیر فاکتور P بر اساس مقادیر پیشنهادی در جدول (۳) تعیین شد (Deore, 2005: 8; Wischmeier & Smith, 1978: 12).

جدول ۳- ارزش فاکتور P برای طبقات مختلف کاربری و پوشش اراضی و طبقات شیب

Table 3- Factor P values for different classes of land use and land cover and slope classes

نوع کاربری اراضی و پوشش زمین	ارزش عددی P	شیب (درصد)	ارزش عددی P
اراضی بایر	۱	۰-۲	۰/٦۰
نیشکر	۰/۱۲	۲/۱-۵	۰/۵۰
گندم	۰/۱	۵/۱-۸	۰/۵۰
جنگل تنک	۰/۸	۸/۱-۱۲	۰/٦۰
اراضی آیش	۱	۱۲/۱-۱٦	۰/۷۰
جنگل با تراکم متوسط	۰/۸	۱٦/۱-۲۰	۰/۸۰
جنگل باز	۰/۸	۲۰/۱-۲۵	۰/۹۰
بستر رودخانه	۱	>۲۵/۱	۱/۰۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

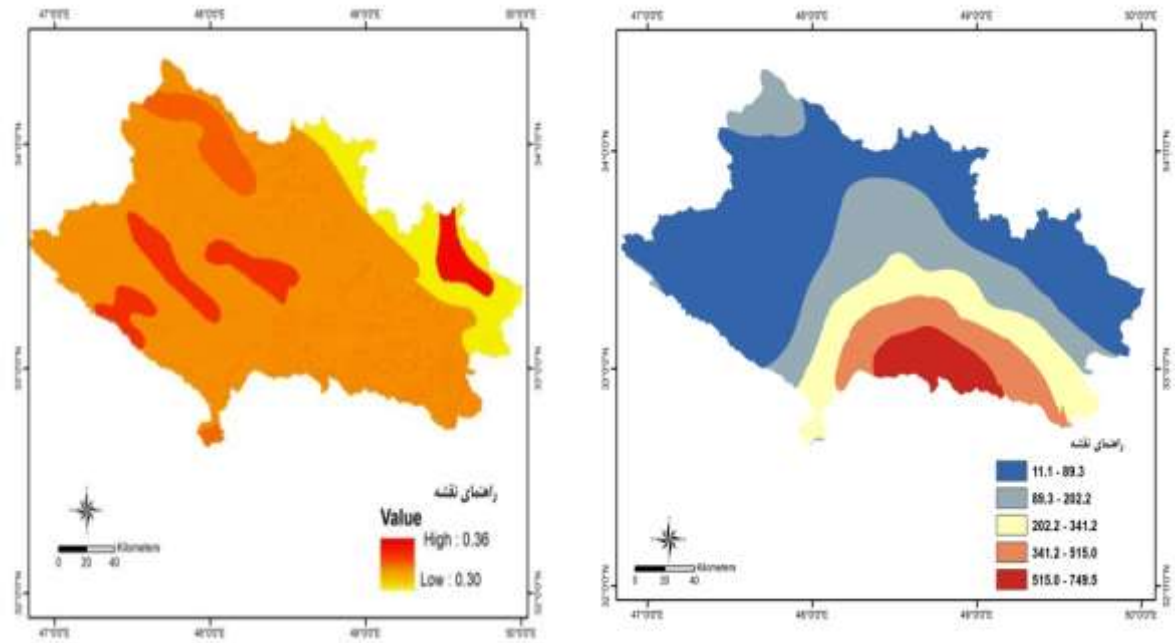
- فاکتور گرادیان طول شیب (LS)

به منظور ایجاد فاکتور LS نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) وارد مدل شد. برای تهیه DEM، ١٤ بلوک DEM ۳۰ متری مربوط به رادار توپوگرافی شاتل فضایی[14] (SRTM) در محدوده ٤٦ تا ۵۰ درجه طول جغرافیایی و ۳۱ تا ٣٤ درجه عرض جغرافیایی از وب سایت USGS دانلود شد.

یافته‌ها و بحث

محاسبه فاکتورهای R، K، LS، C و P

براساس نتایج به‌دست آمده مقادیر فاکتور R از ۱۱/۱ تا ۷٤۹/۵ و همچنین متوسط مقدار K در منطقه مورد مطالعه از ۰/۳ تا ۰/۳٦ متغیر است به طوری که میانگین آن ۰/۳۲ است (شکل ۱). نتایج نشان داد که نیمی از سطح استان در محدوده ارتفاع ١٤۰۰ تا ۲۱۰۰ متر قرار داشته و پراکنش پوشش جنگلی استان نیز در محدوده ارتفاعی ١٤۵۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. همچنین حدود ۳۰ درصد از سطح استان در محدوده شیب ۳۰ تا ٦۵ درصد قرار دارد و پراکنش پوشش جنگلی در محدوده متوسط شیب ٣٤ تا ۳۷ درصد قرار گرفته است (شکل ۲). طبق نتایج حاصله مقادیر LS در برخی مناطق با شیب‌های تند مانند امتداد رودخانه‌ها بیش‌تر است. مقادیر فاکتور P از ۰/۵ تا ۱ متغیر بوده که مقدار متوسط آن ۰/۸۲ است (شکل ۳).

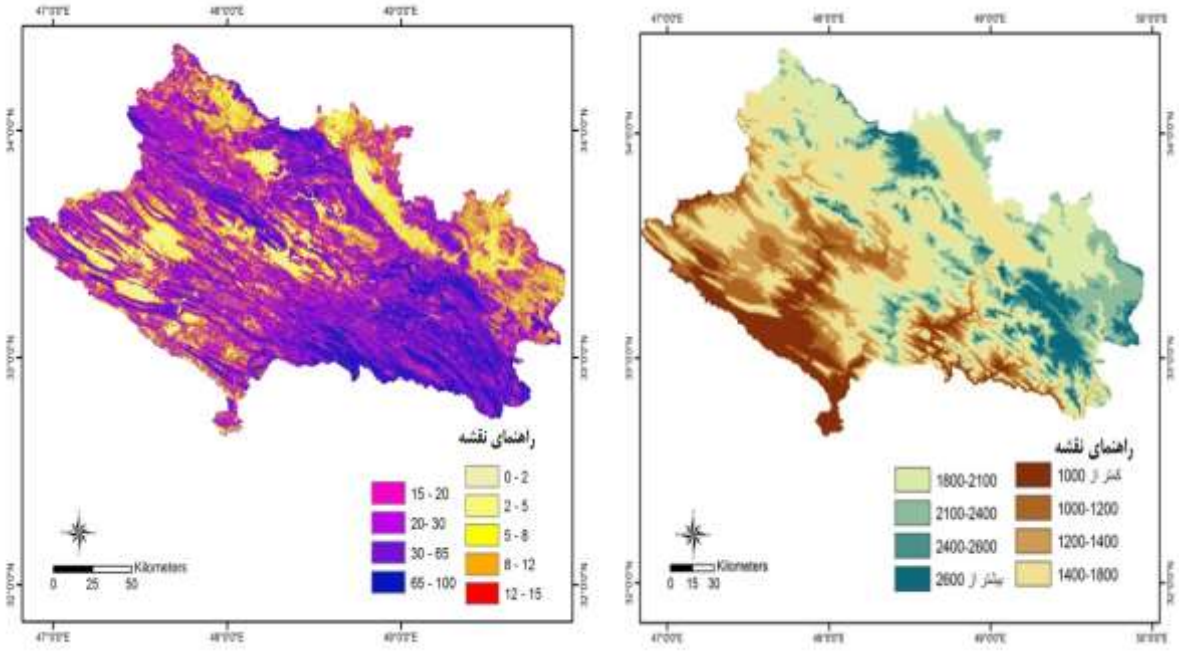


شکل ۱: نقشه طبقات فاکتور R (سمت راست) و K (سمت چپ) در استان لرستان

Figure 1: Map of factor R (right) and K (left) classes in Lorestan province

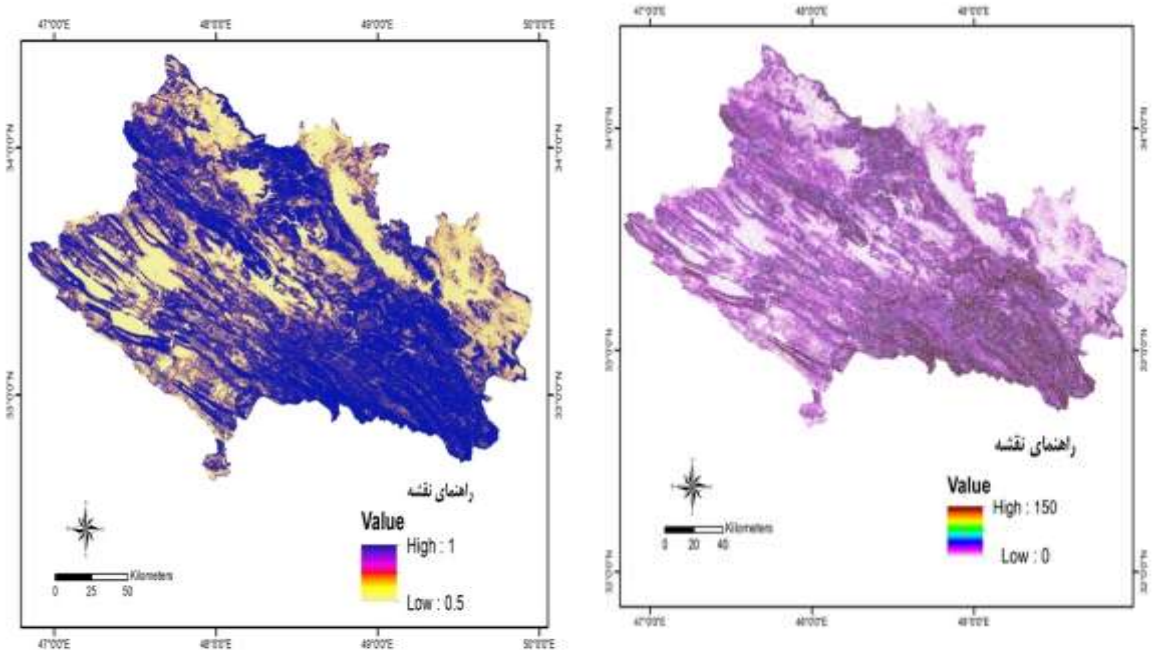
14- Shuttle Radar Topography Mission

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۲: نقشه طبقات ارتفاعی (سمت راست) و شیب (سمت چپ) در استان لرستان

Figure 2: Map of elevation (right) and slope (left) in lorestan province



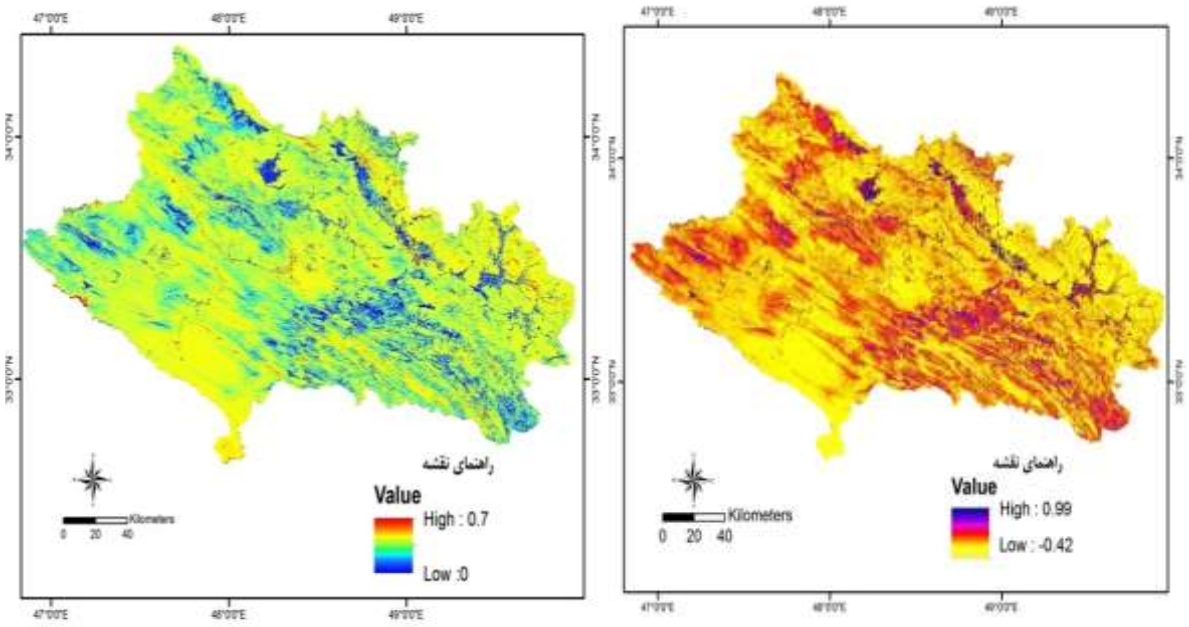
شکل ۳: نقشه فاکتور LS (سمت راست) و P (سمت چپ) در استان لرستان

Figure 3: Map of factor LS (right) and P (left) in Lorestan province

توزیع مکانی فاکتور R که با روش کریجینگ به‌دست آمد، نشان داد که مناطق واقع در امتداد شمالی–جنوبی و مرکزی استان لرستان دارای فرسایندگی باران زیاد و مناطق غربی و شرقی دارای فرسایندگی باران کم‌تری هستند؛ به عبارت

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

دیگر در قسمت‌های جنوبی استان میزان فرسایندگی باران زیاد و با حرکت به طرف شمال استان مقدار آن کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شهرستان خرم‌آباد در مرکز استان لرستان با متوسط فرسایندگی باران ۲٦۰/۱ مگاژول- میلی‌متر بر هکتار در ساعت در سال و شهرستان کوهدشت در غرب استان با متوسط فرسایندگی باران ۳٤/۹ مگاژول-میلی‌متر بر هکتار در ساعت در سال به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان متوسط فرسایندگی باران را در بین شهرستان‌های استان دارند. براساس نتایج، دامنه ارزش NDVI از ۰/٤۲- تا ۰/۹۹ در سطح استان لرستان متغیر است. همچنین مقدار فاکتور C بین صفر تا ۰/۷۱ متغیر بوده و مقدار متوسط آن ۰/٤۲ است. نقشه فاکتور C نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار این پارامتر در مناطق بدون پوشش گیاهی و کم‌ترین مقدار آن در مناطقی است که پوشش گیاهی متراکم وجود دارد که با رنگ تیره‌تر مشخص است (شکل ٤).



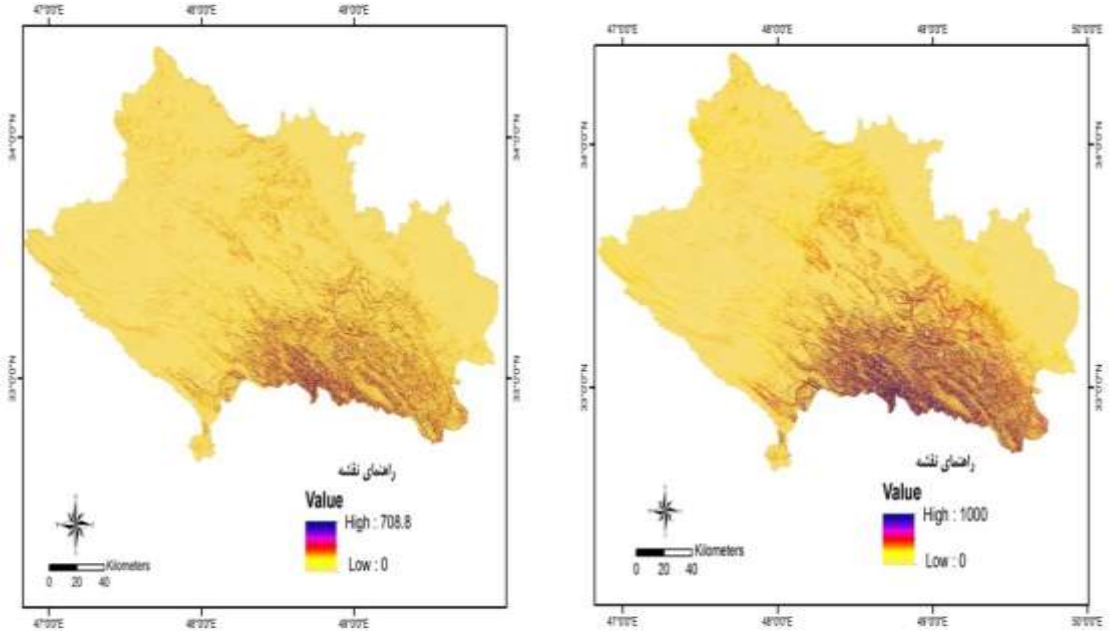
شکل ٤: نقشه NDVI (سمت راست) و نقشه فاکتور C (سمت چپ) در استان لرستان

Figure 4: NDVI map (right) and factor C map (left) in Lorestan province

- تخمین حداکثر پتانسیل هدررفت خاک **(SLmax)** و هدررفت واقعی خاک **(SLj)**

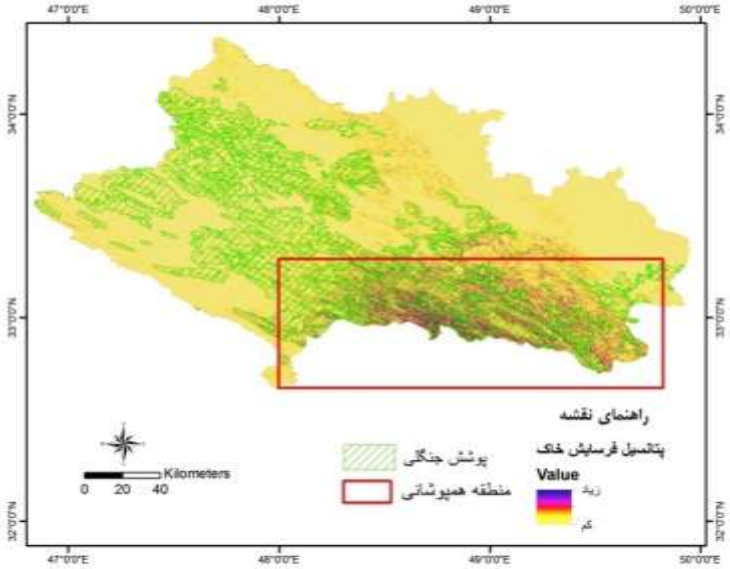
تخمین میزان SL_{max} با در نظر گرفتن سه فاکتور R، K و LS نشان داد که از صفر تا ۱۰۰۰ تن در پیکسل در سال متغیر بوده و میانگین متوسط آن در سطح استان ٤۹۳/۳ تن در پیکسل در سال است (شکل ۵). همچنین تخمین میزان SLj با در نظر گرفتن فاکتورهای R، K، LS، C و P نشان داد که این عامل از صفر تا ۷۰۸/۸ تن در پیکسل در سال متغیر است. مطابق با شکل (٦) مناطق با پتانسیل هدررفت خاک زیاد در بخش جنوبی استان با پوشش جنگلی موجود در این بخش همپوشانی قابل توجهی دارند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۵: نقشه SL_{max} (سمت راست) و SL_j (سمت چپ) در استان لرستان

Figure 5: Map of SL_{max} (right) and SL_j (left) in lorestan province

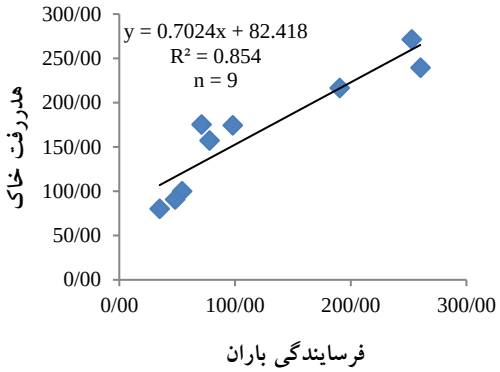


شکل ٦: همپوشانی مناطق دارای پتانسیل هدررفت خاک بالا با پوشش گیاهی

Figure 6: Overlap of areas with high soil loss potential with vegetation

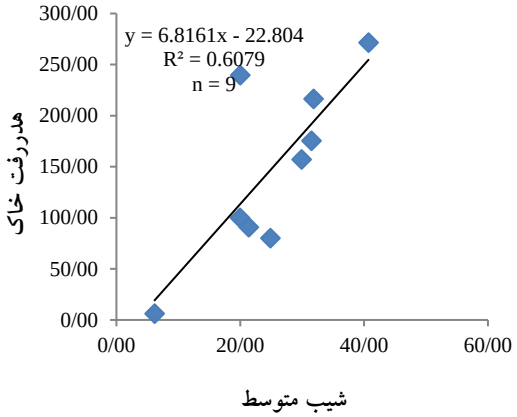
همبستگی میان فاکتور R و شیب منطقه با SL_{max} (شکل‌های ۷ و ۸) نشان داد که فاکتور R یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در فرسایش خاک در سطح استان محسوب می‌شود. به طوری که با افزایش بارش به سمت جنوب استان میزان SL_{max} افزایش می‌یابد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۷: همبستگی بین فرسایندگی باران و پتانسیل هدررفت خاک

Figure 7: Correlation between rainfall erosion and potential loss of soil



شکل ۸: همبستگی بین شیب متوسط و پتانسیل هدررفت خاک

Figure 8: Correlation between mean slope and potential loss of soil

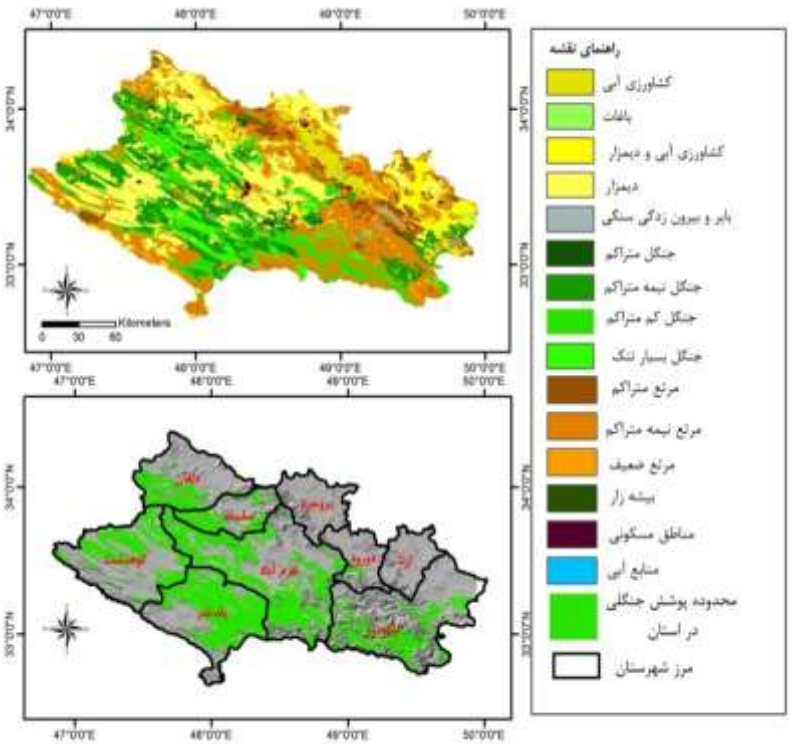
همان‌طور که در بخش نتایج قابل مشاهده است مقادیر فاکتور R با تغییرات بارش همبستگی معنادار (R^2=۰/۹۳) دارد به طوری که مناطق با بارندگی زیاد و کم به‌ترتیب دارای فرسایندگی باران زیاد و کم دارند. لذا می‌توان مقادیر فرسایندگی باران حاصل از داده‌های بارش را به‌عنوان برآورد خوبی از پتانسیل فرسایش منطقه به‌کار گرفت که در ادامه با محاسبه هدررفت واقعی خاک (SLj) یا پتانسیل فرسایش خاک و همبستگی معنی‌دار آن با تغییرات فاکتور R (R^2 =۰/۸۵) می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که بارندگی در مقایسه با عوامل توپوگرافیک از قبیل تغییرات ارتفاع و شیب (R^2 =۰/٦۰) یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار فرسایش خاک در استان لرستان محسوب می‌شود. همزمان با افزایش فرسایندگی باران، افزایش شیب در بخش جنوبی استان لرستان، پتانسیل فرسایش خاک را در این مناطق افزایش داده است. با در نظر گرفتن همزمان سه فاکتور R، K و LS و محاسبه SL_{max}، توزیع مکانی مناطق مستعد فرسایش خاک در سطح استان مشخص شد. همچنین ۲۷/۰ درصد از سطح استان لرستان را پوشش جنگلی در محدوده شیب ۳٤ تا ۳۷ درصد و متوسط ارتفاع ۱٤۵۰ تا ۱۸۰۰ متر قرار دارد که نشان دهنده پراکنش مکانی پوشش جنگلی در ارتفاعات و شیب بالاتر است که جزو عوامل مهم تاثیرگذار در فرسایش در سطح استان لرستان هستند. به همین دلیل می‌توان همپوشانی مکانی توزیع پوشش جنگلی با مناطق مستعد فرسایش خاک در بخش جنوبی استان را به وضوح مشاهده نمود و به تاثیر پوشش جنگلی در نگهداشت خاک در این مناطق به عنوان خدمت اکوسیستمی پی برد و به این نکته اشاره نمود که آنچه پتانسیل فرسایش خاک را در مناطق جنوبی استان کاهش می‌دهد و به حفظ خاک در این مناطق کمک می‌کند پوشش جنگلی است. پوشش جنگلی بیش‌ترین نقش را در مقایسه با سایر طبقات کاربری اراضی ایفا می‌کند که این موضوع اهمیت حفظ پوشش جنگلی را در مناطق با پتانسیل فرسایش‌پذیری بالا را دو چندان می‌سازد. به‌طور مشابه Bakhtiari et al., (2009) در منطقه سبزکوه استان چهارمحال بختیاری نشان دادند مناطقی که در آن‌ها شدت فرسایش خاک زیاد است، پوشش جنگلی در این مناطق در حال تخریب و نابودی است. این موضوع

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بیانگر تاثیر فرسایش خاک در پسرفت و تخریب پوشش گیاهی از یک سو و تاثیر پوشش گیاهی در حفظ خاک و جلوگیری از رخداد فرسایش و تشدید آن است. نتایج مربوط به مطالعه Mobareghee (2010) در برآورد ارزش خدمت اکوسیستمی کنترل فرسایش در جنگل‌های هیرکانی ایران حاکی از نقش بسیار مؤثر اکوسیستم‌های جنگلی در کنترل فرسایش و حفاظت از مواد مغذی خاک است. مناطق دارای قدرت فرسایندگی باران بالا و شیب بیش‌تر در جنوب استان مستعد فرسایش هستند که پوشش گیاهی ضعیف می‌تواند روند از دست دهی خاک را تسریع کند؛ اما وجود پوشش جنگلی در این مناطق خود عامل مهمی در حفظ خاک است که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت. پوشش جنگلی مقدار انرژی باران را کاهش داده و مقدار نفوذ از طریق عمل ریشه‌ها در بین خاک متعادل می‌سازد. در صورتی که عدم وجود پوشش گیاهی در اثر چرای مفرط و قطع درختان، زمین را لخت کرده و عمل فرسایش را به‌شدت تشدید می‌کند (Asghari Saraskanroud, 2014: 87).

- میزان نگهداشت خاک (SR) طبقات مختلف کاربری اراضی

به‌طور کلی می‌توان طبقات کاربری اراضی را در سطح استان به شش طبقه کشاورزی آبی و دیمزار، پوشش جنگلی، مراتع، مناطق مسکونی، اراضی بایر و منابع آبی تفکیک نمود (شکل ۹). همان‌طور که در جدول (٤) قابل مشاهده است، در مقایسه با مراتع و کشاورزی که به‌ترتیب معادل ۳۷/۱ و ۳۳/۸ درصد از سطح استان را به‌خود اختصاص داده‌اند، ۲۷/۰ درصد از سطح استان لرستان را پوشش جنگلی در برگرفته است.



شکل ۹: طبقات کاربری اراضی و پراکنش پوشش جنگلی در استان لرستان

Figure 9: Land use classes and forest cover distribution in Lorestan province

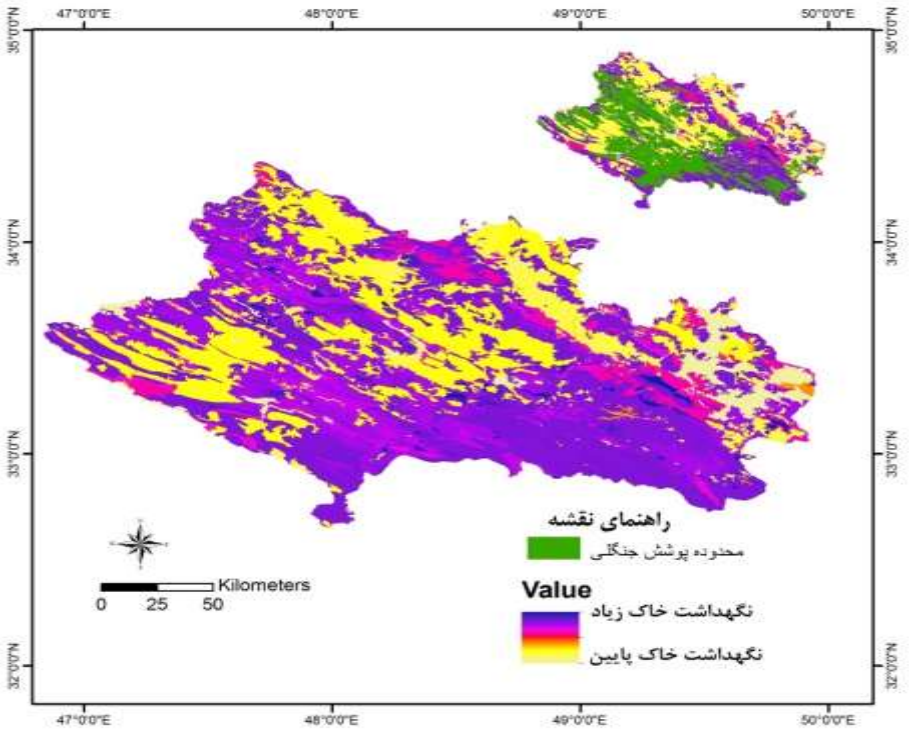
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ٤- درصد مساحت طبقات کاربری اراضی در سطح استان لرستان

Table 4- Percentage of land use classes in Lorestan Province

کاربری اراضی	درصد مساحت
مناطق مسکونی	۰/٦
مناطق آبی	۰/۸
مناطق بایر	۰/۷
کشاورزی آبی، دیمزار و باغات	۳۳/۸
پوشش جنگلی	۲۷
مراتع	۳۷/۱

با محاسبه میزان نگهداشت خاک از رابطه SLmax- SLj و در ادامه با اجرای گزینه Zonal Statistics در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.3، متوسط نگهداشت خاک طبقات مختلف کاربری اراضی محاسبه شد (شکل ۱۰). همان‌طور که در جدول (۵) قابل مشاهده است پوشش جنگلی در مقایسه با سایر طبقات کاربری اراضی بیش‌ترین میزان نگهداشت خاک را به‌خود اختصاص داده است.



شکل ۱۰: میزان نگهداشت خاک طبقات مختلف کاربری اراضی

Figure 10: Soil retention rate of different land use classes

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۵- میزان نگهداشت خاک (تن در پیکسل در سال) طبقات مختلف کاربری اراضی در استان لرستان

Table 5- Soil retention rate (ton / pixel / year) of different land use classes in Lorestan province

شماره	کاربری اراضی	RKLS	USLE	RKLS-USLE
۱	کشاورزی آبی	۲۰۵/۲	٦٤/۲	۱٤۰/۹
۲	باغات	۳۳۱/۸	۱۱۰/۰	۲۲۱/۸
۳	کشاورزی آبی و دیم	۱۰۵/۷	۳۲/٤	۷۳/۲
٤	دیمزار	۲۵۵/٤	۸٦/٦	۱٦۸/۸
۵	بایر	۸۰٦/٦	٦٤۳/٤	۲٦۳/۲
٦	جنگل متراکم	٦۵۰/۵	۱۹۲/۳	٤۵۸/۲
۷	جنگل نیمه متراکم	۵۹۳/۵	۲۲۰/۳	۳۷۳/۲
۸	جنگل کم تراکم	٦٦۹/۹	۲۷۰/۸	۳۹۹/۱
۹	جنگل بسیار تنک	٦۰۳/۸	۲٤۷/۷	۳۵٦/۱
۱۳	بیشه‌زار	۷۳۳/۱	۳۰۱/۱	٤۳۲/۰
۱۰	مرتع متراکم	۵۱۸/۵	۲۰۹/۷	۳۰۸/۸
۱۱	مرتع نیمه متراکم	٦٤۷/۰	۲۵٤/٤	۳۹۲/٦
۱۲	مرتع ضعیف	۵۷۹/۲	۲٤۹/۰	۳۳۰/۲
۱٤	مناطق انسان ساخت	۱٤٦/۸	٤۵/۳	۱۰۱/٤
۱۵	پهنه آبی	۳۳۸/۸	۱۳۸/۵	۱۹۹/۵

نتیجه‌گیری

مطالعاتی در زمینه فرسایش خاک و نقش پوشش جنگلی در کاهش فرسایش در سطح استان انجام شده است که اغلب در مقیاس محلی انجام شده است؛ اما توجه به مفهوم خدمات اکوسیستم و پوشش جنگلی به‌طور همزمان در این پژوهش و سعی در نمایش مکانی اطلاعات در مقیاس منطقه‌ای و در سطح استان از لحاظ مدیریتی بسیار ارزشمند است که در مطالعات قبلی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. توجه به نقش اکوسیستم‌های جنگلی در عرضه خدمات اکوسیستم، رویکردی نو در مدیریت جنگل محسوب می‌شود زیرا این فرصت را فراهم می‌سازد که اهمیت پوشش جنگلی در تامین رفاه انسانی را به شکل ساده و قابل فهم نشان دهد. به‌طور کلی یافته‌های پژوهش نشان داد که حداکثر SL_{max} در بخش جنوبی استان به دلیل افزایش میزان فاکتورهای فرسایندگی باران و گرادیان طول مشاهده می‌شود. همچنین پوشش جنگلی در مقایسه با سایر طبقات کاربری اراضی، بیش‌ترین میزان نگهداشت خاک را به خود اختصاص داده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Arekhi, S., Niazi, Y., (2010), "Investigating application of GIS and RS to estimate soil erosion and sediment yield using RUSLE (Case study: Upper part of Ilam dam watershed, Iran)", ***Journal of Water and Soil Conservation***, 17 (2): 1-27. [In Persian].
- Arekhi, S., Niazi, Y., Shabani, A., (2012), "Evaluating spatial pattern of changes trend of landuse/landcover with use of transformation techniques (case study: dareshar catchment, Ilam province)", ***Journal of Geographical space***, 12 (38): 165-182. [In Persian].
- Asadolahi, Z., Salmanmahiny, A., Mirkarimi, S.H., Azimi, M., (2015), "Modeling the supply of sediment retention ecosystem service (Case study: Eastern part of Gorgan-rud watershed)", ***Environmental Erosion Research***, 5 (3): 61-75. [In Persian].
- Asghari Saraskanroud, S., Belvasi, M., Zeinali, B., Belvasi, I., Davoodi, A., (2014), "Investigation of soil erosion risk in Doab basin of Lorestan by network analysis and RS and GIS techniques", ***Environmental Erosion Research***, 4 (2): 72-89. [In Persian].
- Bakhtiari, F., Panahi, M., Karami, M., Ghoddusi, J., Mashayekhi, Z., Pourzadi, M., (2009), "Economic valuation of soil nutrients retention function of Sabzkouh forests", ***Iranian Journal of Forest***, 1 (1): 69-81. [In Persian].
- Bay, M., Sadodin, A., Salmanmahiny, A., (2014), "Prediction of the effects of implementing ecological management scenarios on landscape structure for Chehel-Chai watershed in Golestan province of Iran", ***Journal of Geographical space***, 13 (44): 19-45. [In Persian].
- Daily, G., Postel, S., Bawa, K. S., Kaufman, L., (1997), "***Nature's services: societal dependence on natural ecosystems***", Island Press: Washington, DC.
- De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., (2010), "Challenges in integrating the concept of ecosystem services an.d values in landscape planning, management and decision making", ***Ecological Complexity***, 7 (3): 260-272.
- Deore, M. S. J., (2005), "Prioritization of micro-watersheds of upper Bhama basin on the basis of soil erosion risk using remote sensing and GIS technology", Ph.D thesis, Department of Geoghraphy, University of Pune.
- Fu, B., Liu, Y., Lü, T., He, C., Zeng, Y., Wu, B., (2011), "Assessing the soil erosion control service of ecosystems change in the loess plateau of China", ***Ecological Complexity***, 8 (4): 284-293.
- Mobareghee, N., (2010), "Estimating the value of conservation function of soil nutrient in forest ecosystems", ***Environmental Researches***, 1 (2): 3-12. [In Persian].
- Nahlik, A. M., Kentula, M. E., Fennessy, M. S., Landers, D. H., (2012), "Where is the consensus? A proposed foundation for moving ecosystem service concepts into practice", ***Ecological Economics***, 77: 27-35.
- Pan, Y., Xu, Z., Wu, J., (2013), "Spatial differences of the supply of multiple ecosystem services and the environmental and land use factors affecting them", ***Ecosystem Services***, 5: 4-10.
- Pourreza, M., Shaw, J., Zangeneh, H., (2008), "Sustainability of wild pistachio (Pistacia atlantica Desf) in Zagros forests, Iran", ***Journal of Forest Ecology and Management***, 255: 3667-3671.
- Renard, K. G., Freimund, J. R., (1994), "Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE", ***Journal of hydrology***, 157 (1): 287-306.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., Mc Cool, D. K., Yoder, D. C., (1997), "***Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised***

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Vol. 703)", Washington: US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Roose, E., (1996), "***Land husbandry: components and strategy (Vol. 70)***", Rome: FAO.
- Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H., Taylor, R., (2014), "Invest user's guide: Integrated valuation of environmental services and tradeoffs", The Natural Capital Project, Stanford.
- Vigerstol, K. L., Aukema, J. E., (2011), "A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services", ***Journal of environmental management***, 92 (10): 2403-2409.
- Westman, W. E., (1977), "How much are nature's services worth?", ***Science***, 197 (43): 70-96.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D., (1978), "***Supersedes agriculture handbook No. 282***", Department of Agriculture in cooperation with Purdue Agricultural Experiment Station, Maryland.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]