ارزیابی خسارات وارده به منابع طبیعی تخریب شده در نتیجه احداث بزرگراه پاشنه زاگرس برحوزه آبخیز کارون

بهروز مصائب [۱]
کتایون ورشوساز [۲*]

۱. گروه مدیریت علوم محیطزیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. گروه ایمنی، بهداشت و محیطزیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

[*] **نویسنده مسئول مکاتبات**
k.varshosaz@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد میباشد.

چکیده

ارزشگذاری منابع زیستمحیطی اکوسیستمها، باعث تشخیص و تعیین کارکردهای آن شده و متعاقب آن ضرورت حفاظت این اکوسیستمها به لحاظ شاخصهای اقتصادی ملموستر خواهد گردید.کارکردهای تنظیمی یکی از مهمترین خدمات اکوسیستمی میباشد.حفظ خاک ازجمله مهمترین کارکردهای تنظیمی اکوسیستمها میباشد. هدف اصلی از انجام این تحقیق، ارزشگذاری اقتصادی خسارات وارده به منابع طبیعی شامل تخریب خاک،خسارات ناشی از کاهش خدمات تنظیمی و تولیدی پوشش گیاهی در محدوده بزرگراه پاشنه زاگرس میباشد.جهت برآورد ارزش اقتصادی پوشش گیاهی در ترسیب کربن از روش هزینه جایگزین و جهت برآورد خدمات تولیدی پوشش گیاهی و تخریب خاک از روش قیمتهای بازاری استفاده شد. تحقیق توصیفی-کاربردی حاضر با هدف ارزیابی خسارات وارده به منابع طبیعی تخریب شده درنتیجه احداث بزرگراه پاشنه زاگرس در سال ۱۴۰۲ صورت گرفته است. با استفاده از ارزش اقتصادی خاکزایی و نقشه GIS، میزان حجم خاک از دست رفته محاسبه شد. ارزشگذاری تولید علوفه از روش هزینه-فرصت و کارکرد ترسیب کربن به روش معادله فتوسنتز محاسبه گردید. هزینههای فرسایش خاک نیز به روش NPK (تخلیه نیتروژن، فسفر و پتاسیم) صورت گرفته است. نتایج تحقیق نشان داد که مهمترین خسارت ناشی از احداث بزرگراه پاشنه زاگرس، مربوط به کارکردهای حفاظتی خاک به میزان (1.944E+12) ریال بوده است. خسارت وارده بهواسطه کاهش ترسیب کربن توسط پوشش گیاهی نیز ۵۰۴۷۶۹۹۲۰۰۰ ریال، دومین آسیب جدی در بخش تخریب سرزمین است. خسارت وارده به مراتع و تولید گندم نیز به ترتیب ۲۰۲۹۵۰۰۰۰ و ۱۰۲۸۱۶۰۰۰ ریال در سال خواهد بود. لذا کل خسارت وارده به منابع طبیعی (1.99E+12) ریال، برابر با ۳۳/۲ میلیون دلار میباشد.

واژگان کلیدی: ارزش اقتصادی، خدمات اکوسیستمی، بزرگراه پاشنه زاگرس، پوشش گیاهی، فرسایش

مقدمه

برای دستیابی به یک توسعهی اقتصادی پایدار، لازم است ارزشهای منابع طبیعی از یکسو و مخاطرات و عواقب زیستمحیطی برنامههای توسعهای از سوی دیگر، تا حد امکان کمی شوند (Su *et al.*, 2020). به این منظور لازم است پس از شناسایی دقیق و کامل ابعاد مسأله، روشهایی برای ارزشگذاری پولی بر کالاها، کارکردها و خدمات زیستمحیطی یا مخاطرات تغییرات زیستمحیطی در اثر توسعهی فعالیتهای انسان تعریف و تعیین گردد (Zahoor *et al.*, 2022, Lu *et al.*, 2024). منابع زیستمحیطی بهعنوان سرمایههای تولیدی از طرف محیطزیست به انسان عرضه میشوند. ارزشگذاری بر منابع زیستمحیطی اکوسیستمها، باعث تشخیص و تعیین کارکردهای آن شده و متعاقب آن ضرورت حفاظت این اکوسیستمها به لحاظ شاخصهای اقتصادی ملموستر خواهد گردید (Karimi, 2023). کارکردهای اکوسیستم به چهار گروه اصلی کارکردهای تنظیمی، کارکردهای زیستگاهی، کارکردهای تولیدی، کارکردهای پشتیبانی تقسیم میشوند. حفظ خاک ازجمله مهمترین کارکردهای تنظیمی اکوسیستمها میباشد (Zhou *et al.*, 2023). عموما خاک با استفاده از عوامل طبیعی و غیرطبیعی حفظ میشود. پوشش گیاهی اصلیترین عامل در جهت جلوگیری از فرسایش خاک محسوب میشود (Huang and Hartmink., 2020). ارزشگذاری تاثیر پوشش گیاهی در حفظ خاک و ترسیب کربن ازجمله مواردی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

اســت که می‌تواند ارزش این عامل را در جهت جلوگیری از فرســایش خاک و تنظیم دی‌اکســیدکربن به‌عنوان کارکردهای تنظیمی مهم اکوسیستم برآورد سازد (Fossey *et al.,* 2020).

تخریب ناشـی از فرسـایش آبی یک مشـکل جدی و اسـاسـی در کاهش کیفیت خاک، زمین و منابع آبی محسـوب شـده که بشـر جهت معاش بیش از هر چیزی به آن وابسته است (Laflen and Roose, 2020). Dunkerley (۲۰۲۰) هزینه‌های جهانی فرسایش خاک را حدود ۱۰۰۰ میلیارد دلار در سـال برآورد کرده که مبلغی بیش از ۷۰ دلار به ازای هر فرد در سـال می‌باشـد. با توجه به دو کارکرد مهم پوشـش گیاهی در حفاظت از خاک و ترسـیب کربن، معرفی ارزشـگذاری اقتصـادی این دو کارکرد پوشـش گیاهی، اهمیت اجرای برنامه‌های مدیریتی در جهت حفظ پوشـش گیاهی نشـان خواهد داد (Lan *et al.,* 2021). مقدار کربن خاک تحت تاثیر عوامل بوم‌شـناختی نظیر توپوگرافی و اقلیم و شـیوه‌های مختلف مدیریت دام و عملیات اصـلاحی و احیایی مرتع قرار می‌گیرند. میزان کربن خاک با تغییرات توپوگرافی،سـنگ‌بسـتر، کیفیت و کمیت پوشـش گیاهی و نحوه مدیریت زمین به‌طور معنی‌داری تغییر خواهد کرد (Chen *et al.,* 2021; Wang *et al.,* 2022). در مقیاس جهانی، مراتع سـالانه ۵۰۰ میلیارد تن کربن ترسـیب می‌کنند (Velasco *et al.,* 2016). ازجمله فعالیت‌های انسان‌ساخت که در کنش جدی با محیطزیست هستند، احداث جاده می‌باشد (Addisu, 2009).

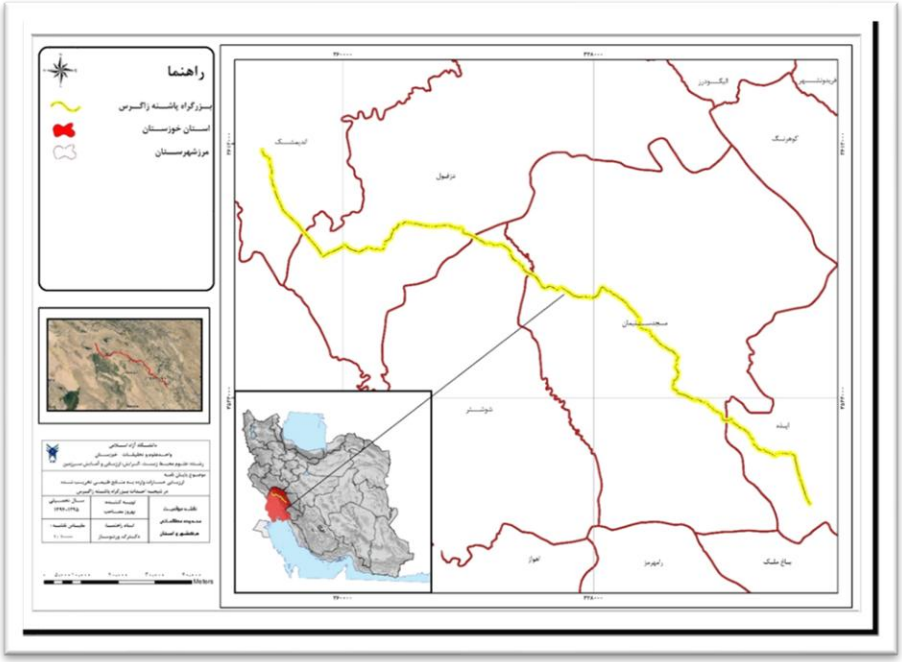
بزرگراه‌ها، در مرحله احداث و بهره‌برداری، اثرات گسـترده‌ای بر محیطزیسـت دارند. در مرحله احداث، تخریب پوشـش گیاهی، تبدیل اراضی کشاورزی، تغییر در الگوی جریان آب در منطقه، اثر بر تنوع زیستی و تغییر در الگوی توسعه، ازجمله مهم‌ترین اثرات آن در تخریب محیطزیسـت اسـت (Pilger *et al.,* 2020; Cheng *et al.,* 2013). شـدت پیامد تخریبی ناشـی از پروژه احداث بزرگراه، به عوامل مختلف جغرافیایی و حساسیت‌های اکوسیستمی در هر منطقه بستگی دارد (Marzouk *et al.,* 2017). روش‌های مختلفی شامل ارزیابی اثرات توسـعه (EIA) (Nita *et al*., 2022)، بازسـازی زیسـتگاه (Habitat Restoration) (Loch *et al*., 2020) ، شـاخص‌های تخریب سـرزمین (LDI-Land degradation Index) (Yang *et al*., 2020) ، تغییر پوشـش زمین (LCC- Land Cover Change) (Xu *et al*., 2022) و روش‌های مبتنی بر سـنجش از دور (Abdolrahman, 2023) ، برای ارزیابی تخریب ناشـی از فعالیت‌های انسانی ارائه شده‌اند. در سال‌های گذشته در کشور ایران، ارزشگذاری اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی تجدید شونده عمدتا"محدود به ارزشگذاری یک یا دو کارکرد مانند (ارزش تفرجی) بوده و در اغلب موارد ارزش اقتصادی پوشش‌های گیاهی در تثبیت و کنترل فرسایش خاک و توان ترسیب کربن توسط تصمیم گیران مورد بی‌توجهی قرار گرفته است. این درحالی‌که است که اکوسیستم‌های مرتعی پتانسیل بالایی در حفظ خاک و ترسـیب کربن دارند (Bostan *et al.,* 2020). گیاهان بوته‌ای مهم‌ترین اجزاء اکوسـیسـتم‌های مناطق خشـک و نیمه‌خشک جهان هستند و با برخورداری از بیوماس خشبی،از حیث دوام و پایایی ذخایر کربن در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک جهان اهمیت زیادی دارند و می‌توانند از منابع مهم ترسیب کربن در چنین اکوسیسـتم‌هایی محسـوب گردند (Kamali *et al.,* 2021). هدف از انجام این تحقیق برآورد ارزش منابع طبیعی تخریب شده شامل خاک تخریب شده و پوشش گیاهی در محدوده طرح بزرگراه پاشنه زاگرس در استان خوزستان در سال ۱۴۰۲ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

بزرگراه پاشنه زاگرس (حسینیه، سردشت، لالی، اندیکا و ایذه) در استان خوزستان، شهرستان‌های اندیمشک، دزفول، لالی، اندیکا، ایذه و بخشـه‌ای الوار گرمسـیری، مرکزی اندیمشـک، سـردشـت، مرکزی لالی، مرکزی اندیکا، آبژدان، مرکزی، ایذه واقع می‌شـود. طول این محور پاشنه زاگرس در استان خوزستان حدود۲۲۳/۵۰ کیلومتر است. نقطه آغاز طرح از اندیمشک در استان خوزستان با`۱۵و° ۸۴ طول شرقی و` ۴۰ و° ۳۲ عرض شمالی و ارتفاع ۴۱۲ متر از سطح دریا بوده و انتهای آن در`۵۰و°۴۹ طول شرقی و`۵۰و°۳۱عرض شمالی در مجاورت روستای نورآباد در ارتفاع ۸۸۲ متری از سطح دریا می‌باشد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و ایران در شکل ۱ ارائه شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور.

روش تحقیق

این تحقیق از نوع توصیفی-کاربردی می‌باشد که در سال ۱۴۰۲ صورت گرفته است. جهت اجرای این تحقیق نیاز است تا میزان حجم خاک تخریب شده و غذا و علوفه تولید شده توسط پوشش گیاهی و کربن ترسیب شده در این منطقه برآورد شود. بدین منظور، ابتدا وضعیت پوشش گیاهی برحسب نوع تیپ‌ها و گونه‌های گیاهی شناسایی شده و درصد تراکم تاج‌پوشش بررسی شده و سپس با استفاده از روش‌های ارزشگذاری بازاری و هزینه جایگزین ارزش‌های منابع ذکر شده به دست می‌آید. در ادامه روش ارزشگذاری اقتصادی منابع محیطزیستی که بخشی از آنها در اثر احداث بزرگراه مورد تخریب واقع خواهد شد ارائه شده است.

روش ارزشگذاری خاک تخریب شده

در این تحقیق، با استفاده از ارزش اقتصادی خاک‌زایی و نقشه GIS، میزان حجم خاک از دست رفته محاسبه و همچنین با توجه به جداول ۱ و ۲، خسارت وارده به خاک محدوده مطالعاتی در اثر احداث محور پاشنه زاگرس برآورد گردید.

جدول ۱: میزان خاک تخریب شده در اثر احداث جاده.

حریم جاده (متر)	میانگین عمق خاکبرداری	طول جاده	میزان خاک تخریب شده
۴۰	۱۰۰cm	۲۲۳/۵۰ km	۸۹۴ha

جدول ۲: ارزش اقتصادی موهبت غیربازاری خاک‌زایی جنگل‌ها و مراتع کشور (Soleimanipour *et al.*, 2019).

مناطق رویشی	میزان تقریبی خاک تولیدشده برحسب تن	میزان ایجاد زمین معادل حاصلخیز در سال برحسب هکتار	ارزش اقتصادی خاک تخریبی به طول ۱ کیلومتر(میلیون دلار)
خزری	۴۷۴۵۰۰۰	۱۴۶۰	۱۳/۲
زاگرسی	۱۲۶۹۶۶۶۶	۳۹۰۶	۸/۷
ارسباران	۱۹۷۶۰۰	۶۱	۱۰/۴
خلیج عمانی	۷۶۴۴۰۰۰	۲۳۵۲	۴/۱
ایرانی- تورانی	۲۸۰۸۰۰۰۰	۸۶۴۰	۴/۸
جمع	۵۳۳۶۳۲۶۶	۱۶۴۱۹	۴۱/۲

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

روش ارزشگذاری کارکرد تولید علوفه

به‌منظور برآورد قیمت اقتصادی این منبع بیولوژیکی، از روش هزینه فرصت استفاده شد. در این روش، فرض بر این است که در صورت عدم وجود مرتع در منطقه بهره‌برداران زراعی، با توجه به تقاضای علوفه از طرف بهره‌برداران دامپرور، محصولاتی را در الگوی کشت خود وارد می‌نمایند که علاوه بر محصول زراعی اصلی، امکان تولید محصول فرعی (علوفه) را نیز فراهم آورد. بنابراین، قیمت علوفه تولیدی می‌تواند به‌عنوان هزینه فرصت علوفه مرتعی در نظر گرفته شود. در این روش ابتدا می‌بایست ارزش هر کیلوگرم علوفه تولیدی برآورد گردد سپس ارزش مراتع از حاصل‌ضرب این شاخص در کل علوفه تولیدی محاسبه می‌شود. جهت برآورد میزان علوفه تولیدی در منطقه از حاصل‌ضرب وسعت مراتع در عملکرد تقریبی علوفه در منطقه استفاده شد (Tahamipour *et al.*, 2021).

روش ارزشگذاری کارکرد ترسیب کربن:

جهت برآورد میزان کربن جذب شده توسط پوشش گیاهی سه روش کلی وجود دارد که عبارتند از:

۱- از طریق مطالعات و اندازه‌گیری‌های تجربی

۲- از طریق مدل‌های ریاضی

۳- از طریق معادله فتوسنتز

در این مطالعه از معادله فتوسنتز به‌منظور برآورد میزان کربن ذخیره شده توسط اکوسیستم مرتعی استفاده شد. طبق این رابطه، گیاه با جذب ۲۶۴ گرم دی‌اکسید کربن ، به میزان ۱۶۲ گرم آمیلاز یا ماده خشک گیاهی تولید می‌کند. بنابراین به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک به میزان ۱/۶۳ کیلوگرم کربن توسط پوشش گیاهی تثبیت می‌گردد. بدین ترتیب با محاسبه دقیق میزان رویش سالانه گیاه در بخشه‌ای هوایی و زیرزمینی، می‌توان به میزان کربن تثبیت شده توسط گیاه، مطابق رابطه ۱ پی برد.

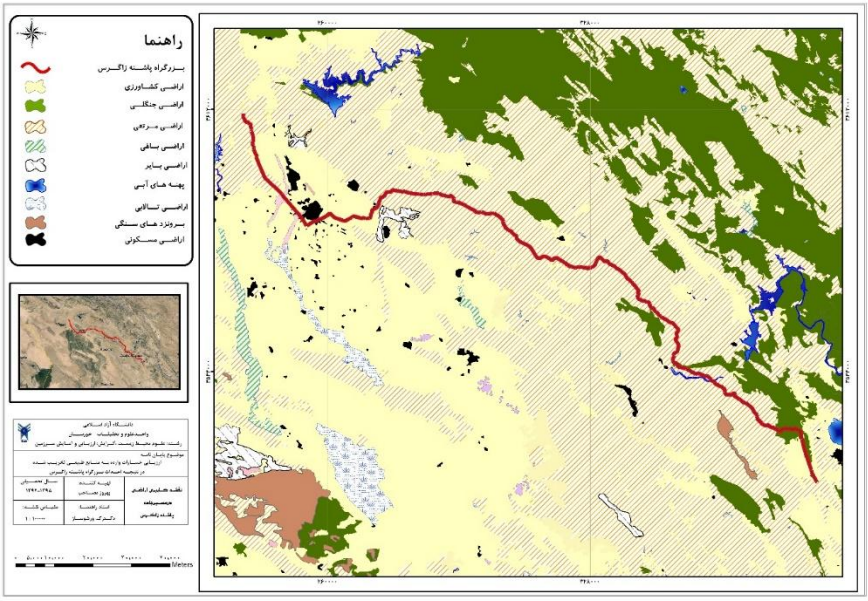
$$CO2\ (264g) + H2O\ (108g) \rightarrow C6H12O6\ (180g) + O2(193g) \rightarrow Amylase(162g)$$ رابطه ۱

برای محاسبه میزان رویش سالانه گیاه، درصد تاج پوشش گیاهی در مساحت هر تیپ گیاهی ضرب شده و سپس این سطح را برای گونه شاخص هر تیپ، در متوسط وزن بیوماس در واحد سطح ضرب می‌گردد. با توجه به اینکه در میزان رویش سالانه تنها رویش دراندام‌های هوایی گیاه منظور می‌شود، لازم است تا رویش در اندام‌های زیرزمینی نیز به این مقدار افزوده گردد. تحقیقات نشان می‌دهد میزان رویش در اندام‌های زیرزمینی معادل۲۰٪ رویش هوایی گیاه است. روش‌های متفاوتی به‌منظور محاسبه ارزش جذب دی‌اکسید کربن توسط پوشش گیاهی وجود دارد. ازجمله مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به روش هزینه جایگزین، هزینه پیشگیری از خسارت، هزینه اجتناب شده و روش انتقال منافع اشاره نمود. در تحقیق حاضر از روش هزینه جایگزین (Replacement Cost Method) به‌منظور ارزشگذاری استفاده شده است. این روش که یکی از روش‌های مبتنی بر هزینه است، اولین بار توسط شابمن و بتیه در۱۹۷۸ به کار گرفته شد. در این روش ارزش کالاها و خدمات اکوسیستمی برحسب هزینه لازم برای جایگزین نمودن خدمت اکوسیستمی مربوطه محاسبه می‌گردد (Chen *et al.*, 2024).

روش ارزشگذاری اقتصادی هزینه‌های فرسایش خاک:

فرسایش خاک دارای هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم می‌باشد که در ادامه روش ارزشگذاری اقتصادی آنها تشریح شده است. برای برآورد هزینه‌های مستقیم فرسایش خاک از نظر اقتصادی از روش هزینه جایگزینی مواد مغذی استفاده شد. این روش که به هزینه تخلیه مواد مغذی هم معروف است به دنبال احیای خاک فرسایش یافته به سطح قبل از فرسایش است. در این روش، هزینه خرید کود شیمیایی لازم برای حفظ و احیای بهره‌وری خاک (کسب مجدد مواد مغذی توسط خاک)محاسبه می‌شود. در این روش، هزینه‌های جایگزینی مواد غذایی به‌صورت مستقیم و بر مبنای تخلیه NPK (نیتروژن، فسفر پتاسیم) با در نظر گرفتن تراز مواد غذایی و قیمت خرده‌فروشی کود شیمیایی برآورد می‌شود (Arif *et al.*, 2024). نقشه کاربری اراضی بزرگراه پاشنه زاگرس در شکل ۲ نشان داده شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی بزرگراه پاشنه زاگرس.

نتایج

نتایج تیپ اراضی کوه‌ها

در این تیپ دو واحد اراضی تشخیص داده شده که خصوصیات آن به شرح ذیل است:

واحد اراضی۱/۵: شامل کوه‌های کم ارتفاع ، بریده بریده و فرسایش یافته ، متشکل از مارن‌های آهکی – گچی، ماسه‌ای و کنگلومرایی با شیب ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بوده که دارای خاکه‌ای کم‌عمق غیریکنواخت همراه با بیرون‌زدگی‌های سنگی زیاد و در بعضی قسمت‌ها در دامنه‌ها دارای خاکه‌ای نیمه عمیق تا عمیق سنگریزه‌دار است. فرسایش بسیار زیاد، محدودیت عمق خاک، شیب بسیار تند و فقر پوشش گیاهی از محدودیت‌های این واحد اراضی محسوب می‌شود. ۶۱/۹۴ کیلومتر از محور پاشنه زاگرس از این واحد اراضی عبور می‌کند.

نتایج تیپ اراضی تپه‌ها

در این تیپ واحد اراضی که تشخیص داده شده که خصوصیاتی به شرح زیر دارد :

واحد اراضی ۲/۴: تپه‌های کم ارتفاع بریده بریده و فرسایش یافته متشکل از مارن‌های گچی– ماسه‌ای ، آهکی و کنگلومرا با شیب ۴۰ تا ۱۰۰ درصد که دارای خاکه‌ای کم‌عمق تا نیمه عمیق سنگریزه دار می‌باشند. در بعضی قسمت‌ها فرسایش خندقی نسبتا شدید و شوری در کف دره‌ها و بیرون‌زدگی‌های سنگی در قلل به چشم می‌خورد . شیب تند ، فرسایش بسیار زیاد ،محدودیت عمق خاک، در بعضی قسمت‌ها شوری و فقر پوشش گیاهی از محدودیت‌های این واحد ارضی محسوب می‌شود. ۷۲/۹۲ کیلومتر از مسیر جاده در این واحد اراضی است.

نتایج تیپ دشت‌های دامنه‌ای

این تیپ در محدوده مطالعاتی دارای یک واحد اراضی می‌باشد که خصوصیت آن به شرح ذیل است:

واحد اراضی ۴/۲ : این واحد اراضی شامل دشت‌های دامنه‌ای با شیب ملایم ۲ تا ۵ درصد و پستی و بلندی کم با خاکه‌ای عمیق با بافت متوسط تا خیلی سنگین همراه با تجمع آهک و شوری کم تا متوسط می‌باشد و در بعضی نقاط دارای زهکشی نامناسب است. در این واحد اکثرا دیمکاری غلات، در بعضی قسمت‌ها زارعت آبی یک‌ساله و باغات به چشم می‌خورد.محور ارتباطی پاشنه زاگرس در ۳۳/۷۳ کیلومتر از این واحد اراضی می‌گذرد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

نتایج تیپ دشت‌های رسوبی-رودخانه ای

واحد اراضی ۵/۳: این اراضی شامل دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای اطراف رودخانه‌ها با شیب ملایم و پستی و بلندی کم، شوری کم تا متوسط، با شیب ۰/۵ تا یک درصد و با خاک‌های عمیق با بافت نسبتاً سنگین بدون سنگریزه و اغلب با تکامل پروفیلی، اکثراً تحت کشت زراعت‌های آبی یک‌ساله و چندساله و دیمکاری در بعضی از قسمت‌ها می‌باشد. ۲/۹۲ کیلومتر از مسیر جاده از این اراضی می‌گذرد.

تیپ اراضی آبرفتی بادبزنی

واحد اراضی۹/۱ : این واحد شامل آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار با شیب ملایم ۰/۵ تا ۲ درصد و مسیرهای فرسایشی بسیار زیاد است. دارای خاک‌های کم‌عمق با بافت متوسط همراه با مقدار زیادی سنگریزه *Calcaric Regosols* با آبراهه‌های موازی و کم‌عمق می‌باشد. پوشش آن به‌صورت پوشش متوسط گیاهان مرتعی یک‌ساله و درختان کنار با پراکندگی زیاد است که کاربری فعلی آنها چراگاه فصلی و دیمکاری در بعضی قسمت‌ها می‌باشد. محدودیت‌های این واحد شامل محدودیت عمق خاک و فرسایش است که منجر به قابلیت کم برای چراگاه و قابلیت کم برای دیمکاری برای اراضی شده است. در صورت برنامه‌های کنترل چرا و احیا و توسعه مراتع، حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش این واحد از قابلیت متوسط برای چرای تحت کنترل برخودار خواهد شد. ۱۱/۲۵ کیلومتر از مسیر از این واحد می‌گذرد.

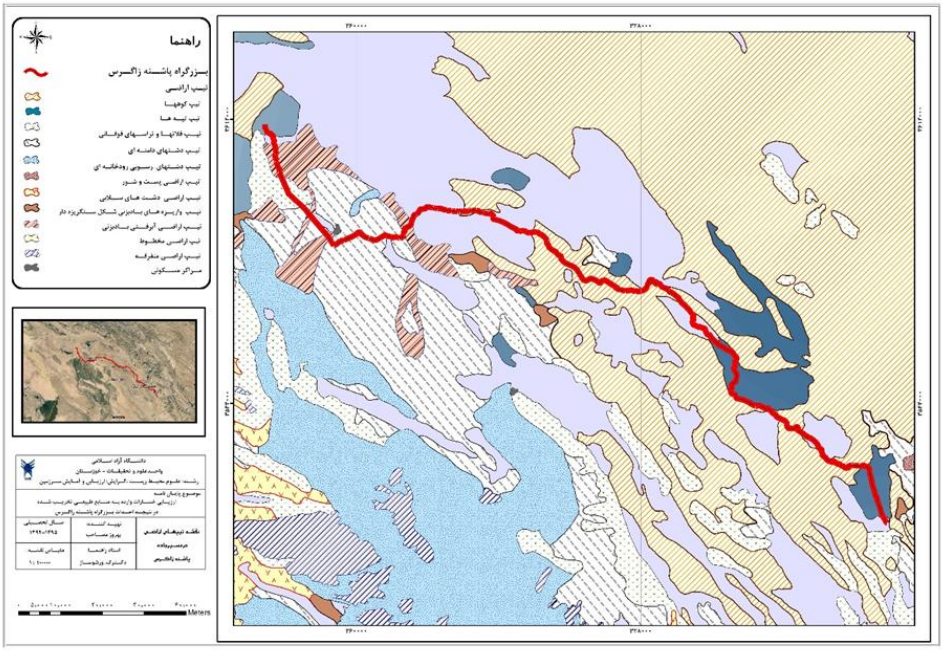
نتایج تیپ اراضی مخلوط

واحد اراضی C.1 : این اراضی شامل فلات‌ها و تپه‌های کم ارتفاع با خاک‌های کم‌عمق سنگریزه دار بدون تکامل پروفیلی و پوشش کم تا متوسط گیاهان مرتعی یک‌ساله می‌باشد. ۴۵/۸۷ کیلومتر از جاده در این اراضی قرار دارد. جدول ۲ واحدهای اراضی موجود در مسیر جاده را نشان می‌دهد. نقشه تیپ‌های اراضی در مسیر بزرگراه پاشنه زاگرس در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: واحدهای اراضی موجود در مسیر جاده.

واحد اراضی	طول جاده (کیلومتر)
۱/۵	۶۱/۹۴
۲/۴	۷۲/۹۲
۲/۴	۳۳/۷۳
۵/۳	۲/۹۲
۹/۱	۱۱/۲۵
C.1	۴۵/۸۷

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۳: نقشه تیپ‌های اراضی در مسیر بزرگراه پاشنه زاگرس.

مساحت اراضی کشاورزی(آبی–دیم) در منطقه ۴۰/۸۰ KM^2 و اراضی جنگلی تنک و درختچه زار ۱۴/۰۹ KM^2 است. ۲/۵۵ KM^2 از مساحت حوزه را مسیل، ۱۶۲/۳۶ KM^2 اراضی مرتعی و ۳/۷۰ KM^2 را اراضی مسکونی در بر می‌گیرد.

جدول ۳: انواع کاربری‌های اراضی و طول آن بر روی جاده.

ردیف	نوع کاربری	مساحت (کیلومتر)	مساحت (درصد)
۱	کشاورزی (آبی- دیم)	۴۰/۸۰	٪۱۸/۲۵
۲	اراضی جنگلی تنک و درختچه‌زار	۱۴/۰۹	٪۶/۳۰
۳	مسیل	۲/۵۵	٪ ۱/۱۴
۴	اراضی مرتعی	۱۶۲/۳۶	٪ ۷۲/۶۴
۵	اراضی مسکونی	۳/۷۰	٪ ۱/۶۵

نتایج فرسایش

محدوده مطالعاتی به دلیل دارا بودن اقلیم و فیزیوگرافی و لیتولوژی متفاوت از تنوع زیادی در فرسایش برخوردار می‌باشد و انواع فرسایش در آن قابل مشاهده است. انواع فرسایش آبی در این محدوده به شرح ذیل می‌باشد:

فرسایش مکانیکی: این نوع فرسایش در اثر تغییرات شدید دما و یخبندان اتفاق می‌افتد و نیروی ثقل عامل مهمی در جابجایی ذرات و سنگریزه‌های خردشده می‌باشد. این نوع فرسایش در ارتفاعات پرشیب منطقه دیده می‌شود و سرمای شدید حاکم بر نواحی کوهستانی که تا چندین درجه زیر صفر می‌رسد نقش مهمی در آماده‌سازی مواد برای فرسایش داشته است .خزش نیز از این نوع فرسایش به‌حساب می‌آید، به‌طوری‌که در واحد اراضی ۱/۵ گسترش دارد.

فرسایش پرتابی (پاشمانی): فرسایش ناشی از قطرات باران که آن را فرسایش پرتابی (پاشمانی) نامیده‌اند. در اثر برخورد قطرات باران به سطح خاک بوجود می‌آید. قطرات باران پس از برخورد به سطح خاک بخشی از خاکدانه‌ها را خردکرده و به اطراف پرتاب می‌کند. بیشترین میزان جدایی ذرات خاک در اثر عمل پاشمان است. قطرات باران پس از برخورد با خاک خشک سبب جدایی ورقه‌هایی از سطح خاک دانه‌ها می‌گردد. قسمتی از خاک دانه‌ها و کلوخ‌های خاک را خردکرده و به ذرات ریز تبدیل می‌کند و خود جذب خاک می‌شوند. با ادامه بارندگی، خاک به‌تدریج مرطوب می‌شود و در این حالت قطرات باران پس از برخورد با خاک مرطوب از سویی باعث فشرده شدن خاک می‌گردد و از

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

سویی دیگر به‌صورت ذراتی به‌طور مایل به هوا پرتاب می‌شوند. فشرده شدن سطح خاک در اثر ضربه قطرات باران و همچنین پر شدن خلل‌وفرج خاک به‌وسیله ذرات ریز متلاشی شده یک لایه با نفوذپذیری خیلی کم در سطح خاک ایجاد می‌کند و گذر آب گل‌آلود و نفوذ آن در لایه سطحی استعداد نفوذپذیری این لایه را بیشتر کاهش می‌دهد. این لایه نازک چند میلی‌متر ایجاد شده و غالبا به قدری غیرقابل‌نفوذ است که حتی با ادامه بارندگی، خاک همچنان در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متر حالت خشک دارد. این نوع فرسایش در کلیه واحدهای اراضی منطقه گسترش دارد.

فرسایش انحلالی: بر اثر آب همراه با گازکربنیک محلول در آن، در سنگ‌های آهکی، فرسایش انحلالی به وجود می‌آید. این نوع فرسایش در لایه‌های آهکی ضخیم تاثیر زیادی داشته، درحالی‌که در آن آهک‌های نازک لایه همراه با لایه‌های شیل و مارن از اهمیت چندانی برخوردار نیست. در اثر فرسایش انحلالی حفره‌های متعددی در سنگ‌های آهکی به وجود می‌آید که این وضع برای نفوذ آب‌های زیرزمینی بسیار مفید است. این نوع فرسایش بیشتر در واحد اراضی ۱/۵ گسترش دارد.

فرسایش سطحی: فرسایش سطحی در سطح وسیعی از منطقه وجود دارد و درواقع شروع انواع فرسایش با این نوع فرسایش صورت می‌گیرد. با برخورد قطرات باران با سطح زمین که به‌طور عمده فاقد پوشش گیاهی کافی برای حفاظت خاک است، خاکدانه‌ها متلاشی شده و به اطراف پراکنده می‌شوند و سپس همین ذرات توسط رواناب‌های ایجاد شده در سطح خاک شسته شده و قشر نازکی از خاک را از بین می‌برند. با توجه به اینکه حاصلخیزی خاک به‌واسطه وجود همین قشر نازک است درنتیجه خاک‌ها فقیرتر شده و آمادگی بیشتری برای فرسایش فراهم می‌شود. تمرکز سنگریزه‌های فراوان در سطح اراضی نشان دهنده آن است که ذرات ریز خاک شسته شده و از منطقه خارج شده‌اند و ذرات درشت‌تر خاک باقی مانده است. این نوع فرسایش در کلیه واحدهای اراضی منطقه گسترش دارد.

فرسایش شیاری: با توسعه فرسایش سطحی و افزایش رواناب بر روی دامنه‌ها آب‌ها متمرکز شده و در داخل شیارهای کوچکی جریان می‌یابند که تنها چند سانتی‌متر پهنا و چند سانتی‌متر نیز عمق دارند. این شیارها در اراضی کشاورزی بارها به وجود آمده ولی با شخم زمین‌ها آثار آنها محدود می‌شود، اما مجددا به‌طور شدیدتر به وجود می‌آیند و خسارت زیادی به خاک‌ها وارد می‌سازند. در منطقه مورد مطالعه هنگامی که شیب اراضی بیش از ۱۰ تا ۱۵ درصد است. این نوع فرسایش در اکثر واحدهای اراضی دیده می‌شود.

فرسایش خندقی: با توسعه روند فرسایش سطحی در یک منطقه حجم رواناب‌های جاری شده در سطح زمین افزایش یافته و با به هم پیوستن شیارها به یکدیگر قدرت تخریبی آب فزونی می‌یابد و در این حالت چنانچه عمق مواد نرم در کوهپایه‌ها زیاد باشد، فرسایش خندقی به وجود می‌آید. چنین فرسایشی در اثر عمل انحلال موضعی گچ یا نمک نیز می‌تواند صورت پذیرد و آن را به‌طور مشخصی در مناطقی که دارای چنین املاحی می‌باشند می‌توان مشاهده نمود. از اثرات این خندق‌ها زهکشی سریع منطقه بوده و درنتیجه باعث خشک شدن بیشتر خاک گشته و مشکل زیادی برای گیاهان فراهم می‌سازد. این نوع فرسایش در اکثر واحدهای اراضی دیده می‌شود.

فرسایش هزار دره‌ای: در اراضی مارنی و شیلی مخصوصا هنگامی‌که گچ و نمک فراوان نیز به همراه داشته باشد، حساسیت خاک به فرسایش آبی بسیار زیاد بوده که دره‌های متعدد ایجاد شده و تمام دامنه به شیب‌های عرضی تقسیم می‌شود. به‌عبارت‌دیگر بدنه شیارهای ایجاد شده به یکدیگر متصل می‌گردند و در چنین وضعی فرسایش به اوج خود می‌رسد.

فرسایش کناری: در حاشیه رودخانه‌ها و مسیل‌ها صورت می‌گیرد به دو صورت تشکیل می‌گردد. در حالت اول در اثر جریان سریع آب رودخانه‌ها، کناره‌های نسبتا سست آن که در تماس با آب قرار دارد شسته شده و با خالی شدن زیر دیواره‌ها بخشه‌ای بالای آنها ریزش می‌کند و این عمل مجددا ادامه می‌یابد. در حالتی دیگر آبیاری غلط و رهاسازی مازاد آب‌ها برای برگشت به رودخانه‌ها باعث می‌گردد تا اراضی از بالا فرسایش یافته و عقب‌نشینی نماید البته در این منطقه، این حالت کمتر دیده می‌شود، ولی حالت اول آن ناشی از سرعت آب در رودخانه‌ها می‌باشد. این نوع فرسایش بیشتر در اراضی و حاشیه رودخانه‌ها دیده می‌شود.

از دست رفتگی گروه‌های خاک: جابجایی حجم قابل‌توجهی از خاک به صورت‌های مختلف خزش *(Creep)*، لغزش (*Slide*) ریزش‌ها و شریان‌های گل (*Mud EGW*) صورت می‌گیرد و می‌توان آن را یک جریان نسبتا پیوسته دانست. به هم خوردگی شرایط پایداری خاک در اثر فعالیت نابجای عوامل انسانی در محیط مناسب برای وقوع این شکل فرسایش از علل حضور فرسایش توده‌ای است. حجم توده جابجا

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

شده گسترش وقوع آن و فراهم بودن شرایط لازم برای ایجاد فرسایش توده‌ای از معیارهایی هستند که در سنجش شدت این شکل فرسایش مورد توجه قرار می‌گیرند. این نوع فرسایش معمولا در واحد اراضی ۱/۵ گسترش دارد.

نوع فرآیند غالب در منطقه فرسایش آبی است. با توجه به بررسی فرسایش در محدوده مطالعاتی ، بارش‌های رگباری، فقر پوشش گیاهی و سازندهای حساس به فرسایش عمده‌ترین اشکال فرسایشی در محل احداث پروژه شامل فرسایش‌های پرتاپی، سطحی، خندقی، شیاری و هزار دره‌ای است.

تشریح رده‌های شدت فرسایش خاک

ارزیابی تلفات خاک در قلمرو مطالعاتی با توجه به نقشه شدت فرسایش خاک در ۴ کلاس تقسیم‌بندی می‌گردد که به شرح زیر می‌باشد:

کلاس I : اراضی با شدت فرسایش جزیی

در این عرصه میزان خاک جابجا شده غیرقابل توجه و کم بوده و اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب در شرایط حاضر اولویت ندارد.

کلاسIII : اراضی با فرسایش متوسط

در این عرصه میزان جدایی و جابجایی ذرات خاک به میزانی است که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب ضروری و اولویت دارد. در این کلاس از فرسایش خاک، استفاده از اراضی به سبب رخداد فرسایش خاک دارای محدودیت می‌باشد.

کلاس IV: اراضی با شدت فرسایش زیاد

در این اراضی میزان هدر رفت خاک زیاد بوده و اراضی برای کاربری‌های زراعی محدودیت‌های عمده‌ای دارند. کنترل فرسایش خاک در این اراضی مهم بوده و اولویت دارد. اجرای عملیات حفاظت از خاک و اصلاح اراضی معمولاً هزینه‌های زیاد داشته و برای کنترل فرسایش بیشتر برنامه‌های احیاء بیولوژیک و مدیریت حفاظتی مطرح می‌گردد.

کلاس V: اراضی با شدت فرسایش شدید تا فوق‌العاده شدید و مصیبت‌بار

این کلاس فرسایش خاک شامل عرصه‌هایی است که در آنها میزان هدر رفتن خاک خیلی شدید و گسترده است، در حدی که عرصه به شکل اراضی مخروبه یا *bad lands* (هزار دره) درمی‌آید. شدت فرسایش در این کلاس به جنس زمین (تشکیلات گچساران)، شیب، فقر پوشش گیاهی و بارش‌های رگباری دوره سرد سال منطقه بستگی دارد.

در برخی از اراضی، عرصه به‌شدت تحت تاثیر فرسایش آبکندی است. شدت محدودیت فرسایش خاک در حدی است که اراضی برای بسیاری از کاربرهای اصلی محدودیت دارد. کنترل فرسایش خاک در این اراضی ضروری بوده و اولویت دارد، ولی اجرای عملیات حفاظت خاک و اصلاح اراضی هزینه‌های بسیار زیادی داشته و فقط در چهارچوب پروژه‌های خاص که اهداف بسیار مهمی داشته باشند توجیه‌پذیر می‌باشد.

جدول ۴: کلاس‌های فرسایشی در مسیر جاده.

کلاس‌های فرسایش	طول (کیلومتر)
حساسیت متوسط	۴/۹۷
حساسیت زیاد	۱۳۵/۷
حساسیت خیلی زیاد	۸۲/۸۳

نتایج آنالیز کمی آب‌های سطحی- تواتر آبدهی

متوسط دبی و متوسط پیک (سیل) سالانه رودهایی که در مسیر محور ارتباطی حسینیه- سردشت- لالی قرار دارند به تفکیک حوضه‌های آبریز محاسبه و آورده شده است. در انتخاب ایستگاه‌های هیدرومتری در مسیر مطالعه سعی شده است ، ایستگاه‌هایی که در محل تلاقی جاده با رود و همچنین ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست محدودهٔ مورد مطالعه در نظر گرفته شود . با توجه به مطالب فوق به بررسی آبدهی و سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه خواهیم پرداخت. در جدول ۵ مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی ارائه شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

جدول ۵: مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی.

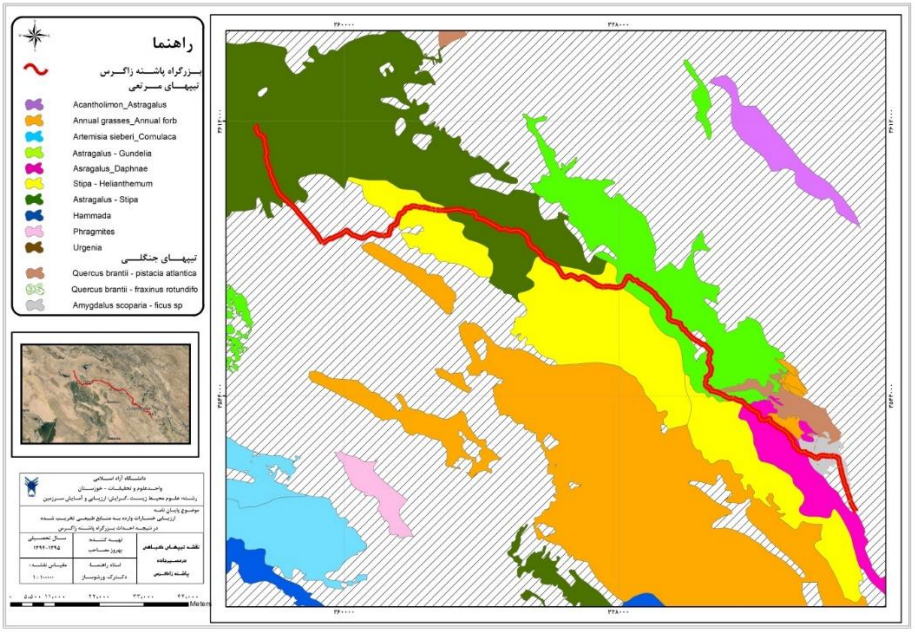
نام رود	نام ایستگاه	ط . ج	ع . ج	ارتفاع به متر	حوضهٔ آبریز
کارون	پل شالو	۵۰-۰۸	۳۱-۴۵	۷۰۰	کارون
کارون	سدشهید عباسپور	۴۹-۳۶	۳۲-۰۴	۸۲۰	کارون
کارون	گدار لند	۴۹-۲۳	۳۲-۰۲	۲۶۰	کارون
کارون	سد گتوند	۴۸-۴۹	۳۲-۱۵	۷۵	کارون
دز	دزفول	۴۸-۲۴	۳۲-۲۴	۱۵۰	کارون
بالارود	دوکوهه	۴۸-۱۷	۳۲-۳۵	۲۴۰	کارون
کارون	اهواز	۴۸-۴۱	۳۱-۲۰	۲۰	کارون
دز	تله زنگ	۴۸-۴۶	۳۲-۵۰	۴۴۰	کارون
دز	حرمله	۴۸-۳۳	۳۱-۵۷	۲۱	کارون
دز	بامدژ	۴۸-۴۱	۳۱-۳۱	۲۱	کارون

بررسی‌ها نشان داده که متوسط دبی و متوسط پیک سالانه رود کارون در محل ایستگاه هیدرومتری اهواز در طی دورهٔ آماری ۷۹-۱۳۶۹ به ترتیب ۷۲۲/۹۷ و ۲۹۲۷/۸ مترمکعب در ثانیه است . این مقادیر برای دیگر ایستگاه‌های این رود در بالادست محل مورد مطالعه به قرار زیر است : پل شالو با متوسط دبی و متوسط پیک سالانه به ترتیب ۳۵۲/۶۹ و ۲۷۱۹/۷ مترمکعب در ثانیه ، سد شهید عباسپور با متوسط دبی و متوسط پیک سالانه به ترتیب ۳۷۸/۴۱ و ۱۹۳۸/۲۵ مترمکعب در ثانیه ، گدارلند با متوسط دبی و متوسط پیک سالانه ۴۳۲/۹ و ۲۴۳۶ مترمکعب در ثانیه و سد گتوند با متوسط دبی متوسط پیک سالانه به ترتیب ۴۰۱/۰۳ و ۲۲۹۷/۶۶ مترمکعب در ثانیه.

نتایج بررسی پوشش گیاهی

محدوده مورد مطالعه از نظر گستره‌ی جغرافیایی گیاهی در قلمرو منطقه خلیج و عمانی قرار دارد. پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی متشکل از موزاییکی از شکل‌های مختلف حیاتی است که متأثر از شرایط اقلیمی و خاک می‌باشد. باتوجه به اینکه هیچ‌کدام از تیپ‌های مرتعی در حالت کلیماکس نیستند، بقیهٔ تیپ‌های مرتعی در حالت زیرکلیماکس (Sub-Climax) و در مواردی به‌صورت گونه‌هایی هستند که در مرحلهٔ دوم توالی و تواتر به وجود آمده‌اند. در مناطق نیمه مرتفع گونه‌هایی از درمنه همراه با گون، شکل زیستی منطقه را نشان می‌دهد. مناطق دست‌خورده نیز پوشیده از علف‌های هرز و مهاجم می‌باشند. مناطق دشتی که بیشتر قسمت جنوبی محدوده مطالعاتی را تشکیل می‌دهد متشکل از نباتات مرتعی بوته‌ای و خاردار بوده که خود را با شرایط گرمسیری منطقه تطبیق داده‌اند تیپ‌های مرتعی در ارتفاعات بالا و مناطق دامنه‌ای متأثر از شرایط اقلیمی است و مطالعات موجود نشان می‌دهد که کلیماکس جامعه گیاهی در این منطقه گندمیان پایای مرتعی است، و در میان‌بند گونه‌های مرتعی را گون همراه با سایر نباتات مرتعی بوته‌ای تشکیل می‌دهند. آنچه از مطالعات تیپ‌های مرتعی دیده می‌شود نشان‌دهنده این حقیقت است که دو جنس گون و درمنه عرصه وسیعی را در کوه‌ها و دامنه‌ها دارند. عرصه‌های مذکور مخلوط با گیاه کلاه میرحسن دامنه گسترش خود را به ارتفاعات بالا و مناطق آلپی و زیرآلپی کشانیده است به‌طورکلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که در گذشته نه چندان دور عرصه‌های پوشش گیاهی به‌هم‌پیوسته بوده‌اند ولی عوامل زنده نظیر دام و انسان لکه‌هایی از یک موزائیک یکپارچه را به وجود آورده‌اند و سیمائی که از پوشش گیاهی منطقه ملاحظه می‌گردد، نهایتاً در مراحل (Disclimax) و یا (Sub-climax) می‌باشند. پراکنش تیپ‌های گیاهی موجود در منطقه مطالعاتی در شکل ۴ ارائه شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



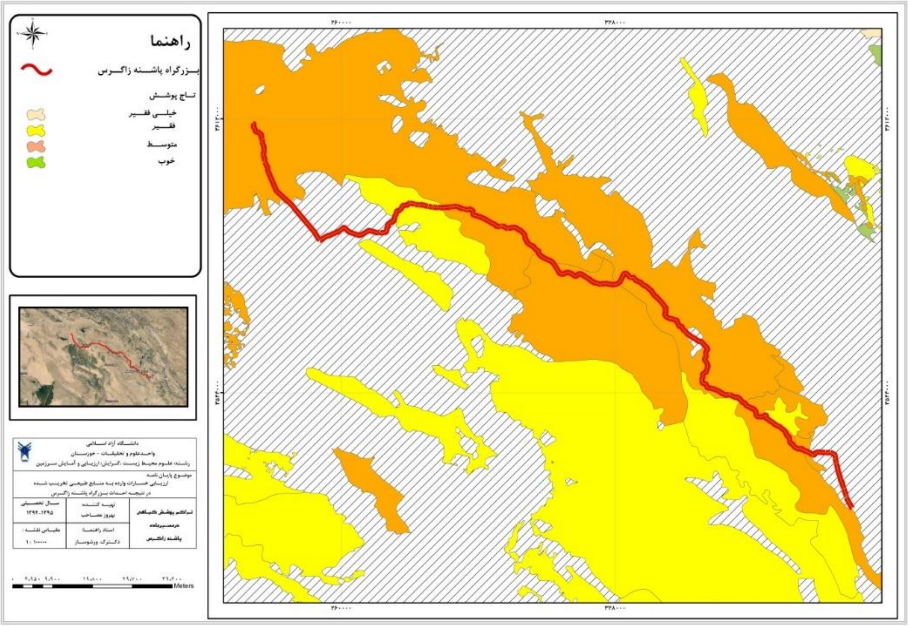
شکل ۴ : نقشه تیپ‌های گیاهی بزرگراه پاشنه زاگرس.

محاسبات انجام شده نشان می‌دهد پوشش گیاهی حوزه مطالعاتی سطحی معادل با ۱۹۴۰/۹۵ کیلومترمربع (۷۸/۹۴ درصد سطح حوزه) دارد ، به‌صورت کلی ۶ تیپ یا جامعه گیاهی مرتعی و دو تیپ جنگی زاگرس وجود دارد. نقشه تاج پوشش گیاهی محدوده طرح مطالعاتی در شکل ۵ ارائه شده است.

جدول ۶: مشخصات تیپ‌های گیاهی در مسیر بزرگراه پاشنه زاگرس.

ردیف	تیپ گیاهی	مسیر جاده (کیلومتر)
۱	*Astragalus- Stipa*	۵۲/۴۲
۲	*Stipa – Helianthemum*	۳۷/۳۲
۳	*Astragalus – Gundelia*	۴۸/۷۷
۴	*Astragalus – Daphnae*	۱۹/۹۵
۵	*Urgenia*	۳/۲۰
۶	*Annual grasses_Annual forb*	۰/۷
۷	*Amygdalus scoparia - ficus sp*	۱۲/۷۶
۸	*Quercus brantii - pistacia atlantica*	۱/۳۳

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل ۵: نقشه تاج پوشش گیاهی محدوده طرح مطالعاتی.

نتایج برآورد کمی خسارات وارده به منابع طبیعی

شناسایی و نظارت بر تغییرات روی داده در اکوسیستم‌های طبیعی از اهمیت ویژه‌ای در استفاده بهینه از منابع طبیعی برخوردار است. محدودیت منابع محیط زیستی و لزوم استفاده بهینه و متناسب از ظرفیت‌های این منابع، ضرورت بهره‌گیری مدیریت صحیح و هوشمندانه در راستای استفاده پایدار از منابع را به‌خوبی نشان می‌دهد. اکوسیستم‌های مختلف دارای کارکردهای متنوعی هستند که کنترل سیلاب، جذب آلاینده‌های هوا و تصفیهٔ هوا، تثبیت میکروکلیما و تعدیل دما، کنترل فرسایش و لغزش خاک ،جذب رواناب‌ها، کاهش آلودگی صوتی و تامین زیستگاه حیات‌وحش ازجمله مهم‌ترین آنها به شمار می‌روند.بررسی مسیر محور پاشنه زاگرس نشان می‌دهد که این جاده بر روی اراضی با کاربری زراعی, مرتعی، جنگلی تنک و درختچه زار و نواحی مسکونی و مسیل عبور می‌کند. بررسی منابع طبیعی منطقه نشان می‌دهد که کارکردهای تولیدی همچون تولید غذا و علوفه و کارکردهای تنظیمی چون تولید اکسیژن و ترسیب کربن و حفاظت خاک به‌طور شاخص از احداث بزرگراه پاشنه زاگرس خسارت خواهند دید.

نتایج محاسبه خسارات وارده به کارکردهای حفاظتی خاک در محدوده مطالعاتی

نرخ سالانه فرسایش خاک در ایران ۳۳ تن در هکتار گزارش شده که ۶/۵ برابر حد مجاز و استانداردهای بین‌المللی است (حسینی و قربانی، ۱۳۸۹). به گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۰۵ خسارت ناشی از فرسایش خاک در ایران در سال ۲۰۰۲ معادل ۲۸۴۰ میلیون دلار برآورد شده که این رقم ۲/۵ درصد از کل GDP ایران را در این سال تشکیل می‌دهد (World Bank 2005). این در حالی است که هزینه‌های سالانه فرسایش خاک در کشورهای مالاوی ۴/۸٪ و بورکینافاسو ۸/۸٪ از کل GDP این کشورها را شامل می‌شود. پدیده فرسایش، قشر سطحی خاک را که به‌واسطه فرایند خاک‌زایی و انباشت مواد آلی مملو از عناصر غذایی است از بین می‌برد و به مقدار زیادی باعث کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود (حق‌نیا ۱۳۸۵). ارزش خاک‌زایی با توجه به خدمات اکولوژیکی ارزنده خاک که شامل تنظیم چرخه‌های عناصر مهم، احیای حاصلخیزی، از بین بردن مواد آلی مرده، حفظ و ارائه مواد غذایی گیاهی، پشتیبانی فیزیکی از گیاهان، تثبیت و تعدیل چرخه آب‌شناسی سالانه بر اساس حداقل هزینه‌های آبکشت در کشور که معادل ۵۰۰ هزار ریال به ازاء هر هکتار است. یکی از مهم‌ترین علل تشدید فرایند فرسایش خاک، عدم آگاهی از ارزش اقتصادی این موهبت اکوسیستمی است. منظور نکردن هزینه فرسایش خاک در تحلیل‌های هزینه- منفعت و استفاده از خاک به‌عنوان نهاده رایگان در فرایند تولید را می‌توان از مهم‌ترین عوامل تخریب فزاینده خاک به

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

شمار آورد. بر اساس داده‌های جداول ۱ و ۲، ارزش خاک تخریب شده در هر کیلومتر بزرگراه در منطقه رویشی زاگرسی، ۸/۷ میلیون دلار برآورد شده است. ارزش خاک تخریب شده در کل پروژه برابر با ۱/۹۴۴ میلیارد دلار است.

نتایج برآورد خسارات وارده به کارکردهای تولیدی در محدوده مطالعاتی

همان‌طور که در نقشه کاربری اراضی مشخص گردیده است، حدود ۱۶۳/۲ هکتار از پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی مربوط به اراضی زراعی، ۶۴۹/۴۴ هکتار مرتع و ۵۶/۳۶ هکتار جنگل تنک و درختچه زار است. ۱۶۳/۲ هکتار از محدوده مطالعاتی، زمین‌هایی هستند که کشت در آنجا صورت می‌گیرد، با توجه به اینکه قیمت گندم کیلویی ۱۸۰۰۰۰ ریال (۰/۳۳ دلار) است و در هر هکتار ۳/۵ الی ۴ تن محصول می‌دهد، درنتیجه خسارت وارده ۱۰۲۸۱۶۰۰۰ریال برآورد می‌گردد. در ایران قسمت اعظم علوفه‌ی دامی (۸۸ درصد) بخصوص علوفه مورد نیاز گوسفند و بز از مراتع تأمین می‌گردد. مراتع علاوه بر ارزشی که در تولید و تأمین علوفه دارند، از سایر جهات نیز دارای اهمیت‌اند. ارزیابی نشان می‌دهد که ارزش یک هکتار مرتع در سال معادل ۲۳۲ دلار است که ۲۵ درصد این میزان مربوط به تولید علوفه و ۷۵ درصد آن مربوط به ارزش‌های زیست‌محیطی است. به عبارت دیگر ارزش اقتصادی مراتع چهار برابر تولید (۱۰/۷ میلیون تن) علوفه‌ای است که سالانه از مراتع به دست می‌آید. با توجه به اینکه محور پاشنه زاگرس از ۶۴۹/۴۴ هکتار مرتع عبور می‌کند و در این منطقه، در هر هکتار ۲/۵ تن جو کشت می‌شود، با استفاده از قیمت علوفه در سال ۱۴۰۲، که ۱۲۵۰۰۰ریال می‌باشد، خسارت وارده به مرتع، ۲۰۲۹۵۰۰۰۰ ریال در هکتار برای این خدمت تولیدی اکوسیستمی در منطقه مطالعاتی است.

برآورد خسارات وارده به کارکردهای تنظیمی در محدوده مطالعاتی(تولید اکسیژن و ترسیب کربن)

برآورد خسارات وارده به‌واسطه کاهش ترسیب کربن پوشش گیاهی

ترسیب کربن به‌عنوان بخشی از چرخه کربن، فرآیندی است که طی آن دی اکسیدکربن اتمسفر گرفته شده و در بافت‌های گیاهی به‌صورت هیدرات‌کربن تجمع و رسوب می‌کند.مرکز توسعه پایدار در آمریکا ترسیب کربن را تبدیل دی‌اکسید کربن اتمسفری به ترکیبات آلی توسط گیاهان بیان می‌کند که طی عمل فتوسنتز صورت می‌گیرد. ترسیب دوباره کربن در خاک راهکار مهمی برای کاستن از مقدار کربن در حال افزایش در اتمسفر به شمار می‌رود. مراتع یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی جهت ترسیب کربن به شمار می‌روند، که حاوی ۳۰-۱۰ درصد کربن آلی خاک‌های جهان می‌باشند. ترسیب کربن و افزایش ماده آلی در خاک اثر مثبت مستقیمی بر کیفیت و حاصلخیزی و همچنین بر محیط‌زیست و پایداری و بقای کشاورزی دارد که به‌طور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد:

۱- کیفیت و حاصلخیزی خاک : با افزایش ماده آلی خاک میزان نگهداری آب خاک و نیز ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش می‌یابد. همچنین فراهم بودن سایر عناصر هم مانند فسفر بهبود می‌یابد.

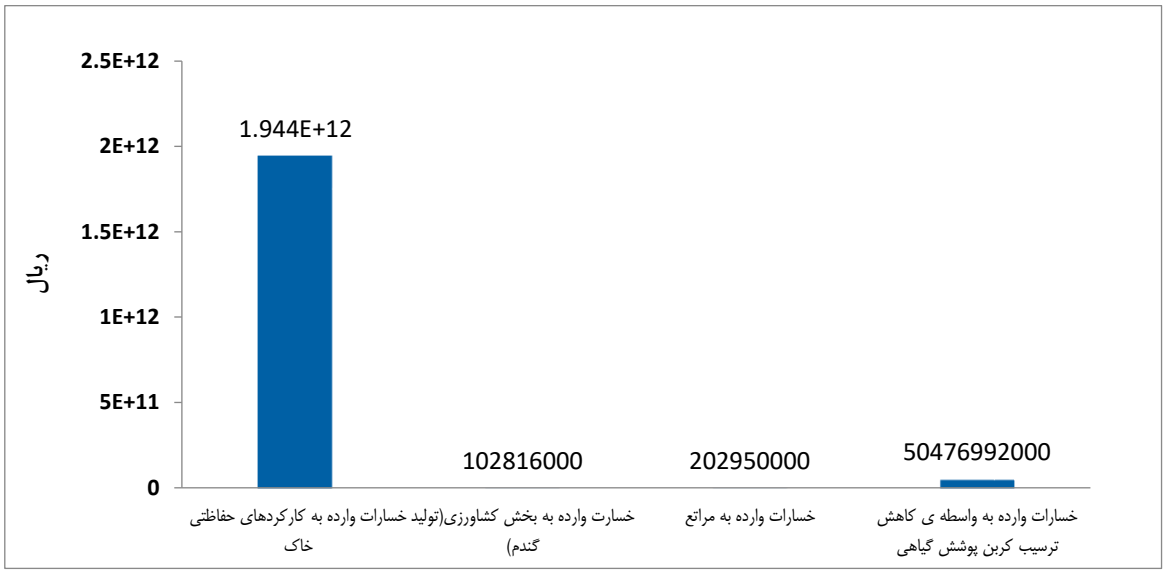
۲- اثرات زیست‌محیطی: ماده آلی که سبب بهبود خاک می‌شود با جذب آلاینده‌ها (آلی مانند آفت‌کش‌ها و معدنی مانند فلزات سنگین) و کاهش سمیت آنها، از خاک حفاظت می‌کند.

۳- تنوع زیستی و کارکرد زیستی خاک: در صورت وقوع جنگل‌زدایی تغییرات درت نوع زیستی مشهود می‌گردد. در صورت وجود ماده آلی در سطح خاک، گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری افزایش یافته و پس از مرگ آنها جمعیت تجزیه‌کنندگان افزایش می‌یابند. در این صورت شبکه‌های غذایی به‌هم‌پیوسته می‌شوند و افزایش ترسیب کربن سبب افزایش تنوع زیستی و کارکرد موثر خاک به لحاظ زیستی می‌شود.

با توجه به عبور بزرگراه پاشنه زاگرس از پوشش‌های زراعی، مرتعی و جنگلی و تخریب و پاک‌تراشی پوشش گیاهی در طول مسیر کاهش ترسیب کربن را خواهیم داشت. در این مطالعه از فرمول فتوسنتز به‌منظور برآورد میزان کربن ذخیره شده توسط پوشش گیاهی استفاده شد. طبق این رابطه گیاه با جذب ۲۶۴ گرم دی‌اکسید کربن ، به میزان ۱۶۲ گرم آمیلاز یا ماده خشک گیاهی تولید می‌کند. بنابراین به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک به میزان ۱/۶۳ کیلوگرم کربن توسط پوشش گیاهی تثبیت می‌گردد. بدین ترتیب با محاسبه دقیق میزان رویش سالانه گیاه در بخشه‌ای هوایی و زیرزمینی، می‌توان به میزان کربن تثبیت شده توسط گیاه پی برد. به‌عنوان نمونه محاسبه ترسیب کربن در تیپ گیاهی *Astragalus- Stipa* شاخص‌ترین گونه گیاهی *Astragalus* با میانگین ۱۷/۵ درصد تاج پوشش می‌باشد که مساحتی برابر ۳۶۶۹۴۰۰۰ مترمربع را به خود اختصاص داده است. با توجه به موارد عنوان شده وزن بیوماس خشک ۱۲۰۷۲۳۲۶ کیلوگرم برآورد می‌شود که بااستفاده از فرمول فتوسنتز ۱/۶۳ از ماده خشک میزان کربن ۱۹۶۷۷۸۹۱/۳۸ می‌باشد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

با توجه به اطلاعات مندرج در سایت بین دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) هزینه لازم برای جایگزین نمودن هر تن کربن در سال ۲۰۱۱، برابر ۸۰ دلار برآورد شده که با توجه به اینکه نرخ رسمی دلار در ایران حدود (۶۰۰۰۰۰ ریالی) دلار ، هر تن کربن ارزشی برابر ۴۸۰۰۰۰۰۰ ریال خواهد داشت.البته باید توجه داشت علی رقم هزینه بالایی که این روش کاهش دی‌اکسید کربن در جو به دنبال دارد، از خطرات احتمالی نیز در آینده برخوردار است که از آن جمله می‌توان به کاهش اسیدیته (pH) آب به دنبال ذخیره‌سازی دی‌اکسید کربن در اقیانوس‌ها اشاره نمود. این امر که ناشی از انحلال بخشی از دی‌اکسید کربن در آب و تولید اسیدکربنیک است، می‌تواند حیات آبزیان را مورد مخاطره قرار دهد. تیپ‌های گیاهی و خسارات وارده به ترسیب کربن در هر تیپ گیاه در جدول ۷ ارائه شده است.



شکل ۶: مقایسه خسارت محیط زیستی احداث پروژه بزرگراه پاشنه زاگرس در محدوده استان خوزستان.

نتایج تحقیق نشان داد که مهم‌ترین خسارت ناشی از احداث بزرگراه پاشنه زاگرس، مربوط به کارکردهای حفاظتی خاک به میزان (1.944E+12) ریال بوده است. خسارت وارده به‌واسطه کاهش ترسیب کربن توسط پوشش گیاهی نیز ۵۰۴۷۶۹۹۲۰۰۰ ریال، دومین آسیب جدی در بخش تخریب سرزمین است. خسارت وارده به مراتع و تولید گندم نیز به ترتیب ۲۰۲۹۵۰۰۰۰ و ۱۰۲۸۱۶۰۰۰ ریال در سال خواهد بود. لذا کل خسارت وارده به منابع طبیعی (1.99E+12) ریال، برابر با ۳۳/۲ میلیون دلار می‌باشد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

جدول ۷: تیپ‌های گیاهی و خسارات وارده به ترسیب کربن در هر تیپ گیاه.

نام تیپ	گونه شاخص تیپ	تاج پوشش (درصد)	مسیر جاده (مترمربع)	سطح هرتیپ های مرتعی با احتسلب تاج پوشش (مترمربع)	سطح هرتیپ‌های مرتعی با احتسلب تاج پوشش (هکتار)	عملکرد (تن/هکتار)	وزن کل برحسب تن	وزن کل برحسب کیلوگرم	نسبت ماده خشک	وزن ماده‌ی خشک (کیلوگرم)	کربن (کیلوگرم)
Astragalus-Stipa	*Astragalus*	17.5	52420	36694000	3669	3.50	12842	1284290	0.94	12072326	19677891
Stipa-Stipa	*Stipa*	17.5	14080	9856000	985	3.50	3449	344960	0.94	3242624	5285477
Helianthemum		38	23240	35324800	3532	3.50	12363	12363680	0.94	11621859	18943630
Astragalus-Gundelia	*Astragalus*	38	48770	74130400	7413	3.50	25945	25945640	0.94	24388901	39753909
Astragalus-Daphnae	*Astragalus*	38	19950	30324000	3032	3.50	10613	1061340	0.94	9976596	16261851
Urgenia	*Urgenia*	38	3200	4864000	486	3.50	1702	1702400	0.94	1600256	2608417
Annual grasses_Annual forb	*Annual grasses*	17.5	700	490000	49	3.50	171	171500	0.94	161210	262772

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

با در نظر گرفتن کل پتانسیل ترسیب کربن توسط تیپ‌های مختلف گیاهی، ارزش کربن ترسیب شده روی گونه‌های مختلف گیاهی برابر (5.0477E+10) ریال خواهد بود.

جدول ۸: ارزش کربن ترسیب شده روی گونه‌های مختلف گیاهی.

نام تیپ	میزان کربن (تن)	ارزش تولید کربن (ریال)
Astragalus- Stipa	196778	9445344000
Stipa - Helianthemum	52893	2538864000
	189442	9093216000
Astragalus - Gundelia	397546	(1.9082E+10)
Astragalus - Daphnae	162622	7805856000
Urgenia	26091	1252368000
Annual grasses - Annual forb	26232	1259136000
جمع	1051604	(5.0477E+10)

بحث و نتیجه‌گیری

احداث بزرگراه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پروژه‌های زیرساختی، همواره با تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی قابل‌توجهی همراه است. تحقیق انجام شده درباره خسارات وارده به منابع طبیعی ناشی از احداث بزرگراه پاشنه زاگرس نشان‌دهنده ابعاد گسترده این تأثیرات است. یکی از مهم‌ترین نتایج تحقیق، خسارت (1.944E+12) ریالی به کارکردهای حفاظتی خاک است. خاک به‌عنوان یکی از ارکان اصلی اکوسیستم، نقش حیاتی در حفظ تعادل زیست‌محیطی ایفا می‌کند. کارکردهای حفاظتی خاک شامل جلوگیری از فرسایش، حفظ رطوبت و فراهم کردن بستر مناسب برای رشد گیاهان است. تخریب این کارکردها به معنای افزایش فرسایش خاک، کاهش ظرفیت نگهداری آب و درنتیجه کاهش تولیدات کشاورزی و دامی است. فرسایش خاک نه تنها منجر به کاهش کیفیت خاک می‌شود بلکه می‌تواند به آلودگی منابع آب نیز منجر شود. این مسأله به‌ویژه در مناطق کوهستانی مانند زاگرس که حساسیت بالایی نسبت به تغییرات محیطی دارند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. خسارت ۵۰,۴۷۶,۹۹۲,۰۰۰ ریالی ناشی از کاهش ترسیب کربن توسط پوشش گیاهی دومین آسیب جدی در بخش تخریب سرزمین است. پوشش گیاهی به‌عنوان یک عامل کلیدی در کنترل کربن دی‌اکسید جو عمل می‌کند. با کاهش پوشش گیاهی، ظرفیت اکوسیستم برای جذب و ذخیره کربن کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند به تشدید تغییرات اقلیمی و افزایش دما کمک کند. همچنین، کاهش پوشش گیاهی منجر به افزایش پدیده گرمایش جهانی و تغییرات شدید آب و هوایی می‌شود که پیامدهای ناگواری برای جوامع انسانی و زیستگاه‌های طبیعی دارد. خسارات وارده به مراتع و تولید گندم به ترتیب ۲۰۲,۹۵۰,۰۰۰ و ۱۰۲,۸۱۶,۰۰۰ ریال در سال قابل‌توجه است. مراتع نه تنها منبع غذایی برای دام‌ها هستند بلکه نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی ایفا می‌کنند. تخریب مراتع می‌تواند منجر به کاهش جمعیت گونه‌های جانوری و گیاهی بومی شود و همچنین بر امنیت غذایی جوامع محلی تأثیر بگذارد. از سوی دیگر، کاهش تولید گندم به‌عنوان یکی از محصولات اساسی کشاورزی می‌تواند تبعات اقتصادی جدی برای کشاورزان و امنیت غذایی کشور داشته باشد. با توجه به اینکه بیشترین ترسیب کربن توسط تیپ گیاهی *Astragalus-gundelia* انجام می‌شود و از بین رفتن این تیپ گیاهی خسارات زیادی وارد می‌کند و بیشترین خسارت را در بین خسارات وارده این تیپ گیاهی وارد می‌کند لذا پیشنهاد می‌شود در پروژه‌ها کاهش هر چه بیشتر خسارات به این تیپ گیاهی در نظر گرفته شود. با توجه به هزینه‌های بالای جایگزینی منابع اکولوژیکی و طولانی بودن دوره احیا و تولید مجدد خاک پیشنهاد شد که فعالیت‌های کنترل فرسایش خاک با تمهیداتی در جهت افزایش پوشش گیاهی در حاشیه بزرگراه اجرا شود. جهت برآورد ارزش ترسیب کربن به‌طور دقیق‌تر نیاز است تا با حفر پروفیل‌های شاهد، ترکیبات شیمیایی خاک منطقه مشخص شود تا بتوان با استفاده از پارامترهای مواد معدنی خاک میزان ترسیب کربن و سایر مواد معدنی را محاسبه کرد. ارزش‌های پوشش گیاهی محاسبه‌شده در این تحقیق تنها بخشی از کارکرد اکوسیستم‌های مرتعی می‌باشد لذا جهت برآورد کامل ارزش اکوسیستم‌های مرتعی نیاز

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

است تا کلیه ارزش‌های پوشش گیاهی(همچون ارزش گیاهان داروئی و صنعتی) در منطقه شناسایی شود. کل خسارت وارده به منابع طبیعی برابر با (1.99E+12) ریال (معادل ۳۳/۲ میلیون دلار) نشان‌دهنده ابعاد وسیع تأثیرات منفی احداث بزرگراه پاشنه زاگرس است. این رقم نه‌تنها بیانگر خسارات اقتصادی است بلکه نشان‌دهنده پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از تخریب منابع طبیعی نیز می‌باشد. درواقع، این خسارات می‌توانند بر کیفیت زندگی ساکنان منطقه، سلامت عمومی و تنوع زیستی تأثیر بگذارند.

منابع

Su, Y., He, S., Wang, K., Shahtahmassebi, A. R., Zhang, L., Zhang, J. and M. 2020. Quantifying the sustainability of three types of agricultural production in China: An emergy analysis with the integration of environmental pollution. Journal of Cleaner Production, 252, 119650.

Zahoor, Z., Latif, M. I., Khan, I. and Hou, F. 2022. Abundance of natural resources and environmental sustainability: the roles of manufacturing value-added, urbanization, and permanent cropland. Environmental Science and Pollution Research, 29(54), 82365-82378.

Lu, Y., Shao, Z. and Lu, H. 2024. Quantification of anthropogenic heat and simulation of its effects on environment and climate: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 204, 114802.

Kirimli, H. 2023. Quantification of environmental impacts associated with the full life cycle of the global nickel supply chain (Doctoral dissertation).

Zhou, Y., Xu, K., Feng, Z. and Wu, K. 2023. Quantification and driving mechanism of cultivated land fragmentation under scale differences. Ecological Informatics, 78, 102336.

H**uang, J. and Hartemink, A. E. 2020**. Soil and environmental issues in sandy soils. Earth-Science Reviews, 208, 103295.

Fossey, M., Angers, D., Bustany, C., Cudennec, C., Durand, P., Gascuel-Odoux, C. and Walter, C. 2020. A framework to consider soil ecosystem services in territorial planning. Frontiers in Environmental Science, 8, 28.

Laflen, J. M. and Roose, E. J. 2020. Methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion. Methods for assessment of soil degradation, 31-55.

Dunkerley, D. 2020. A review of the effects of throughfall and stemflow on soil properties and soil erosion. Precipitation partitioning by vegetation: A global synthesis, 183-214.

Lan, Z., Zhao, Y., Zhang, J., Jiao, R., Khan, M. N., Sial, T. A. and Si, B. 2021. Long-term vegetation restoration increases deep soil carbon storage in the Northern Loess Plateau. Scientific Reports, 11(1), 13758.

Addisu, S. 2009. Assessment of the impact of road construction on physical land degradation in central highlands of Ethiopia: the case of two selected projects. Unpublished Master's thesis, Addis Ababa University.

Velasco, E., Roth, M., Norford, L. and Molina, L. T. 2016. Does urban vegetation enhance carbon sequestration?. Landscape and urban planning, 148, 99-107.

Chen, Y., Feng, X., Tian, H., Wu, X., Gao, Z., Feng, Y. and Fu, B. 2021. Accelerated increase in vegetation carbon sequestration in China after 2010: A turning point resulting from climate and human interaction. Global Change Biology, 27(22), 5848-5864.

Wang, A., Kafy, A. A., Rahaman, Z. A., Rahman, M. T., Al Faisal, A. and Afroz, F. 2022. Investigating drivers impacting vegetation carbon sequestration capacity https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100213on the terrestrial environment in 127 Chinese cities. Environmental and Sustainability Indicators, 16, 100213.

Pilger, J. D., Machado, E. L., de Assis Lawisch-Rodriguez, A., Zappe, A. L. and Rodriguez-Lopez, D. A. 2020. Environmental impacts and cost overrun derived from adjustments of a road construction project setting. *Journal of Cleaner Production*, *256*, 120731.

Chang, A. P., Chou, C. C., Lin, J. D. and Hsu, C. Y. 2013. Road construction project environmental impact assessment scope definition using project definition rating index (PDRI). Advanced Materials Research, 723, 885-892.

Marzouk, M., Abdelkader, E. M., El-zayat, M. and Aboushady, A. 2017. Assessing environmental impact indicators in road construction projects in developing countries. Sustainability, 9(5), 843.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

Nita, A., Fineran, S. and Rozylowicz, L. 2022. Researchers' perspective on the main strengths and weaknesses of Environmental Impact Assessment (EIA) procedures. Environmental Impact Assessment Review, 92, 106690.

Loch, J. M., Walters, L. J. and Cook, G. S. 2020. Recovering trophic structure through habitat restoration: A review. Food Webs, 25, e00162.

Yang, C., Li, Q., Chen, J., Wang, J., Shi, T., Hu, Z. and Wu, G. 2020. Spatiotemporal characteristics of land degradation in the Fuxian Lake Basin, China: Past and future. Land Degradation & Development, 31(16), 2446-2460.

Xu, L., Herold, M., Tsendbazar, N. E., Masiliūnas, D., Li, L., Lesiv, M. and Verbesselt, J. 2022. Time series analysis for global land cover change monitoring: A comparison across sensors. Remote Sensing of Environment, 271, 112905.

AbdelRahman, M. A. 2023. An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 34(3), 767-808.

Bostan, Y., Fatahi Ardakani, A., Fehresti Sani, M., Sadeghinia, M. and Arab, M. 2020. Preference analysis and investigating the propose price's quarters for protection from Rangeland Ecosystem (case study: Rangeland Ecosystem Sheikh Mousa). Iranian Journal of Range and Desert Research, 27(1), 177-191.

Kamali, N., Jalili, A., Ashouri, P. and Khodagholi, M. 2021. Artemisia, the largest rangeland ecosystem in Iran. Iran Nature, 6(5), 35-43.

S**oleimanpour S M, Soufi M, Rousta M J, Shadfar S. 2019.** Determination of soil volume loss due to gully erosion and estimation of its economic cost (Case study: Ghazeian watershed, Fars province). Jwmseir, 13 (46) :112-120 URL:

Tahamipour Zarandi, M., Ansari, A. and Khazaei, A. R. 2021. Estimating the conservation and tourism value of urban parks: a case study of Artesh Park. Urban Economics, 6(2), 39-54.

Chen, M. and Zhao, T. 2024. Research on the Valuation of Wetland Ecological Products based on Environmental Replacement Cost Method. Academic Journal of Management and Social Sciences, 7(2), 56-61.

Arif, M., Amin, H., Zarif, N., Xiangyue, L. and Yukun, C. 2024. Ecological-economic assessment of forest land degradation neutrality in the Indus River Basin of Pakistan. Environment, Development and Sustainability, 1-18.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

Assessment of Damages to Degraded Natural Resources Resulting from the Construction of the Pashneh Zagros Highway in the Karun Watershed

Behrouz Modaeb [1]
Katayoon Varshosaz [2*]

1. Department of Environmental Management, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Department of Environmental Management-HSE, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

***Corresponding author:**
k.varshosaz@iau.ac.ir

Received date: **June/02/2025**
Accepted date: **January/13/2026**

Abstract

Economic valuation of environmental resources and ecosystems enables the identification and quantification of their functions and, consequently, renders the necessity of ecosystem conservation more tangible from an economic perspective. Regulating functions constitute one of the most important categories of ecosystem services, among which soil conservation is considered a key regulating service. The primary objective of this study was to economically value the damages inflicted on natural resources specifically soil degradation and losses resulting from the reduction of regulating and productive services of vegetation cover within the area affected by the construction of the Pashneh Zagros Highway. To estimate the economic value of vegetation cover in carbon sequestration, the replacement cost method was applied, while market price methods were used to assess the productive services of vegetation cover and soil degradation. This descriptive–applied research was conducted in 2023 with the aim of evaluating damages to natural resources degraded as a result of the construction of the Pashneh Zagros Highway. Using the economic value of soil formation and GIS mapping, the volume of lost soil was calculated. The valuation of forage production was performed using the opportunity cost method, and the carbon sequestration function was estimated based on the photosynthesis equation. Soil erosion costs were assessed using the NPK method (depletion of nitrogen, phosphorus, and potassium). The results indicated that the most significant damage caused by the construction of the Pashneh Zagros Highway was related to the soil protection function, amounting to 1.944E+12 IRR. Damage resulting from the reduction in carbon sequestration by vegetation cover, estimated at 50,476,992,000 IRR, was identified as the second most severe impact in terms of land degradation. Annual damages to rangelands and wheat production were estimated at 202,950,000 IRR and 102,816,000 IRR, respectively. Accordingly, the total damage inflicted on natural resources was estimated at 1.99E+12 IRR, equivalent to approximately 33.2 million USD.

Keywords: Economic valuation; ecosystem services; Pashneh Zagros Highway; vegetation cover; erosion.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]